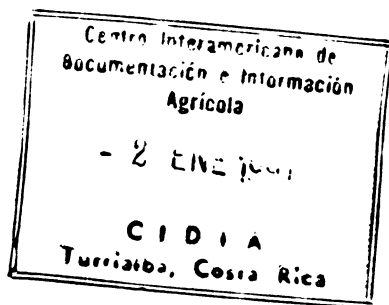


EL MANEJO INTEGRADO DE LA BROCA DEL FRUTO DEL CAFETO

Hypothenemus hampei, Ferrari



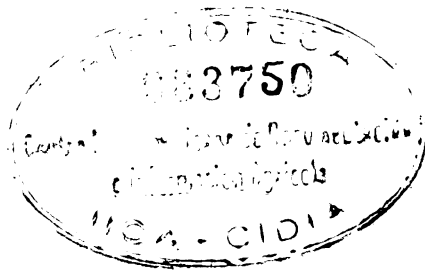
MANUAL TECNICO

IICA/PROMECAFE

AID/ROCAP

1990

VICIA
M-42/OT
90-001



Editores Técnicos:
Bernard Decazy
Marco Tulio Castro

PRESENTACION

El Programa Cooperativo Regional para la Protección y Modernización de la Caficultura en Centro América, México, Panamá y República Dominicana (PROME-CAFE), pone a la disposición de técnicos extensionistas e investigadores de las instituciones nacionales de la región, el presente manual técnico para el **“Manejo Integrado de la Broca del Fruto del Cafeto”** (*Hypothenemus hampei*, Ferr.)

Este manual resume en su contenido aspectos básicos sobre la plaga, como taxonomía, morfología, bioecología, para luego considerar el manejo integrado de la plaga en sus diferentes etapas. La labor de PROMECAFE para elaborar este manual es más que todo integradora de muchos esfuerzos realizados a nivel de las instituciones nacionales de contraparte. Por esto, los resultados y recomendaciones que están contenidos en el mismo, reflejan experiencias a nivel regional, que han sido validadas en condiciones de los propios caficultores.

Es oportuno también destacar la valiosa participación del Dr. Bernard Decazy, Entomólogo del Instituto de Investigaciones en Café y Cacao de Francia (IRCC), quien por cuatro años en la región asesoró las actividades de investigación sobre broca a nivel regional. Este manual es en parte el reflejo de su brillante trabajo.

Se hace un reconocimiento especial a USAID/ROCAP, quien financió las actividades de investigación y transferencia de tecnología, que permitieron generar y validar las recomendaciones presentadas en este manual.

También a las instituciones nacionales y sus técnicos, que participaron en la ejecución de las actividades de investigación sobre “Biología y Control de la Broca”, que evidencia el resultado del esfuerzo cooperativo de técnicos e instituciones que ha beneficiado a los países miembros de PROMECAFE.

Juan José Osorto
Jefe de PROMECAFE

Contenido

	Página
EDITORES	ii
PRESENTACION	iii
1. INTRODUCCION	1
2. TAXONOMIA Y MORFOLOGIA	1
3. DAÑOS	2
4. BIOECOLOGIA	4
5. MANEJO INTEGRADO DE LA BROCA.	6
5.1 Control Manual	7
5.2 Control Cultural	8
5.3 Control Biológico	10
5.4 Control Químico	12
5.4.1 Justificación Económica	12
5.4.1.1 Pérdidas:	12
—Caída de frutos perforados	12
—Pérdidas en cosecha	12
—Pérdidas totales	13
5.4.1.2 Umbrales de Daño Económico (UDE):	13
—Concepto UDE	13
—Nivel de Pérdidas Tolerables (NPT)	13
—Relación UDE y NPT	13
—Cálculo del UDE	14
5.4.2 Aplicación Oportuna: Muestreo	14
5.4.3 Producto Adecuado	15
5.4.4 Dosis Adecuada	15
6. CONCLUSIONES	18

EL MANEJO INTEGRADO DE LA BROCA DEL FRUTO DEL CAFETO

Hypothenemus hampei, Ferrari

1. INTRODUCCION

El objetivo de este manual es proveer información a técnicos y productores sobre el origen y distribución de la broca, su taxonomía y morfología, los daños, la bioecología y el programa de manejo integrado disponible en la actualidad.

La broca del fruto es originaria de África Ecuatorial y fue descrita en el año de 1867 por Ferrari. *Coffea arábica* es originaria de Etiopía de zonas de más de 1500 msnm. *Coffea canephora* en cambio es originaria de lugares más bajos del centro y oeste del Continente Africano. La broca generalmente no causa problemas en alturas superiores a 1500 msnm, por lo cual se considera que *C. canephora* fue su huésped original. Actualmente la broca afecta el cultivo del café en casi todos los lugares del mundo donde crece éste (África, Asia, Oceanía, América).

La detección de esta plaga en América ocurrió en el año de 1924 en el estado de Sao Paulo, Brasil; en Centro América su presencia se detectó en 1971 en Guatemala, posteriormente en Honduras (1977), México (1978), El Salvador (1981) y Nicaragua (1988).

Debido a la alta capacidad de colonización de la broca y a la dificultad de controlar su diseminación por medio del hombre, la ejecución de los programas para su erradicación no han tenido éxito. Por lo tanto es posible que en el futuro se encuentre diseminada en todas las regiones cafetaleras que presenten condiciones ecológicas adecuadas para su desarrollo.

