

TRAMPAS DE METANOL-ETANOL PARA DETECCIÓN, MONITOREO Y CONTROL DE LA BROCA DEL CAFÉ *HYPOTHENEMUS HAMPEI*

Methanol-ethanol traps for detection, monitoring and control of the coffee berry borer Hypothenemus hampei

JUAN F. BARRERA¹, JOEL HERRERA¹, AMADOR VILLACORTA², HEBER GARCÍA¹ & LEOPOLDO CRUZ¹

¹ Departamento de Entomología Tropical, El Colegio de la Frontera Sur, Carretera Antigua Aeropuerto km 2.5, Tapachula, Chiapas, 30700, México; ² Instituto Agronômico do Paraná, Rod. Celso García Cid, km 375, Londrina, Paraná, Brasil. Correo electrónico: jbarrera@tap-ecosur.edu.mx

Palabras Clave: trampeo, atrayentes, ECOIAPAR, muestreo, metanol, etanol, café, plagas, Scolytinae, Chiapas.

CONTENIDO

1. Introducción.....	71
2. La broca del café, <i>Hypothenemus hampei</i>	72
2.1. Importancia económica.....	72
2.2. Biología.....	72
2.3. Colonización del hospedero.....	72
2.4. Diapausa reproductiva y emergencia masiva.....	73
2.5. Métodos de control.....	73
3. Trampas y atrayentes para la broca del café.....	74
3.1. Atrayentes.....	74
3.2. Trampas.....	75
3.3. Monitoreo.....	77
3.4. Control.....	78
4. Reflexiones finales a manera de conclusiones.....	79
5. Agradecimientos.....	79
6. Literatura Citada.....	79

Resumen

Se hace una revisión de la bioecología y métodos de control de la broca del café *Hypothenemus hampei*, enfatizando en el uso de trampas y atrayentes. Se han desarrollado varios tipos de trampas en América Latina, pero las trampas artesanales (hechas a mano) han tenido mayor demanda por su bajo costo y eficiencia de captura. La mezcla de metanol-etanol (1:1 ó 3:1) ha sido la más atractiva para las hembras colonizadoras de *H. hampei*, y algunas sustancias adicionadas a esta mezcla (e.g., café tostado y molido o soluble), han mejorado la eficiencia de captura. Las trampas de color rojo no siempre han resultado las más atractivas a la broca. Las trampas se usan más con fines de control (trampeo masivo) que para monitoreo de poblaciones. La eficacia del trampeo masivo en el periodo inter cosecha se incrementa como parte de una estrategia de manejo integrado, aunque los resultados suelen ser muy variables. En general, falta mucho por conocer sobre la influencia de factores bióticos y abióticos sobre las capturas. Presentamos algunos

resultados de nuestras investigaciones con la trampa ECOIAPAR cebada con metanol-etanol. Por último, tratamos de identificar aspectos críticos y controversiales que requieren de los esfuerzos de investigadores y productores para desenredarlos.

Abstract

We reviewed literature about biology, ecology and control methods of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei*, emphasizing in the use of traps and attractants. Several types of traps have been developed in Latin America, but traps made by hand have had greater demand by their low cost and efficiency of capture. The methanol-ethanol mixture (1:1 or 3:1) has been most attractive for females of *H. hampei*, and some substances added to this mixture (e.g., toasted and ground or soluble coffee), have improved the trap efficiency. Red traps are not always most attractive to the borer. Traps are used more for borer control (mass trapping) that for population monitoring. Effectiveness of mass trapping during the

post-harvest period is increased as a part of an integrated pest management strategy, although its effectiveness usually is very variable. In general, we do not know enough about the effect of many biotic and abiotic factors on trap captures. We presented some results of our research work with the trap ECOIAPAR baited with methanol-ethanol. Finally, we tried to identify critical and controversial issues that require the efforts of scientists and growers to disentangle them.

1. Introducción

La broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae¹) es la plaga más importante de la cafecultura en el mundo (Waterhouse, 1998; Dufour *et al.*, 1999; Damon, 2000; Jaramillo *et al.*, 2006). Este insecto causa graves pérdidas al cultivo en cantidad y calidad de la producción al pasar la mayor parte de su ciclo vital alimentándose de las semillas o granos, a partir de los cuales, se elabora la aromática y del todos conocida, bebida del café.

Debido a su importancia económica y distribución cosmopolita, la broca ha sido objeto de muchas investigaciones alrededor del mundo, tanto para descifrar su bizarra biología como para desarrollar tecnologías de control económica y ambientalmente viables. Mucho del trabajo realizado desde 1990 ha sido sobre control biológico con parasitoides y entomopatógenos (Dufour *et al.*, 1999; Barrera *et al.*, 2000; Barrera, 2005). En los últimos cinco años, los trabajos sobre uso de trampas y atrayentes han sido del mayor interés para los sectores académico y productivo; y no es para menos, una sola trampa cebada con metanol-etanol, principal mezcla atrayente conocida, puede capturar varios miles de individuos por semana cuando la broca emerge masivamente en el periodo intercosecha (Barrera *et al.*, 2004 a, b, c). Tan dramática captura de brocas ha motivado más el uso de las trampas con fines de control (Villacorta *et al.*, 2001; Dufour 2002) que para la detección o monitoreo (Barrera *et al.*, 2004b). En fecha reciente, estas trampas también han sido una herramienta metodológica fundamental para avanzar en el conocimiento del comportamiento y estacionalidad del vuelo de la broca, temas que por la carencia de las trampas que hoy conocemos, pocas veces fueron abordados en el pasado (Barrera, 2004; Barrera *et al.*, 2005).

La presente monografía tiene la finalidad de hacer una revisión sobre trampas y atrayentes para broca del café, ilustrando con algunos resultados de nuestras propias investigaciones. Se espera que este análisis permita tener una visión más amplia de la aplicación de esta tecnología, pero también, identificar puntos críticos y controversiales que requieren de los esfuerzos de los investigadores y productores para desenredarlos.

2. La broca del café, *Hypothenemus hampei*

2.1. Importancia económica

La broca es originaria de África (Le Pelley, 1968). Descubierta como plaga del café en Gabón en 1901, su distribución actual es cosmopolita. La broca pasa casi todo su ciclo de vida dentro de la semilla o grano, lo cual trae consigo pérdidas directas a la producción y calidad del café. Los países productores de café más importantes del orbe la tiene presente en sus cafetales.