La mayoría de los productores le hacen frente a esta plaga por medio del control químico, recurso que puede producir efectos secundarios indeseables, tales como la contaminación del ambiente, la presencia de residuos tóxicos en la cosecha, resistencia a los insecticidas y el desequilibrio ecológico. Para evitar los problemas anteriormente indicados se debe hacer uso de las técnicas de control, comprendidas dentro del manejo integrado de la broca.

2. TAXONOMIA Y MORFOLOGIA

Los géneros *Hypothenemus* y *Stephanoderis* son sinónimos pero actualmente se usa el nombre *Hypothenemus*. Hasta 1983 este género incluía 49 especies. En América se conoce de la existencia de 21 especies del género, las cuales se han establecido sobre todo en áreas tropicales y subtropicales; estas pueden ser especies monófagas (41%), oligófagas (34%) o polífagas (25%).

La broca del fruto del café, *Hypothenemus hampei*, Ferrari, es monófaga, se alimenta y reproduce solamente en *Coffea* sp. Hay cuatro especies de *Hypothenemus* que pueden convivir con la broca en la planta de café, pero sólo la especie *H. hampei* perfora los granos y

*Adulto
de broca*

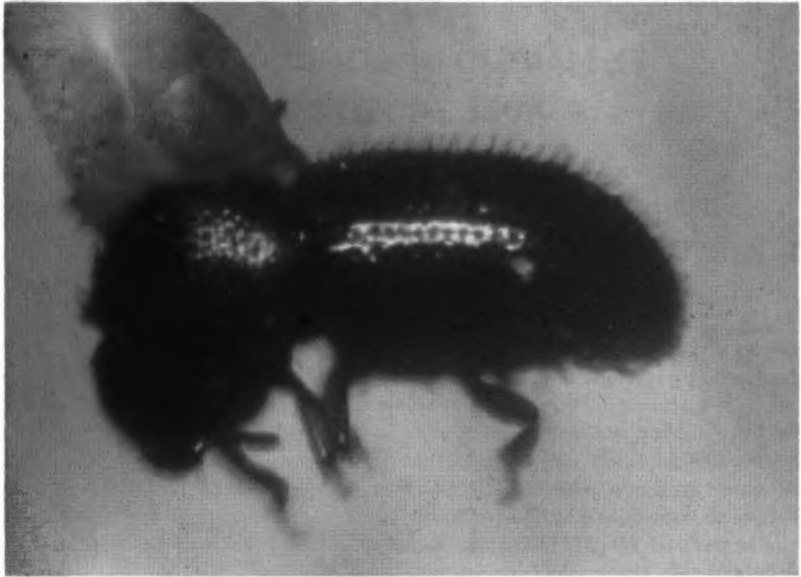


Figura 1

se alimenta y reproduce dentro de ellos.

Los adultos (Figura 1) son muy pequeños; los machos miden entre 1 y 1,25 mm de largo y las hembras de 1,25 a 1,82 mm. Los adultos recién emergidos son de color castaño claro y cambian a café oscuro, hasta negro; tienen cabeza en forma de globo escondida dentro del protórax. Las antenas tienen forma de codo, los últimos cinco segmentos están unidos en forma de una bolita diminuta. Los ojos son planos y no convexos. El protórax en su margen delantero está armado de 4 a 7 dientes o espinas. Los élitros poseen pequeñas cavidades deprimidas, longitudinalmente y están cubiertos de setas cortas y planas que crecen hacia atrás; son ocho veces más largas que anchas. Las alas membranosas son funcionales en las hembras y atrofiadas en los machos, por lo que éstos no pueden volar. La broca tiene metamorfosis completa, (huevo, larva, pupa y adulto). (Figura 2). Los huevos son de forma global, ligeramente elípticos, de color blanco lechoso a blanco amarillento, su longitud es de 0,44 a 0,84 mm. Las larvas son de color blanco-lechoso, blandas, apodas, la cápsula cefálica está bien esclerotizada, con mandíbulas fuertes y proyectadas hacia el frente. Las larvas de último "instar" miden entre 1,88 y 2,30 mm. de largo. Las pupas son de color amarillentas a pardo pálido, del tipo libre ya que las patas y otros apéndices se desarrollan por fuera. Las pupas presentan un par de "cerci" al final del abdomen. Estas estructuras no ocurren en las larvas ni en los adultos. Las pupas machos miden entre 1,26 y 1,42 mm. y las hembras entre 1,70 y 2 mm.

3. DAÑOS

Los daños son causados por la hembra la cual penetra a la corona del fruto; tarda alrededor de cuatro horas para llegar al endospermo en donde se alimenta; éste es el sitio donde forma las galerías y oviposita. La formación de galerías y oviposición ocurre si el fruto tiene veinte

Ciclo de vida de la broca

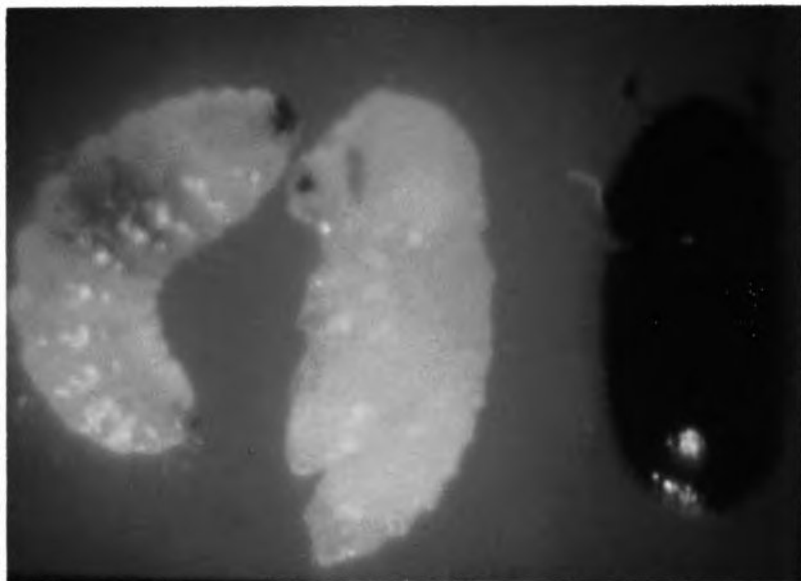


Figura 2

por ciento más de peso seco; si el peso seco es menor, la hembra puede permanecer en el canal de perforación sin penetrar al endospermo, lugar de alimento de las larvas, (Figura 3) la mayoría de las veces uno solo de ellos es dañado.