2.2. Biología

La broca es un pequeño insecto escolítico monófago, con reproducción tipo espanandria, de unos 2.0 mm de longitud. En 30 días, una broca fundadora puede dar origen a 35 individuos en una proporción de 10 hembras por un macho, y si los insectos continúan reproduciéndose, se pueden encontrar más de 100 descendientes en una sola cereza, todos ellos emparentados, pues el apareamiento se realiza entre hermanos y hermanas. Por lo común, todos los individuos de broca encontrados en un fruto provienen de una sola hembra. Las hembras maduran sexualmente a los 3-4 días después de transformarse en adultos, y antes de abandonar el grano o nido donde se desarrollaron como huevos, larvas y pupas, se aparean. Ya fecundadas, las hembras abandonan los granos que habitaban y emprenden el vuelo para buscar nuevos frutos para reproducirse. En la época lluviosa, cuando la reproducción es continua, se ha estimado un tiempo generacional aproximado de 45 días a 25°C, con una capacidad innata de incremento (r) de 0.065 por día (Baker *et al.*, 1992a). Los machos son más pequeños y delicados y tienen las alas atrofiadas, razón por la cual no vuelan ni participan en la colonización del hospedero.

2.3. Colonización del hospedero

Las hembras de *H. hampei* se encuentran fuera de los frutos de café solamente durante un breve lapso de tiempo, periodo que emplea en la búsqueda de su hospedero. La búsqueda y localización del hospedero la realizan volando. Para introducirse al grano, la hembra se posa sobre un fruto y lo perfora por su parte apical, exactamente por el centro o por la orilla del ostiolo o cicatriz que deja la flor cuando decae. Los frutos adecuados para la reproducción del insecto deben tener al menos 20% de peso seco del grano, estado de desarrollo conocido como "semi-consistencia" (Barrera, 1994). Los frutos verdes atacados que no han alcanzado la semi-consistencia pueden caerse, o la semilla podrirse, si el insecto perfora el pergamino. Durante el periodo de maduración del fruto, lo cual ocurre en la época lluviosa y antes de que ocurra la cosecha, se pueden presentar 2 ó 3 generaciones en un mismo fruto o nido, y las hembras de la progenie emergen del fruto conforme van siendo fecundadas. Sin embargo, después

¹ La familia Scolytidae fue puesta recientemente como subfamilia Scolytinae dentro de Curculionidae (Triplehorn y Johnson, 2005).

de la cosecha y conforme entra el periodo seco del año, los frutos no cosechados ennegrecen y se secan en las plantas (o en el suelo), mientras las brocas dejan de emerger y entran en diapausa reproductiva (Mansingh, 1991).

2.4. Diapausa reproductiva y emergencia masiva

La diapausa reproductiva es un estado fisiológico de las brocas adultas, durante el cual dejan de buscar al hospedero, y sin perder el movimiento o actividad, se congregan formando grupos numerosos dentro de los frutos infestados negros y secos. Se considera que la diapausa reproductiva le permite a la broca sobrevivir con mayor éxito el periodo intercosecha. Este periodo puede ser catalogado como el más inhóspito para la población de la broca, pues en éste se presentan las condiciones más adversas para su sobrevivencia: extrema sequedad y escasez de alimento (Barrera, 1994). En efecto, minuciosas investigaciones indican que la broca es muy sensible a cambios en la humedad del aire (Baker *et al.*, 1992b; 1994). Las brocas diapáusicas al congregarse en los frutos negros evitarán la pérdida de humedad, y al reducir su actividad, conservarán la energía suficiente para el vuelo de búsqueda del hospedero en la nueva cosecha.

En la zona cafetalera del Soconusco (Chiapas), las lluvias que ocurren en el periodo intercosecha, por lo común entre marzo y abril, rompen la diapausa reproductiva de la broca. Ante este estímulo, las brocas post-diapáusicas responden emergiendo de los frutos de manera masiva. La lluvia como factor disparador de la emergencia de *H. hampei* se puso en evidencia a través de las investigaciones de Baker (1984). La emergencia masiva es un fenómeno conocido como "broca en tránsito", para referirse al traslado de la población sobreviviente desde los frutos viejos de la cosecha anterior a los frutos nuevos de la cosecha siguiente. La emergencia masiva es también un periodo crítico en la historia de vida de la broca, pues la población de hembras colonizadoras al salir del grano se expone a la acción de los factores de mortalidad artificiales (insecticidas químicos de contacto) y naturales (entomopatógeno *Beauveria bassiana*, parasitoide *Phymastichus coffea*). El trampeo de la broca con fines de control también puede tener su mayor impacto sobre la plaga durante la emergencia masiva.

2.5. Métodos de control

Cada vez se torna más evidente que el Manejo Integrado de la Broca (MIB) es la estrategia más promisoría para reducir las pérdidas ocasionadas por esta plaga (Bustillo *et al.*, 1998; Baker, 1999; Guharay *et al.*, 2000; Jarquín *et al.*, 2002), mientras se cuestiona la posibilidad de su control con un solo método, ya sea químico o no químico. También la evidencia se acumula para apoyar la tesis que la broca puede ser manejada sin incluir al control con insecticidas químicos (Jarquín *et*

al., 1999). Otro elemento fundamental para el éxito del manejo de la broca es la participación de los productores, no solo en la implementación del MIB, sino también en su concepción a través de investigación participativa (Jarquín *et al.*, 2002).

Las tácticas más antiguas de control de *H. hampei* son las prácticas culturales, entre las que se incluyen la poda de cafetos, regulación de la sombra y la maleza para manipular las condiciones micro-ambientales; la fertilización del suelo para obtener floraciones uniformes; y la recolecta de los frutos residuales después de la cosecha. Esta práctica, que se ubica en primerísimo lugar por su efectividad en reducir las poblaciones de broca que afectarán la nueva cosecha, tiene varias modalidades: "repela" es la recolecta de los frutos residuales de la planta y la "pepena" es la recolecta realizada de frutos caídos al suelo; el "graniteo" se refiere a la recolecta de frutos infestados al inicio de la nueva cosecha, mientras que "rampassen" o "repaso" es un término aplicado a la actividad de recolectar todos los frutos maduros y verdes mayores a 5.0 mm de diámetro que quedan después de la última pasada de cosecha a fin de reducir el número de frutos hospederos (Le Pelley, 1968).