El ataque de la broca también puede causar la caída de los frutos y los más atacados son los de la primera floración. Por esto es importante conocer la fenología del cafeto en cuanto al número de floraciones y la proporción de frutos de cada floración.

Entre los daños principales causados por el ataque de la broca se pueden mencionar:

- La caída del fruto pequeño atacado
- La pérdida de peso del fruto que no cae (en proporción al grado de ataque)
- La reducción de calidad de una partida de café
- Las perforaciones causadas por la broca sirven a menudo de entrada a patógenos
- El café pergamino u oro húmedo, puede ser atacado en el lugar de almacenamiento.

Además del daño directo resultante del ataque de la broca, el control químico no apropiado puede traer consecuencias ecológicas indeseables tales como:

- Resistencia del insecto al químico. Estudios realizados en Nueva Caledonia, Oceanía, han demostrado resistencia de poblaciones de broca a endosulfán; en este caso las brocas resistentes necesitan mil veces la cantidad del producto para tener una mortalidad similar a las brocas susceptibles. En Centro América no se ha informado de resistencia de la broca, a pesar de que en algunas zonas de Guatemala se ha

*Daños al
endospermo
por broca*

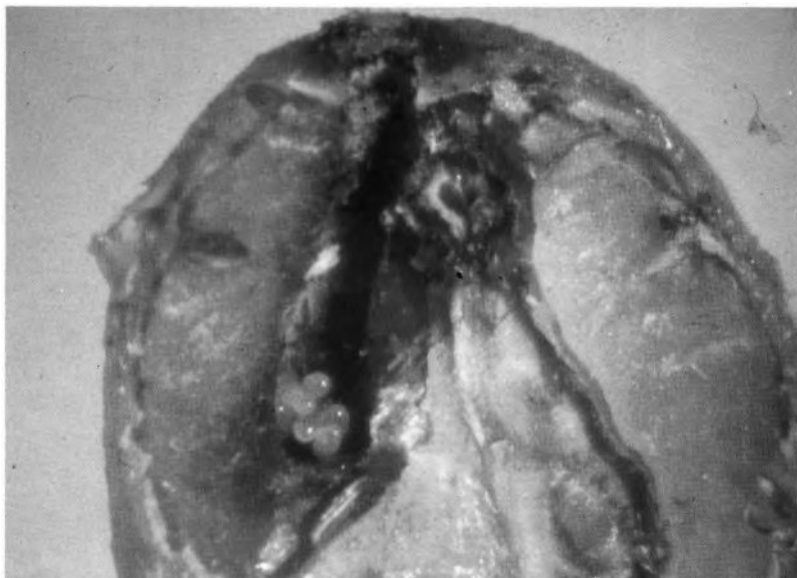


Figura 3

aplicado endosulfán hasta por 17 años.

- Desequilibrio ecológico, resultante de la muerte de los enemigos naturales y el surgimiento de nuevas plagas que actualmente no causan daños económicos importantes.
- Residuos en el ambiente, lo cual, potencialmente puede dejar residuos en el grano de café, que constituirían un problema de importancia para su consumo. Igualmente importante es la acumulación de residuos en el suelo y el agua.

4. BIOECOLOGIA

La broca es atraída al fruto por su olor, color y forma, también por los desechos de frutos brocados y las heces de las mismas brocas. En estudios de olfatometría se observó que existe diferencia en atractividad entre distintas especies y variedades de café.

Dentro de la población algunas hembras pueden volar hasta 375 metros, aunque la mayoría vuelan menos de 50 metros. La mayor actividad ocurre entre las cuatro y seis de la tarde. El café en su habitat original en la selva crece bajo la sombra, a la cual la broca está adaptada; esta situación puede explicar las menores poblaciones observadas en cafetales a pleno sol que en cafetales con sombra. En las condiciones originales existe una baja densidad de plantas huéspedes, por lo tanto la hembra necesita de alguna capacidad de vuelo para encontrar nuevos frutos. Es posible que en los cafetales la mayoría de las brocas permanecen cerca, no obstante algunas pocas se dispersan. La dispersión puede ocurrir en varias situaciones:

- Cuando las hembras fecundadas buscan un lugar donde ovipositar.
- Cuando las hembras se cambian de cereza por un aumento en la humedad

- o en el calor.
- Al inundarse las cavernas.

Las hembras de intercosecha son la fuente de infestación para la cosecha siguiente, ellas se refugian en grandes números en los frutos que permanecen en la planta y en el suelo. De ahí que la recolección de éstos es una buena medida para reducir las poblaciones iniciales de broca.

Se cree que además de la capacidad de vuelo de la broca, otra forma de diseminación importante es la resultante de las actividades humanas relacionadas con el cultivo del café. Entre las más comunes podemos indicar las siguientes:

- El movimiento con personal, utensilios y materiales de campo.
- El movimiento con los medios de transporte animal y mecánico.

La relación entre el número de hembras y machos en promedio es de 10:1, ésto puede deberse a que la cereza es un recurso limitado y posiblemente la especie tiene un mayor potencial de aumento con una proporción mayor de hembras que de machos. Esta tasa de hembras a machos varía con la temporada y es en la época seca cuando se encuentran en mayores proporciones las hembras, pues éstas tienen mayor capacidad de supervivencia que los machos.

El macho emerge de uno a dos días antes que la hembra y permanece en la cámara de emergencia debido a su incapacidad para volar. La reproducción puede ser consanguínea o sea entre hermanos, dentro de la misma cereza, lo cual puede reducir la variabilidad genética de la población. Esto se debe posiblemente al hecho de que el ambiente en la cereza es relativamente estable. La cópula ocurre cuando la hembra alcanza la madurez sexual (tres a cinco días post emergencia), la mayoría de las hembras abandonan el fruto luego de ser fecundadas. Estas ovipositan sólo cuando el peso seco del fruto es de veinte por ciento o más y pueden permanecer algún tiempo en el canal de perforación hasta que la condición del fruto sea propicia. La oviposición se realiza en las galerías construídas por la hembra con un promedio de prole por fruto de 30 individuos. Estudios recientes en Honduras indican que la broca es capaz de reproducirse partenogenéticamente, o sea sin copular con el macho.

Los huevos toman de cuatro a cinco días para incubar a una temperatura promedio de 27° C y toman de seis a diez días a 22° C. Con temperaturas fluctuantes entre 23 y 31° C, (un promedio de 26.6° C) el tiempo de incubación es de cinco a ocho días. El tiempo de desarrollo de los otros estados inmaduros según distintos autores es: larva de 10 a 28 días; pupa de cuatro a ocho días. El ciclo de huevo a adulto puede durar de 20 a 37 días.

En el sur de México al infestar artificialmente cerezas en el campo y posteriormente disectándolas se determinó el número de los distintos estados de la broca a través del tiempo. La temperatura promedio fue de 26° C. Se observó que los primeros huevecillos aparecieron a los cuatro días y el máximo se encontró a los doce días. Las primeras larvas se encontraron a los doce días, el máximo a los 28 días. Asimismo las primeras pupas aparecieron a los 24 días, el máximo a los 36 días y las hembras se encontraron en mayor número a los 44 días. Debido a las bajas temperaturas que ocurren en cafetales de altura la broca no constituye un problema económico en éstos.

Las brocas son más activas en la oscuridad y con alta humedad relativa, con 55% de

humedad la actividad se reduce, aun en la oscuridad. En condiciones de baja humedad la mortalidad aumenta. Por esto se recomienda la poda del cafeto y los árboles de sombra, ya que con esta práctica se reduce la humedad relativa del cafetal. En experimentos de laboratorio se ha observado hasta diez veces más emergencia de brocas de cerezas húmedas que de secas. Posiblemente la humedad del fruto sea un indicador para la broca de las condiciones reinantes fuera de ella. La lluvia parece ser más importante que la humedad relativa para la emergencia. La limpia de malezas, después de la cosecha puede secar los frutos remanentes y así reducir la actividad y supervivencia de la broca.

Ataca con mayor intensidad los frutos de las primeras floraciones, además la ocurrencia de muchas floraciones en un cultivo facilita el incremento de la población ya que existen frutos adecuados a través del tiempo. También se presenta el problema cuando en un cafetal existen variedades con distintas épocas de maduración; esto favorece el aumento de la población.

La broca es una plaga exótica introducida de Africa, razón por la cual se encuentra en nuestro continente sin el complejo de enemigos naturales que la atacan en su área de origen. Por lo tanto se piensa que la práctica de introducción y establecimiento de enemigos naturales, que contribuyan a la mortalidad de la broca, podría incorporarse al programa de Manejo Integrado de la Broca.

5. MANEJO INTEGRADO DE LA BROCA

El manejo integrado de la broca es una estrategia que se lleva a cabo cuando el insecto se ha establecido en una área. Para saber si la plaga ha llegado se recomienda lo siguiente:

- Examinar las cerezas flotantes en los beneficios, y
- Examinar las cerezas que quedan en los árboles después de la cosecha, ya que es en estos frutos en donde se concentran las poblaciones de broca.

Es posible que la segunda táctica sea la más adecuada para llevar a cabo en áreas con bajo nivel de infestación de broca. Una vez que se encuentre un insecto sospechoso, se debe matar, se coloca en un recipiente sellado, y se entrega a las autoridades responsables del país para su correcta identificación.

Para prevenir la introducción o dispersión a nuevas áreas se puede llevar a cabo el control legal. Entre otras cosas éste consiste en la inspección de los medios de transporte y de productos; si la plaga es detectada se puede proceder a su destrucción. Esta táctica ha sido útil en algunos países para retrasar la llegada de la broca, sin embargo, existe la posibilidad de que la plaga sea introducida a través de zonas donde no hay control preventivo o por una ejecución no adecuada.

En algunos países como Guatemala y Honduras se llevaron a cabo campañas de erradicación al ser detectada su presencia. Las campañas no lograron el objetivo de erradicar la plaga y tuvieron las desventajas del alto costo de su ejecución, así como del uso excesivo que se hizo de algunos insecticidas clorinados. Sin embargo tuvo la ventaja de que se entrenó personal en aspectos relacionados a la broca. Las campañas de erradicación no son recomendables al detectarse la presencia de la broca, la alternativa aconsejable es usar las tácticas del Manejo Integrado de la Broca disponibles en la actualidad.