El control biológico con hongos entomopatógenos y parasitoides ha tenido un uso muy amplio en los últimos años para el control de la broca en cafetales de América. Los parasitoides o avispidas de la familia Bethyilidae originarios de África, *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta*, se han estado usando desde 1989 (Barrera *et al.*, 1990a, b, c). Estos parasitoides son específicos de *H. hampei* y tanto pueden parasitar larvas bien desarrolladas, prepupas y pupas, como depredar sobre todos sus estados de desarrollo; éstos se encuentran entre los escasos enemigos naturales que pueden atacar a la broca en el interior del grano o nido, lo cual los convierte en el arma más letal que puede usar el productor para destruir a la broca en su "búnker". Los parasitoides se pueden criar de manera rústica en comunidades rurales atendidas por productores (Barrera *et al.*, 2000). En Guatemala se ha logrado bajar la infestación de broca y eliminar el uso de insecticidas químicos a nivel de finca mediante la liberación de 5,000 avispidas/hectárea/año (Campos, 2005). El parasitoide de más reciente introducción al continente americano es *P. coffea*; esta avispidita de la familia Eulophidae, parasita a las hembras de *H. hampei* cuando se encuentran perforando la pulpa del fruto. Las brocas parasitadas dejan de perforar el fruto de café y al cabo de una semana mueren sin afectar el grano (Castillo, 2005). En cuanto a los entomopatógenos, *B. bassiana*, generalmente producido en arroz y aplicado a los frutos y follaje con aspersora de mochila, es el hongo más usado contra esta plaga a nivel mundial, aunque *Metarhizium anisopliae* ha gozado de cierto uso (de la Rosa *et al.*, 1997; 2000). Estos hongos requieren entrar en contacto físico con la broca para infectarla, por lo cual, se deben asperjar cuando ésta se encuentra en el túnel de perforación a nivel de la pulpa del fruto. Por su

amplia disponibilidad, la facilidad de reproducción en laboratorio y por usar métodos estándar de aspersión del hongo en campo, *B. bassiana* es el agente de control biológico de mayor uso contra esta plaga.

El control de la broca con insecticidas químicos, en particular con endosulfan, era la táctica más usada hasta antes de que se presentaran, principalmente, los siguientes acontecimientos: desarrollo del control biológico; crisis del precio del café en el mercado internacional; crecimiento de la cafecultura orgánica; e implementación de políticas neoliberales que dejaron de subsidiar a los plaguicidas. Aunque en menor uso, el endosulfan sigue siendo uno de los factores responsables de más alta mortalidad de broca con que cuenta parte del sector cafetalero. La mayor efectividad de este insecticida de contacto se logra al aplicarlo en el momento oportuno: cuando la broca está todavía fuera del fruto o a nivel de su pulpa; y con base al umbral económico, el cual se determina en función de la densidad de la plaga, los costos asociados al control y el rendimiento y precio esperado de café (Decazy *et al.* 1989; Barrera *et al.*, 1993). A la par de las bondades del endosulfan, contrastan las desventajas inherentes al uso de estos productos químicos: alta toxicidad, afectación de la salud del ser humano, contaminación del ambiente, impacto negativo sobre la biodiversidad.

Recientemente se han estado realizando investigaciones para desarrollar una variedad resistente de café a la broca por medio de fitomejoramiento convencional, es decir, a través de cruzamientos entre plantas con características agronómicas deseables con plantas que poseen ciertos atributos que las hacen resistentes al ataque de la broca. Esta área de investigación ha tenido poco avance por la falta de fuentes de resistencia genética en el género *Coffea*, sin embargo, en estudios conducidos por Sera *et al.* (2004), se reporta que las especies *C. kapakata*, *C. eugenioides* y *Psilanthus bengalensis* son promisorias porque muestran resistencia a esta plaga en laboratorio y campo. Por otro lado, se han tenido algunos avances que apuntan hacia el desarrollo de plantas de café transgénicas con resistencia a la broca.

El uso de trampas y atrayentes, como otro componente del MIB, ha tenido un desarrollo importante en los últimos años.

3. Trampas y atrayentes para la broca del café

3.1. Atrayentes

En la actualidad, la mezcla de metanol (=alcohol metílico) + etanol (=alcohol etílico) es el atrayente más efectivo para la captura de *H. hampei* bajo condiciones de campo. Desde el Siglo XIX se conocía que muchos miembros de Scolytinae, particularmente los escarabajos ambrosiales, eran atraídos por materiales fermentados y olores emanados de árboles muertos o moribundos. Pero no fue hasta finales de la década de 1960 y principios de la década de 1970 que se determinó que

tal atracción era provocada por varios compuestos, entre ellos el etanol como atrayente primario. Por ejemplo, W.F.H. Blandford, citado por Moeck (1970), reportó ataques de *Xyleborus performans* a barriles de cerveza en 1893, mientras que Frost y Dietrich (1929) capturaron varias especies de escolítidos ambrosiales en trampas cebadas con una solución de melaza fermentada. Una de las primeras aproximaciones que demostraron la importancia del etanol en el comportamiento de estos insectos la hizo Buchanan (1941), quien indujo la atracción de *Xylosandrus germanus* a árboles inyectados con este alcohol. Asimismo, el etanol agregado a dietas artificiales estimuló la construcción de túneles (alimentación) por hembras de *Xyleborus ferrugineus* (Norris y Baker, 1969). Sin embargo, hasta que se realizaron las investigaciones con *Trypodendron lineatum* (Moeck, 1970) y *Gnathotrichus sulcatus* (Cade *et al.*, 1970), se demostró experimentalmente la causa-efecto entre la presencia del etanol en madera y corteza de varias especies de árboles, y la respuesta de atracción de estos insectos. Ahora se sabe que el etanol tiene una participación primaria en la localización y colonización de las plantas hospederas en muchos escolítidos (Roling y Kearby, 1975; Chénier y Philogène, 1989; Byers, 1992). En México, el etanol como atrayente principal (o como sustancia letal) ha sido utilizado con muy buen éxito en la colecta de escolítidos de hábitos ambrosiales (Bustamante y Atkinson, 1984); por ejemplo, Equihua-Martínez (1992) capturó 11 especies con trampas con etanol en una finca de café-cacao en la región del Soconusco.

Otros alcoholes primarios diferentes al etanol no han sido reportados por ser atractivos a escolítidos que atacan árboles forestales (Byers, 1992), aunque existen algunos pocos estudios con resultados que muestran cierta actividad del metanol (Moeck, 1970; Montgomery y Wargo, 1983; Byers, 1992). La mezcla de etanol, metanol y acetaldehído no fue más atractiva que el etanol solo para varios grupos de coleópteros (escolítidos, cerambícidos y cléridos) (Montgomery y Wargo, 1983); incluso, se ha reportado que el metanol inhibió la atracción de *Scolytus amygdali* a trampas cebadas con feromona (Ben-Yehuda *et al.*, 2002).