El manejo integrado de plagas hace uso de todas las tácticas de control disponibles

*Frutos en la
planta
después de
la cosecha*



Figura 4

y de una manera compatible, con el fin de asegurar que las pérdidas debidas a la plaga no lleguen a niveles de daño económico. Es un enfoque ecológico ya que considera la plaga y las interacciones de ésta con los factores bióticos (parasitoides, predadores, entomopatógenos, etc.) y abióticos (temperatura, humedad, iluminación, etc.).

Las tácticas disponibles para el manejo de la broca son las siguientes:

- 5.1 Control Manual
- 5.2 Control Cultural
- 5.3 Control Biológico
- 5.4 Control Químico

5.1 Control Manual

Este tiene por objeto reducir los focos de infestación de la broca. Es un método preventivo si se aplica después de la cosecha y antes de la fructificación, también se puede aplicar después de iniciada la fructificación, sin embargo el costo de esta última táctica es elevado y es muy laborioso:

— *Pepeña y repela.* Con la recolección de frutos dejados en la planta (Figura 4) y el suelo (Figura 5), se elimina a las hembras de intercosecha presentes en estos frutos. Los frutos recogidos se pueden usar o desecharse. Para usarlos es necesario eliminar inmediatamente la broca presente en ellos, para que no sirva de nueva fuente de infestación. Se recomienda hervir éstos durante cinco minutos, o también se pueden tratar con phostoxin; depende de la cantidad de frutos y del grado de daño que estos han sufrido.

El costo de la pepeña y la repela puede ser compensado por el valor del café

*Frutos en el
suelo
después de
la cosecha*



Figura 5

recogido, sin embargo aunque éste no sea el caso, la eliminación de las hembras inter cosecha puede evitar la necesidad del control químico en la próxima fructificación.

5.2 Control Cultural

Consiste en la modificación del ambiente a manera de que sea menos favorable para la broca y se reduzca su daño.

— Poda de sombra y cafeto. Las infestaciones de broca generalmente son más altas con mayor sombra. La poda de la sombra (Figura 6), como la del cafeto, permite una mayor ventilación y entrada de luz a las bandolas, lo cual reduce la humedad relativa, en perjuicio de la broca ya que la supervivencia y actividad son mayores con alta humedad y oscuridad. La poda por planta puede ser más adecuada para pequeños caficultores, mientras que la poda por calles es posiblemente más adecuada en extensiones mayores del cultivo (Figura 7).

— Control de malezas. En caso de realizarse recolección manual de frutos del suelo, éste se facilitará si el cafetal está libre de malezas (Figura 8), por lo anterior se recomienda una limpia inmediatamente después de la cosecha. En caso de que queden frutos en el suelo, después de la cosecha, la eliminación de malezas permite que el sol y el aire los sequen y que aumente la mortalidad de los diferentes estados de broca presentes.

— Fertilización. Una fertilización adecuada puede resultar en menos floraciones locas (Figura 9), y las floraciones principales son más abundantes y uniformes con un período de fructificación más corto.

— Uniformidad Varietal. El uso de variedades de floración temprana resulta en el aumento de las poblaciones de broca que atacan en mayor número a las variedades que florecen después. El uso de variedades de floración tardía puede permitir a la broca disponer de frutos

***Poda de
árboles de
sombra***



Figura 6

por un mayor período de tiempo después de la cosecha de una variedad temprana, por lo tanto hay mayor posibilidad de que la broca sobreviva en números importantes hasta la siguiente cosecha.

***Poda por
calle de los
cafetos***



Figura 7

*Limpieza de
malezas*



Figura 8

5.3 Control Biológico

Debido a que la broca es una plaga exótica en América, ésta se encuentra libre de la mayoría de los enemigos naturales que la atacan en su lugar de origen. El control biológico clásico es la estrategia que podría tener mejor éxito. Esta consiste en la introducción de

*Floraciones
locas*



Figura 9



Figura 10

Cephalonomia stephanoderis

enemigos naturales y su liberación en el campo con miras a su establecimiento. Con esto se espera una reducción de las poblaciones a un nivel más bajo que el nivel de daño económico.

Entre los enemigos naturales de la broca se mencionan los Bethyilidae (Hymenóptera): *Cephalonomia stephanoderis* (Figura 10) y *Prorops nasuta*. (Figura 11). La liberación de un



Figura 11

Prorops nasuta

complejo de enemigos naturales se ha sugerido como una estrategia de control biológico clásico. Por lo tanto es importante conocer las posibles interacciones entre las especies de enemigos naturales. De los dos parasitoides mencionados *C. stephanoderis* es el más promisorio por ser más fácil de manejar. Estos parasitoides fueron introducidos a México donde se realizaron liberaciones en el campo, se está evaluando su establecimiento y efectividad. Durante 1990, estos enemigos naturales de la broca serán introducidos a Guatemala, El Salvador y Honduras, como parte de un proyecto de investigación regional. El hongo *Beauveria bassiana* infesta a la broca en condiciones naturales en Centro América. Los fungicidas usados en el control de roya pueden reducir la incidencia de este hongo benéfico. Actualmente se están evaluando distintas cepas de *B. bassiana* para determinar si existen diferencias en cuanto a patogenicidad contra la broca y tolerancia a los fungicidas cúpricos.

5.4 Control Químico

El control químico es a la vez la mejor y la peor de las soluciones al problema de la broca. Mejor por su efecto inmediato y su confiabilidad, peor por los efectos secundarios indeseables de su aplicación, como la contaminación ambiental, residuos en cosecha, resistencia a los insecticidas y desequilibrio ecológico.

Para hacer un uso adecuado del control químico es necesario considerar algunos puntos de importancia, como los siguientes:

5.4.1 Justificación Económica

5.4.2 Aplicación Oportuna

5.4.3 Producto Adecuado

5.4.4 Dosis Adecuada

5.4.1 Justificación Económica

5.4.1.1. Pérdidas

— Las pérdidas por broca incluyen la caída de los frutos perforados a raíz del ataque y las pérdidas en peso y calidad de la cosecha, como resultado de la alimentación de las larvas y los adultos. Para el cálculo de estas pérdidas se realizaron estudios de campo que permiten cuantificarlas, estos son:

— Caída de Frutos Perforados. Esta se estimó en base a dos estudios de dinámica poblacional, comparando el número de frutos formados en parcelas con protección total y parcelas sin ninguna protección. Es igual a:

$y=0.8x$ (zona de caficultura de 600 a 1200 m de altitud)

donde x = porcentaje de frutos perforados al inicio de la fructificación.

Donde y = porcentaje de frutos que caen durante la fructificación.

— Pérdidas en Cosecha. Se calcularon en base a muestras con varios porcentajes de infestación en la cosecha. Se restó el valor de café de segunda y tercera categoría (40 y 15% respectivamente del valor de primera categoría), son iguales a:

$z=0,34w$ (zona de caficultura de 600 a 1200 m de altitud)

donde w = porcentaje de frutos perforados al momento de la cosecha.
Donde z = porcentaje de pérdidas en la cosecha.

—Pérdidas Totales Las pérdidas totales son la suma de las pérdidas por caída de frutos más las pérdidas en la cosecha y son iguales a:
 $Y=y+z$

5.4.1.2 Umbrales de Daño Económico (UDE):

—Concepto de UDE. El Umbral de Daño Económico es la densidad de población de la broca en la cual las medidas de control deben ser tomadas en el momento oportuno, para prevenir que un incremento en la población sea responsable de un nivel de pérdidas en café, igual o más alto que el costo de control.

Al hacer la aplicación cuando el porcentaje de infestación, al momento oportuno, está bajo el umbral de daño económico, se estaría haciendo un gasto innecesario, puesto que las pérdidas en la cosecha serían inferiores al costo de la aplicación.

En cambio, al no hacer la aplicación cuando el porcentaje de infestación está arriba del umbral de daño económico en el momento oportuno para esa aplicación, las pérdidas en la cosecha serían más altas que el costo del control, y se estaría perdiendo el valor monetario de la diferencia entre las pérdidas y el costo de control.

— Nivel de pérdidas tolerables (NPT). Es muy importante definir con exactitud ese punto de equilibrio, o sea el UDE. Para lograr establecerlo, es preciso conocer previamente el nivel de pérdidas en café, cuyo valor corresponde al costo del control.

Ese NPT depende de:

— El costo del control; se calcula por la suma de los precios de los productos; el precio de la mano de obra; y la depreciación del equipo de aspersión.

— El precio del café; deberá usarse una estimación que se acerque lo más posible al valor en el momento de la cosecha y de la venta.

— Rendimiento del cafetal: el rendimiento del cafetal también tiene que ser estimado. Se puede hacer un pronóstico de la cosecha o tomarse el rendimiento promedio de varios años del cafetal.

— Las pérdidas por broca: (como definido en 5.4.1). El nivel de pérdidas tolerable (NPT) se puede expresar en porcentaje de la producción del cafetal y se calcula así:

$$N=(C/R*P) *100$$

donde:

C: Costo de control

R: Rendimiento del cafetal

P: Precio unitario del café

— Relación entre UDE y NPT. El UDE se expresa en porcentajes de frutos perforados y está relacionado con:

— El momento más oportuno para el control: 3-3,5 meses después de la primera floración representativa en zona de caficultura de 600 a 1200 metros de altitud.

— La función que une el porcentaje de frutos perforados en el momento más oportuno

para el control (x) y el porcentaje de frutos perforados en el momento de la cosecha (w), obedece a la ecuación siguiente:

$$\frac{dx}{w} = ce$$

En base a dos estudios sobre dinámica poblacional de la broca, se determinó el valor de los parámetros c y d para la zona de caficultura ubicada entre 600 y 1200 metros de altitud, lo que da la ecuación:

$$w = 1,48 e^{0,19x}$$

donde x= al UDE

donde w= al porcentaje de frutos infestados en la cosecha.

— Cálculo del UDE. La integración de las leyes establecidas anteriormente, permite definir el porcentaje de infestación desde el cual se debe hacer el control. Obedece a la ecuación siguiente:

$$N = \left(\frac{C}{R \times P} \right) \times 100 = yx + zw = yx + z \left(ce \right) \frac{dx}{dx}$$

Conociendo el valor de C, R y P (costo del control, rendimiento del cafetal y precio del café, respectivamente) y el valor para la zona de 600-1200 m de altitud de los parámetros c,d,y,z (1,48, 0,19, 0,8 y 0,34 respectivamente) tenemos:

$$\left(\frac{C}{R \times P} \right) \times 100 = 0,8x + 0,34 \left(1,48 e^{0,19x} \right)$$

Se puede calcular x (donde x=UDE) por un pequeño programa de informática.

Al usar este programa se calcularon UDE para distintos costos del control (dólares/hectárea), rendimientos del cafetal (quintales pergamino seco/hectárea) y precios del café (dólares/quintal). Estos se presentan en los Cuadros 1 (C=\$15/Ha), 2 (C=\$20/Ha) y 3 (C=\$25/Ha).