Inspirados en estos resultados, Mendoza (1991) en Brasil y Gutiérrez-Martínez *et al.* (1993a) en México realizaron los primeros trabajos que reportaron la atractividad del etanol y metanol a la broca del café a principios de la década de 1990. Ambos estudios señalaron un efecto sinérgico entre estos alcoholes, pues la atracción fue mayor al mezclarlos. Los trabajos realizados por Mendoza (1991) indicaron que la proporción metanol: etanol 3:1 fue la más atractiva. Investigaciones posteriores confirmaron el poder de atracción de ambos compuestos en la proporción antes mencionada (Borbón *et al.*, 2000; Cárdenas, 2000; Villacorta *et al.*, 2001), aunque otros estudios encontraron mejor la proporción 1:1 (Cárdenas, 2000; González y Dufour, 2000).

Antes de conocerse la atracción del metanol y etanol, Prates (1969) en Brasil había realizado investigaciones en cajas de Petri donde comparaba la atracción de la broca hacia extractos de frutos verdes y cerezas, encontrando que *H. hampei* era significativamente atraída hacia los extractos puros o rebajados a 50% en comparación al testigo (agua). Más tarde en México, Esquinca y Barrera (1985) y Esquinca (1986) inspirados en estudios sobre la producción de feromonas en tractos digestivos de escolítidos (e.g., Coster y Vité, 1972), condujeron estudios que reportaron la atracción de la broca hacia volátiles provenientes de sus desechos alimenticios y fecales en un olfatómetro. Los resultados de estas investigaciones iniciales no tuvieron aplicación práctica, sin embargo, años después desencadenaron el interés por evaluar sustancias semioquímicas, principalmente extractos a partir de frutos maduros de café (e.g., Giordanengo, 1993; Gutiérrez-Martínez *et al.*, 1993c; Velasco *et al.*, 1997, 1999). Rojas (2005) revisó recientemente los avances sobre los volátiles asociados a los frutos del café y su posible relación con la atracción de la broca; este autor considera que además del metanol y el etanol deben existir otros compuestos que intervengan en la localización del huésped por parte de la broca. Sin embargo, hasta ahora parece ser que los extractos acuosos de frutos (verdes y rojos) solos o agregados a la mezcla de metanol: etanol (3:1) no fueron más atractivos para *H. hampei* que la mezcla de alcoholes sola (Borbón *et al.*, 2000). No obstante, se han reportado efectos importantes de sinergismo entre la mezcla de metanol-etanol y el café soluble (Cárdenas, 2000), benzaldehído y salicilato de metilo (Gomez de Lima *et al.*, 2004), ya que estas sustancias aumentaron significativamente las capturas al agregarse a la mezcla de alcoholes. Nosotros también hemos observado que la adición de café puro tostado y molido incrementa la captura de broca del metanol-etanol (Barrera *et al.*, datos no publicados). Aunque también, el efecto contrario (repelencia) fue reportado por Borbón *et al.* (2000) para varios compuestos, especialmente en el caso del Z-3 hexenol.

Por otro lado, la hipótesis de la cafeína como causa de la atracción de la broca a extractos de frutos de café adicionados al metanol-etanol (Gutiérrez-Martínez y Ondarza, 1996), no ha sido confirmada experimentalmente (Cárdenas, 2000; González y Dufour, 2000); al respecto, Rojas (2005) considera difícil que una sustancia de baja volatilidad como la cafeína pudiera atraer a los insectos a distancia.

3.2. Trampas

Una diversidad de diseños de trampas para *H. hampei* ha sido desarrollada desde que Mendoza (1991) evaluó las trampas "ESALQ-84" de Berti Filho y Flechtmann (1986) y el modelo de embudos múltiples de Lindgren (1983). La ESALQ-84 fue desarrollada a partir de modificar el modelo de trampa de luz Luiz de Queiroz en la Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz de la Universidad de Sao Paulo, Brasil (Berti Filho y Flechtmann, 1986). De acuerdo con el estudio de Mendoza (1991), la trampa de embudos múltiples fue mejor en la captura de broca.

A la misma conclusión llegó Cárdenas (2000) en Colombia con una trampa de cinco embudos y el atrayente acoplado en el embudo central. Siguiendo como base la trampa de Lindgren, Borbón *et al.* (2000) desarrollaron en Costa Rica la trampa de vasos múltiples (tres vasos de color blanco), que en su forma artesanal fue coloquialmente llamada "trampa fiesta" porque los embudos y el techo fueron sustituidos por vasos y un plato de plástico para fiestas, respectivamente (Fig. 1). Aparte de estas experiencias, y con excepción de la trampa fiesta en Costa Rica, la trampa de embudos múltiples no ha sido tan usada.

Más interés despertó el diseño tipo ESALQ-84, a partir del cual se derivaron modelos semejantes; por ejemplo, en México fue base para que Gutiérrez-Martínez *et al.* (1993b) desarrollaran la trampa "Hampei" y Velasco *et al.* (1997, 1999) la trampa "Ecobroca".

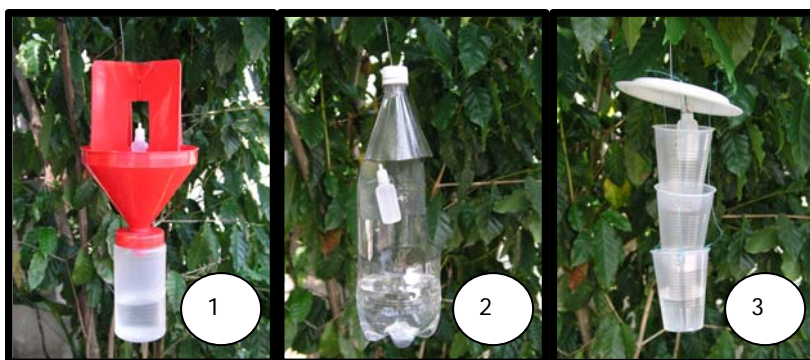


Fig. 1. Diseños de trampas para broca del café. 1. Brocap; 2. ECOIAPAR; 3. Fiesta.

En Colombia se desarrolló la trampa “CENICAFÉ” (Herrera, 1997). En tanto salvadoreños (PROCAFÉ) y franceses (CIRAD), desarrollaron la trampa “Brocap®” con aspas de color rojo (Dufour *et al.*, 1999; González y Dufour, 2000) (Fig. 1). La trampa Brocap ha sido validada en varios países latinoamericanos (e.g., Cárdenas, 2000; Dufour, 2002; Guzmán y Contreras, 2003; Barrera *et al.*, 2004b; García *et al.*, 2004; Campos, 2005). En la actualidad, con una gran demanda en varios países, esta trampa es posiblemente la única patentada que se comercializa bajo una marca registrada para el control de la broca.

Sin embargo, en los últimos años destacan diferentes diseños de trampas artesanales hechas a partir de diversos tipos de recipientes de plástico, particularmente botellas de refrescos gaseosos embotellados, cuyo objetivo ha sido abaratar los costos para favorecer el trapeo de la broca por los cafecultores. Incluso en El Salvador, C.A., donde se desarrolló la trampa Brocap, se están promoviendo las trampas artesanales (PROCAFÉ, s/a). En México, a partir de los trabajos de Gutiérrez-Martínez *et al.* (1993b) se desarrollaron trampas artesanales con el atrayente (metanol-etanol + extracto de frutos de café) embebido en trozos (3x3 cm) de corcho (A. García Hernández, Univ. Veracruzana, com. pers., 2002); el problema del corcho como difusor es que obligaba a recargarlo cada 4-8 días (en los sistemas actuales es cada 2-3 meses), dependiendo de su grosor. Otro problema que tenían estas trampas fue la carencia de un sistema de aniquilamiento de la broca capturada.

La trampa “IAPAR” desarrollada por investigadores del Instituto Agronómico de Paraná, Brasil (Villacorta *et al.*, 2001), definió uno de los conceptos más interesantes de trampa artesanal, al conjugar bajo costo (materiales reciclables) y facilidad de hechura y manejo (accesible a productores) con efectividad de captura. Tomando en cuenta este concepto, generamos la trampa “ECOIAPAR” (Fig. 1), el nombre alude a ECOSUR y IAPAR, la cual hemos venido perfeccionando y usando como herramienta de monitoreo, control y estudio de la broca del café. El uso de ECOIAPAR se describe en Barrera *et al.* (2003) y los detalles del diseño se presentan en la Fig. 2.

A fin de evaluar la eficacia de la trampa ECOIAPAR, llevamos a cabo un estudio en una finca donde la comparamos con Brocap y “fiesta” de vasos múltiples (García *et al.*, 2004). Fiesta y ECOIAPAR fueron hechas a mano (trampas artesanales) y Brocap (trampa comercial) fue donada por B. Dufour. Los resultados mostraron que en en cuatro meses (16 revisiones semanales de mayo a agosto) y 16 trampas por modelo, la trampa Brocap capturó 679,107 brocas (2,653 brocas/trampa/semana), 2.44 y 3.17 veces más que ECOIAPAR y fiesta, respectivamente. La “saturación” de las trampas artesanales con brocas fue la causa de la diferencia. Este problema podría resolverse haciendo más grande el receptáculo recolector (Fig 2. #4) o revisando las trampas antes de una semana cuando hay mucha captura. De acuerdo con esta información, se requerirían 39 y 51 trampas de ECOIAPAR y fiesta para capturar la misma cantidad de brocas que Brocap.



Fig. 2. Diseño de la trampa ECOIAPAR para broca del café (tomado de Barrera *et al.*, 2003).

Considerando que el precio (pesos por trampa, 1 dólar=10 pesos) de cada modelo fue \$4.64 (ECOIAPAR), \$6.20 (fiesta) y \$43.07 (Brocap), el costo total estimado para obtener la misma cantidad de broca, sería de \$181, \$316 y \$689 para ECOIAPAR, fiesta y Brocap, respectivamente. Los resultados indicaron claramente que a pesar de la menor eficiencia mostrada por las trampas ECOIAPAR y fiesta (trampas artesanales), debido a su bajo costo podría incrementarse su número por hectárea para lograr capturas similares de broca, y por ello, ser una buena opción para sustituir a Brocap (trampa comercial).

Por otro lado, los resultados del efecto del color de la trampa sobre las capturas son controversiales. La trampa Brocap es roja, la trampa fiesta es blanca y la trampa ECOIAPAR es (generalmente) transparente. Bajos ciertas condiciones una puede superar a las otras.

3.3. Monitoreo

Las trampas cebadas con metanol-etanol han permitido registrar y conocer el comportamiento de la fluctuación de las capturas de hembras voladoras de *H. hampei* a través del año. Los estudios de varios países centroamericanos (e.g., Contreras y Guzmán, 2003) y México (e.g., Barrera *et al.*, 2004b) muestran una tendencia de las capturas bastante similar a las Fig. 3, pudiendo variar en tiempo conforme a la fenología del cafeto en cada región o altitud. Como se puede apreciar, entre enero y mayo se obtienen las capturas mayores, con picos muy pronunciados de las capturas semanales generalmente en marzo y abril, época que corresponde al llamado periodo inter cosecha.

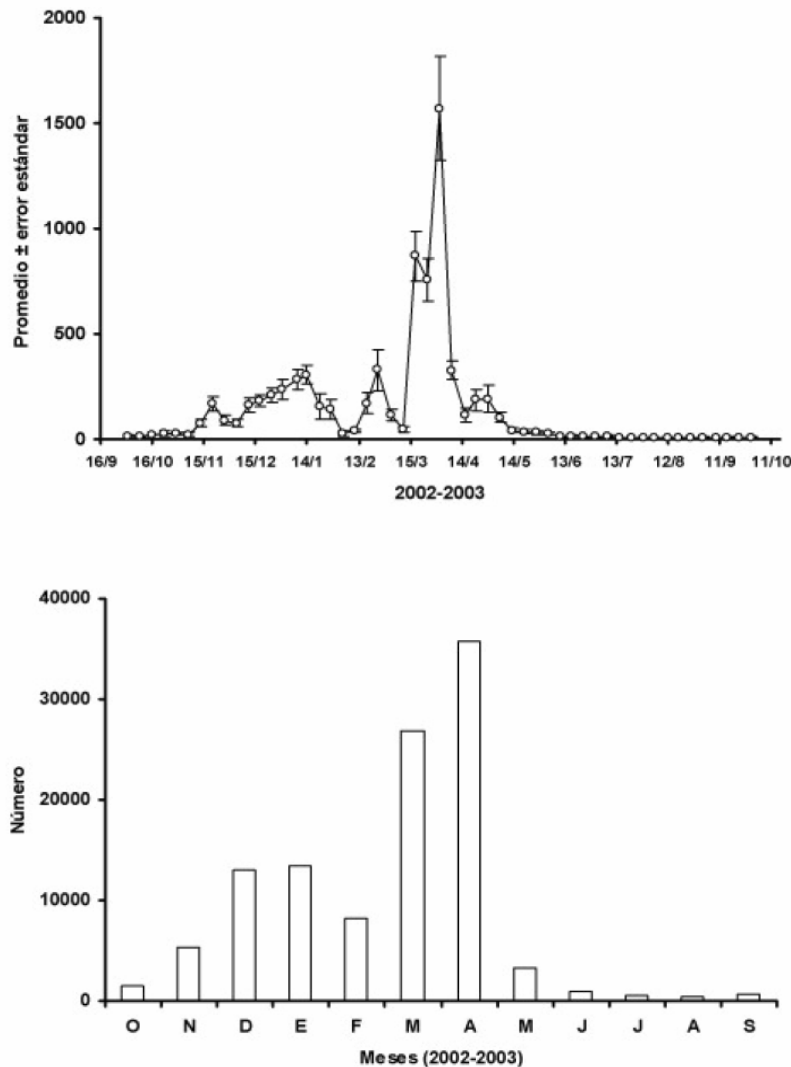


Fig. 3. Fluctuación de las capturas de adultos de broca del café en 15 trampas cebadas con metanol – etanol (3:1) en un cafetal. Ejido Alpujarras, Chiapas (1,116 msnm). 1, Promedio semanal; 2, Total por mes (tomado de Barrera *et al.*, 2004b).