Una vez escogida la tabla que se acerque más al costo de control, se debe buscar en las filas el rendimiento estimado y en las columnas, el precio del café. La intersección de las filas y columnas nos da el UDE para el cafetal específico. Debido a la imprecisión del muestreo, debemos considerar un margen de error para calcular el índice de decisión, que está más abajo del UDE.

5.4.2 Aplicación Oportuna: Muestreo

La aplicación del control químico debe hacerse en la época oportuna, cuando las brocas inter cosecha estén iniciando la perforación; esto corresponde en la zona de caficultura de 600 a 1200 metros de altitud a 3 a 3,5 meses después de la primera floración representativa.

Por esto es que se recomienda llevar a cabo el muestreo durante esa época para determinar el porcentaje de infestación en el cafetal.

El método de muestreo recomendado consiste en seleccionar 20 sitios distribuidos uniformemente por parcela por muestrear (hasta 4 hectáreas). En cada sitio se escogerán cinco plantas seguidas, en cada planta se muestrearán 20 frutos al azar, anotando los frutos perforados y calculando el porcentaje de infestación.

Este porcentaje de infestación por el tipo de distribución tiene cierto grado de imprecisión. Por lo tanto es necesario determinar un índice de decisión para aplicar las medidas de control. En teoría ese índice es igual al UDE, pero debido a la imprecisión del muestreo se encuentra siempre más abajo del UDE. Se calcula de la siguiente manera:

$$I = m - t_2 \alpha \sqrt{s^2} / \sqrt{n}$$

Donde:

I = índice de control

m = umbral económico (UDE)

α = riesgo de primera especie

t = t de student

n = número de unidades de muestreo

$s^2 = a m^b = 2,36 m^{1,21}$, donde a y b son coeficientes de la ley de Taylor calculados para definir el tipo de distribución espacial de la broca.

Una vez definido el umbral del cafetal con los cuadros 1 a 3 se procederá a usar el Cuadro 4, el cual presenta el índice de decisión de control en porcentaje o número de frutos perforados para ese umbral y eso según el número de sitios que se pretende muestrear. De acuerdo con el número de sitios (n) que se ha decidido muestrear se da un porcentaje (%) de infestación y un número (#) de frutos perforados (FP) que nos indican la necesidad de aplicar. Una vez que se llegue a la decisión de aplicar se realizará una sola aplicación, la cual es suficiente en la mayoría de los casos.

5.4.3 Producto Adecuado

El producto más eficiente para el control químico de la broca es el endosulfán (Thiodán 35 CE). Hasta la fecha los otros insecticidas evaluados no han sido tan eficientes para el control (Figura 12). En evaluaciones de campo se ha encontrado como promisorio el pirimifos metil, sin embargo todavía no se ha logrado determinar la dosis óptima para control de broca.

5.4.4 Dosis Adecuada

La dosis recomendada para el control de la broca es de 600 g.i.a./ Ha de endosulfán ó 1,7 l/Ha de Thiodán 35 CE (1,2 l/mz). Esta dosis tiene igual eficiencia usando volúmenes altos o bajos, aplicados con aspersora manual (400-600 l/Ha) y con aspersora motorizada (120-400 l/Ha).

EFICIENCIA DEL ENDOSULFAN SEGUN LA DOSIS APLICADA

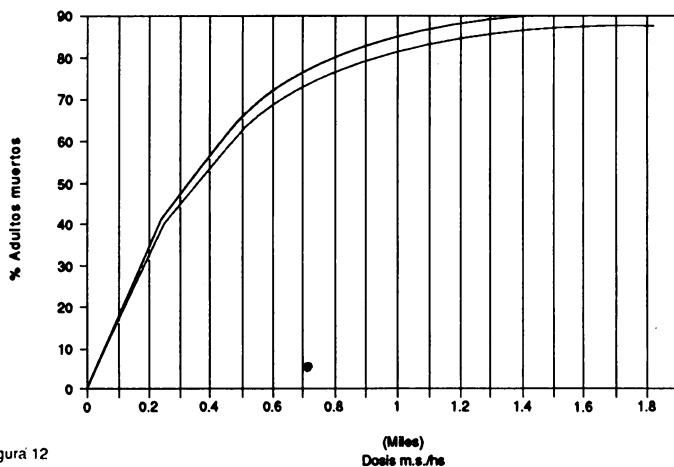


Figura 12

Cuadro 1. Umbrales de daño económico, costo control 15 dólares

Precio del café en dólares/quintal pergamino seco

PROD.	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
5	9,0	8,4	8,1	7,6	7,3	6,9	6,6	6,4	6,1	5,9	5,7	5,3	5,1	4,9	4,7	4,7
10	4,7	4,4	4,2	3,9	3,7	3,5	3,3	3,2	2,9	2,8	2,7	2,5	2,4	2,3	2,2	2,2
15	3,0	2,7	2,6	2,4	2,3	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,7	1,5	1,5	1,3	1,2	1,2
20	2,2	2,0	1,9	1,7	1,6	1,5	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8
25	1,7	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6
30	1,2	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4
35	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
40	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
45	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0	0
50	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0	0	0	0
55	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	0,3	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cuadro 2. Umbrales de daño económico, costo control 20 dólares