La situación de Colombia es diferente, pues los picos de capturas son menos abruptos y las capturas de brocas a lo largo del año no se reducen tan drásticamente (Posada *et al.*, 2003). Tal diferencia es posible atribuirla a las dos cosechas al año que ocurren en Colombia, en lugar de una como suele suceder en nuestra región.

Aparte de la información sobre la fluctuación de las capturas de broca, las trampas han tenido poco uso en otros aspectos de monitoreo. A partir de las capturas, hemos desarrollado un procedimiento que nos ha permitido sugerir el número requerido de trampas para estimar poblaciones voladoras de broca con diferentes grados de precisión (Cuadro 1) (Barrera *et al.*, 2004b). Entre otras aplicaciones, esta información es importante para conocer el número de trampas suficientes para detección de poblaciones de broca cuando se encuentran en niveles muy bajos (caso de áreas libres), o para determinar el momento más oportuno de las aplicaciones de *B. bassiana* o *P. coffea* con el propósito de eliminar brocas colonizadoras.

Por otro lado, trampas colocadas a diferentes alturas sobre el nivel del suelo (de 1.0 a 5.0 m) en un trapeo realizado durante un año, indicaron que las capturas variaron con la época (Barrera *et al.*, 2005); de acuerdo con este estudio, al ocurrir la emergencia masiva (brocas post-diapásicas en tránsito), entre mediados de marzo y principios de mayo (periodo inter cosecha), un porcentaje mayor de la población de broca (>60%) tendió a volar hacia arriba (>2.5 m), mientras que antes de que este fenómeno ocurriera, gran parte de la población (entre 50 y 70%) tendió a volar en el estrato bajo (1.0 m).

Por lo tanto, se recomienda colocar las trampas a 1.0 m de altura para monitoreo, en tanto que para trapeo masivo (intercosecha) será mejor ubicarlas arriba de 1.0 y hasta 2.5 m (Barrera *et al.*, 2005).

3.4. Control

Las trampas han despertado mayor interés como herramienta de control a través del trapeo masivo de las hembras colonizadoras o post-diapásicas durante la intercosecha, que como herramienta para monitoreo. Aunque los resultados del trapeo masivo en reducir la infestación y daños de *H. hampei* son (inexplicablemente) variables, su potencial ha quedado de manifiesto en varios estudios. Por ejemplo, ensayos de Dufour (2002) indican reducciones en la infestación de 12.2 a 84.6% en cafetales de El Salvador. En otro caso, Villacorta *et al.* (2001) reportan 50% de reducción del daño en parcelas experimentales en Brasil.

Sin embargo, después de tres años de trapeo masivo en dos predios, nosotros no hemos observado reducciones significativas en la infestación de la broca (Barrera, datos no publicados). La explicación de este resultado parece deberse a las altas densidades de la plaga y la falta de medidas de control en los predios. Dufour (2004) señala que la eficiencia del trapeo masivo se incrementa en la medida que éste se utilice como parte del MIB, especialmente cuando se asocia a la cosecha sanitaria. Tal señalamiento coincide con lo observado para otras plagas: el trapeo masivo es efectivo solamente con niveles bajos de la plaga en cuestión [para una revisión al respecto ver Barrera *et al.* (2006) en esta memoria].

Cuadro 1. Número requerido de trampas a diferentes densidades simuladas de la broca del café (promedio de insectos por trampa) para cinco niveles (10-50%) de variabilidad relativa (SEM= Error estándar del promedio) (tomado de Barrera *et al.*, 2004b).

Densidad de broca	SEM				
	10%	20%	30%	40%	50%
1	197	49	22	12	8
5	141	35	16	9	6
10	122	31	14	8	5
50	88	22	10	5	4
100	76	19	8	5	3
200	66	16	7	4	3
500	55	14	6	3	2
1,000	47	12	5	3	2
2,000	41	10	5	3	2
5,000	34	8	4	2	1
10,000	29	7	3	2	1
15,000	27	7	3	2	1
20,000	25	6	3	2	1

4. Reflexiones finales a manera de conclusiones

No obstante los avances logrados por la investigación y la rápida y amplia adopción de las trampas por los productores de varios países, existen algunas controversias con relación al diseño y color de trampa. El uso de trampas artesanales para abaratar costos al emplear materiales locales (e.g., Barrera *et al.*, 2003; García *et al.*, 2004), ha tenido rápido desarrollo, pero también la diversidad de diseños ha exacerbado la polémica, tanto por la variabilidad de los resultados en las capturas como por la dificultad de controlar su calidad y el peligro potencial para la salud que representa en particular el manejo del metanol para los productores (Dufour, 2002, 2004). Con respecto al color de las trampas, para conseguir resultados comparables entre investigaciones, es importante relacionar los colores con su longitud de onda, ya que existen muchas tonalidades del mismo color.

Se tiene poca información que permita identificar el efecto de ciertos factores bióticos y abióticos sobre la efectividad de las trampas (Barrera *et al.*, 2004a). Por ejemplo, conocer el estado fisiológico de las brocas voladoras tanto en el periodo inter cosecha (emergencia masiva) como en el periodo productivo del café, es imprescindible. También falta más información sobre el número ideal de trampas por unidad de superficie, dependiendo si el trapeo es con fines de investigación o manejo (detección, monitoreo o control), y es necesario hacer más estudios para relacionar las capturas con la infestación de campo. Al respecto, Mathieu *et al.* (1999) encontraron una correlación significativa entre capturas y frutos infestados en el periodo productivo, sin embargo, es igualmente importante correlacionar las capturas de la inter cosecha con la densidad poblacional y daños futuros, para usar las trampas como herramienta de predicción de más largo plazo (varias semanas después). En lo básico, este tipo de estudios también podría ayudar a esclarecer aspectos relacionados con la dispersión y sobrevivencia de las brocas colonizadoras (p.e. la hipótesis de las brocas suicidas: Barrera, 2004 y Barrera *et al.*, 2005); y en lo práctico, permitiría determinar el tiempo más oportuno de colocar las trampas en campo, pues todavía no sabemos si con fines de trapeo masivo estamos capturando la población de *H. hampei* que como quiera va a morir (brocas suicidas) o si realmente se atrapa y elimina la población que será responsable de diseminar a la población y dañar el café de la nueva cosecha.