PROD.	Precio del café en dólares/quintal pergamino seco																
	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	
qq. /Ha																	
P. S.																	
5	11,0	10,0	9,8	9,8	9,0	9,0	8,6	8,3	8,0	7,6	7,5	7,1	6,9	6,6	6,4	6,2	
10	6,2	5,9	5,5	5,2	4,9	4,7	4,5	4,3	4,1	3,9	3,8	3,6	3,5	3,3	3,2	3,0	
15	4,2	3,9	3,6	3,4	3,2	3,0	2,8	2,7	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,9	
20	3,0	2,8	2,6	2,4	2,3	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,3	1,3	1,2	
25	2,3	2,1	2,0	1,9	1,7	1,7	1,5	1,5	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	
30	1,9	1,7	1,6	1,5	1,3	1,2	1,1	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	
35	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	
40	1,2	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	
45	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	
50	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	
55	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
60	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0	0	
65	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0	0	0	0	
70	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	0	
75	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	
80	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Cuadro 3. Umbrales de daño económico, costo control 25 dólares

PROD.	Precio del café en dólares/quintal pergamino seco (P.S.) / hectárea																
	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	
qq. /Ha																	
P. S.																	
5	12,0	12,0	11,0	11,0	11,0	10,0	9,8	9,8	9,0	9,0	9,0	8,7	8,4	8,1	8,0	7,6	
10	7,7	7,3	6,9	6,5	6,1	5,9	5,6	5,3	5,1	4,9	4,7	4,5	4,4	4,2	4,1	3,9	
15	5,2	4,9	4,5	4,4	4,1	3,9	3,7	3,5	3,4	3,2	3	2,9	2,7	2,6	2,5	2,4	
20	3,9	3,7	3,4	3,2	2,9	2,8	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2	1,9	1,8	1,7	
25	3,0	2,8	2,6	2,4	2,3	2,1	2	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,3	1,3	1,2	
30	2,4	2,3	2,1	2,0	1,8	1,7	1,6	1,5	1,5	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9	
35	2,0	1,9	1,7	1,6	1,5	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	
40	1,7	1,6	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	
45	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	
50	1,2	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	
55	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	
60	0,9	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	
65	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	
70	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0	
75	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0	0	
80	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0	0	0	

6. CONCLUSIONES

Actualmente los países de la región de PROMECAFE disponen de un programa de manejo integrado de la broca que es eficiente para el manejo de esta plaga. Se recomienda dar énfasis a las medidas de control cultural y manual y recurrir al control químico como último recurso.

Cuadro 4. Índices de decisión para control de broca

In	m					
	1	2	3	4	5	10
I 1 %FP	-1,6	-1,9	-2,0	-1,9	-1,8	-0,3
I 1 # FP	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	0,0
I 2 %FP	-0,8	-0,7	-0,5	-0,2	0,2	2,7
I 2 # FP	-2,0	-1,0	-1,0	0,0	0,0	5,0
I 3 %FP	-0,5	-0,2	0,1	0,6	1,1	4,1
I 3 # FP	-1,0	-1,0	0,0	2,0	3,0	12,0
I 4 %FP	-0,3	0,1	0,5	1,1	1,6	4,9
I 4 # FP	-1,0	0,0	2,0	4,0	6,0	19,0
I 5 %FP	-0,1	0,3	0,8	1,4	2,0	5,4
I 5 # FP	-1,0	1,0	4,0	7,0	10,0	27,0
I 10 %FP	0,2	0,8	1,4	2,1	2,9	6,8
I 10 # FP	2,0	8,0	14,0	21,0	29,0	68,0
I 15 %FP	0,3	1,0	1,7	2,5	3,3	7,3
I 15 # FP	5,0	15,0	26,0	37,0	49,0	110,0
I 20 %FP	0,4	1,1	1,9	2,7	3,5	7,7
I 20 # FP	9,0	25,0	38,0	54,0	70,0	154,0
I 25 %FP	0,5	1,1	2,0	2,8	3,6	7,9
I 25 # FP	12,0	31,0	50,0	71,0	91,0	199,0
I 30 %FP	0,5	1,3	2,1	2,9	3,8	8,1
I 30 # FP	16,0	39,0	63,0	88,0	113,0	244,0
I 35 %FP	0,6	1,3	2,2	3,0	3,9	8,3
I 35 # FP	20,0	47,0	76,0	105,0	135,0	289,0
I 40 %FP	0,6	1,4	2,2	3,1	3,9	8,4
I 40 # FP	24,0	55,0	89,0	123,0	157,0	335,0
I 45 %FP	0,6	1,4	2,3	3,1	4,0	8,5
I 45 # FP	28,0	64,0	102,0	140,0	180,0	381,0
I 50 %FP	0,6	1,5	2,3	3,2	4,0	8,5
I 50 # FP	32,0	73,0	115,0	158,0	202,0	427,0

% o # FP= Porcentaje o número de frutos perforados

In = Índice para n unidades de muestreo

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

IICA/PROMECAFE/ANACAFE. 1985. Curso sobre manejo integrado de plagas del cafeto con énfasis en la broca del fruto. (*Hypothenemus hampei* Ferrari). Guatemala, Guatemala.

IICA/PROMECAFE/IHCAFE. 1986. II Curso regional sobre manejo integrado de plagas del cafeto con énfasis en broca del fruto. (*Hypothenemus hampei* Ferrari). San Pedro Sula, Honduras.

ANACAFE. 1985. I Taller de trabajo Internacional sobre manejo integrado de la broca del fruto del café. Retalhuleu, Guatemala.

IICA /PROMECAFE/INMECAFE. 1986. II Taller internacional sobre la broca del grano del café. (*Hypothenemus hampei* Ferrari). Tapachula, México.

IICA/PROMECAFE/ANACAFE. 1988. III Taller regional sobre broca del fruto del café. Antigua Guatemala, Guatemala.