El tema de investigación sobre atrayentes, con la finalidad de mejorar o sustituir la mezcla de metanol-etanol, ha sido del más alto interés por sus implicaciones comerciales, de allí que existan supuestos atrayentes más poderosos sin contar con el respaldo de pruebas rigurosas y publicadas de evaluación. Desde el punto de vista básico es importante encontrar la posible feromona de agregación de la broca para entender mejor su comportamiento (Rojas, 2005), y del lado aplicado, urge sustituir la mezcla de alcoholes con

compuestos más inocuos para la salud como las feromonas.

Otros aspectos que preocupan son los recelos de algunas empresas certificadoras de café orgánico por las desventajas potenciales que se puedan derivar del manejo inadecuado de las trampas, por ejemplo, la ya mencionada toxicidad de los alcoholes y la contaminación de los cafetales que entraña el uso de las botellas de plástico de las trampas artesanales. Por otro lado, la no revisión semanal de las trampas puede propiciar la reproducción de mosquitos transmisores de enfermedades en el agua del sistema de retención de la broca, problema potencial que podría no ser bien visto por las autoridades de salud.

Por último, es importante mencionar que a la fecha los resultados del control de la broca con trampas son muy variables, y que todavía estamos lejos de tener un sistema óptimo de trapeo masivo. Como la efectividad del trapeo masivo puede cambiar por efecto de varios factores como el sistema de cultivo (sombra o pleno sol) o el tamaño de las poblaciones existentes antes del trapeo, Dufour (2004) sugiere que es necesario estandarizar las metodologías de evaluación para obtener resultados más objetivos y evitar confusiones y polémicas desgastantes. Nosotros estamos totalmente de acuerdo con esa propuesta. También nos parece muy importante conducir estudios para integrar el trapeo masivo con otros métodos de control (cosecha sanitaria, control biológico) en una estrategia de manejo integrado. Pero por otro lado, no creemos que la restricción por las autoridades de la compra del metanol y etanol directamente por productores sea la actitud más adecuada para incrementar la eficiencia del trapeo y/o reducir riesgos a la salud. Consideramos que el monopolio estatal o privado de la mezcla atrayente metanol-etanol, atenta contra la adopción de la tecnología del trapeo por los productores, fomenta el enriquecimiento de unos cuantos, puede incrementar la corrupción y dificultaría mantener con eficacia y eficiencia cualquier programa operativo de detección, monitoreo y trapeo masivo de la broca del café.

5. Agradecimientos

Todo nuestro reconocimiento a Don Federico Ochoa (Ejido Alpujarras, municipio de Cahaoatán) y a Don Germán Pérez y su hijo Herman (Rancho La Esperanza, municipio de Tapachula) por las facilidades que nos han otorgado en sus propiedades de café para realizar estos estudios desde 2002. Aprovechamos el espacio para agradecer la gentileza del Dr. Bernard Dufour (PROCAFÉ-CIRAD) por la donación de las trampas Brocap® evaluadas en el estudio de García *et al.* (2004). A. M. Galindo Rodas nos apoyó desde la biblioteca consiguiendo algunas publicaciones. A la Fundación Produce Chiapas por su generoso financiamiento a través del proyecto "Bioecología y manejo de plagas del café en el Soconusco y Sierra de Chiapas" (2002-2006).

6. Literatura citada

- Baker, P. S. 1984. Some aspects of the behavior of the coffee berry borer in relation to its control in southern Mexico (Coleoptera: Scolytidae). *Folia Entomol. Mex.*, 61: 9-24.
- Baker, P.S. 1999. La broca del café en Colombia. Informe final del proyecto MIP para café DFID-Cenicafé- CABI Bioscience (CNTR 93/1536A). Chinchiná, Colombia, 148 p.
- Baker, P.S., J.F. Barrera & A. Rivas. 1992a. Life history studies of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*, Scolytidae) on coffee trees in southern Mexico. *J. App. Ecol.*, 29: 656-662.
- Baker, P.S., C. Ley, R. Balbuena & J.F. Barrera. 1992b. Factors affecting the emergence of *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) from coffee berries. *Bull. Ent. Res.*, 82: 145-150.
- Baker, P.S., A. Rivas, R. Balbuena, C. Ley & J.F. Barrera. 1994. Abiotic mortality factors of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*). *Entomol. Exp. Appl.*, 71: 201- 209.
- Barrera, J.F., 1994. Dynamique des populations du scolyte des fruits du caféier, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae), et lutte biologique avec le parasitoïde *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyilidae), au Chiapas, Mexique. Tesis. Université Paul Sabatier, Toulouse, Francia, 301 pp.
- Barrera, J.F. 2004. La hipótesis de las brocas suicidas. En: Resúmenes del I Congreso Internacional sobre Desarrollo de Zonas Cafetaleras. 6-8 de Octubre de 2004, Tapachula, Chiapas, México, p. 51.
- Barrera, J. F. 2005. Investigación sobre la broca del café en México: logros, retos y perspectivas. En: J.F. Barrera (ed.), Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México, p. 1-13.
- Barrera, J.F., P.S. Baker, A. Schwarz & J.E. Valenzuela. 1990a. Introducción de dos especies de parasitoides africanos a México para el control biológico de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). *Folia Entomol. Mex.*, 79: 245-247.
- Barrera, J. F., J. Herrera & L. Cruz. 2004a. Factores que influyen sobre la captura de la broca del café *Hypothenemus hampei* con trampas. En: Resúmenes del I Congreso Internacional sobre Desarrollo de Zonas Cafetaleras. 6-8 de Octubre de 2004, Tapachula, Chiapas, México, p. 50.
- Barrera, J.F., J. Herrera & J. Valle. 2005. Efecto de la altura de la trampa en la captura de la broca del café: Implicaciones en dispersión y muestreo. En: A. Morales, A. Mendoza, M. P. Ibarra & S. Stanford (eds.). *Entomol. Mex.*, 4: 542-546.
- Barrera, J.F., F. Infante, J. Gómez, A. Castillo & W. de la Rosa. 1993. Guía Práctica: Umbrales económicos para el control de la broca del café. Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste, Unidad Tapachula. 49 p.
- Barrera, J.F., F. Infante, W. de la Rosa, A. Castillo & J. Gómez. 2000. Control biológico de la broca del café. En: M.H. Badii, A.E. Flores & L.J. Galán Wong (eds.), Fundamentos y Perspectivas de Control Biológico. Universidad Autónoma de Nuevo León, México, p. 211- 229.
- Barrera, J.F., F. Infante, M. Vega, O. González, E. Carrillo, O. Campos, R. Muñoz, A. Serrano, J.J. Osorto, B. Decazy & D. Moore. 1990b. Introducción de *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyilidae) a Centroamérica para el control biológico de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Turrialba*, 40: 570-574.
- Barrera, J.F., P. Montoya & J. Rojas. 2006. Bases para la aplicación de sistemas de trampas y atrayentes en manejo integrado de plagas. En: J. F. Barrera & P. Montoya (eds.), Simposio sobre Trampas y atrayentes en detección, monitoreo y control de plagas de importancia económica. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Manzanillo, Colima, México, p. 1-16.
- Barrera, J.F., D. Moore, Y.J. Abraham, S.T. Murphy & C. Prior. 1990c. Biological control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*, in Mexico and possibilities for further action. Brighton Crop Protection Conference-Pests and Diseases- 1990, 14: 391-396.
- Barrera, J.F., A. Villacorta & J. Herrera. 2004a. Fluctuación estacional de las capturas de La Broca del café (*Hypothenemus hampei*) con trampas de etanol-metanol e implicaciones sobre el número de trampas. *Entomol. Mex.*, 3: 540-544.
- Barrera, J. F., A. Villacorta, J. Herrera, H. García & L. Cruz. 2004b. Aplicación de trampas para el muestreo de la broca del café en México. En: Workshop Internacional sobre o Manejo da Broca-do-Café. 28 de noviembre a 2 de diciembre de 2004. Londrina, Paraná, Brasil.
- Barrera, J.F., A. Villacorta, J. Herrera, R. Jarquín & H. García. 2003. ECO-IAPAR el capturador de Broca del Café: Recicle botellas de plástico y gane contra la Broca. El Colegio de la Frontera Sur, Proyecto Manejo Integrado de Plagas, México. Folleto técnico No. 8, 16 p.
- Ben-Yehuda, S., T. Tolasch, W. Francke, R. Gries, G. Gries, D. Dunkelblum & Z. Mendel. 2002. Aggregation pheromone of the almond bark beetle *Scolytus amygdali* (Coleoptera: Scolytidae). *IOBC WPRS Bull.* 25: 259- 270.
- Berti F., E., and C.A.H. Flechtmann. 1986. A model of ethanol trap to collect Scolytidae and Platypodidae (Insecta, Coleoptera). *IPEF* 34: 53- 56.
- Borbón M., O., O. Mora A., A.C. Oehlschlager y L.M. González. 2000. Proyecto trampas, atrayentes y repelentes para el control de la broca del fruto de café, *Hypothenemus hampei* F. (Coleoptera:

- Scolytidae). En: XIX Simposio Latinoamericano de Caficultura. 2 al 6 de octubre de 2000, San José, Costa Rica, p. 331-348.
- Buchanan, W.D. 1941. Experiments with an ambrosia beetle, *Xylosandrus germanus* (Blfd.). J. Econ. Entomol., 34: 367-369.
- Bustamante O., F. & T.H. Atkinson M. 1984. Biología del barrenador de las ramas del peral *Corthylus fuscus* Blandford (Coleoptera: Scolytidae), en el norte del Estado de Morelos. Folia Entomol. Mex., 60: 83-101.
- Bustillo P., A.E., R. Cárdenas M., D.A. Villalba G., P. Benavides M., J. Orozco H. y F.J. Posada F. 1998. Manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia. Cenicafé, Chinchiná, Colombia. 134 p.
- Byers, J.A. 1992. Attraction of bark beetles, *Tomicus piniperda*, *Hylurgops palliates*, and *Trypodendron domesticus* and other insects to short chain alcohols and monoterpenes. J. Chem. Ecol., 18: 2385- 2402.
- Cade, S.C., B.F. Hrutfiord & R.I. Gara. 1970. *Gnathotrichus sulcatus* (Coleoptera: Scolytidae): identification of a primary attractant. J. Econ. Entomol., 63: 1014-1015.
- Campos A., O.G. 2005a. Manejo integrado de la broca del café en una finca de producción comercial en Guatemala. En: J. F. Barrera (ed.), Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México, p. 38-45.
- Campos A., O.G. 2005b. Evaluación de diseños de trampas para el control de la broca. El Cafetal (Guatemala), 5- 7.
- Castillo, A. 2005. Perspectivas de utilización del parasitoide *Phymastichus coffea* en el manejo integrado de la broca del café. En: J. F. Barrera (ed.), Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México, p. 31-37.
- Cárdenas, M. R. 2000. Trampas y atrayentes para monitoreo de poblaciones de broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Col., Scolytidae). En: XIX Simposio Latinoamericano de Caficultura, Costa Rica, p. 369-379.
- Chénier, J.V.R. & B.J.R. Philogène. 1989. Field responses of certain forest Coleoptera to conifer monoterpenes and ethanol. J. Chem. Ecol., 15: 1729-1745.
- Contreras, T. & R.E. Guzmán. 2003. Evaluación de la captura de la broca (*Hypothenemus hampei*) en el curso del año, Bonao. En: Café, resultados de investigación. IDIAF. CODOCAFÉ. República Dominicana, p. 41-46.
- Coster, J.E. & J.P. Vité. 1972. Effects of feeding and mating on pheromone release in the Southern Pine Beetle. Ann. Entomol. Soc. Am., 65: 263-266.
- Damon, A. 2000. A review of the biology and control of the berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). Bull. Entomol. Res., 90:453- 465.
- Decazy, B., H. Ochoa & R. Letodé. 1989. Indices de distribution spatiale et méthode d'échantillonnage des populations du scolyte des drupes du caféier, *Hypothenemus hampei* Ferr. Café Cacao Thé, 33: 27-41.
- de la Rosa, W., R. Alatorre, J. Trujillo & J.F.Barrera. 1997. Virulence of *Beauveria bassiana* (Deuteromycetes) strains against the coffee berry borer (Coleoptera: Scolytidae). J. Econ. Entomol., 90: 1534-1538.
- de la Rosa, W., W., R. Alatorre, J.F.Barrera & C. Toriello. 2000. Effect of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycetes) upon the coffee berry borer (Coleoptera: Scolytidae) under field conditions. J. Econ. Entomol. 93: 1409-1414.
- Dufour, B. 2002. Validación de la trampa Brocap® para el control de la broca del café. Boletín de Promecafé, 93: 14-20.
- Dufour, B. 2004. Condiciones de uso de las trampas en el control de la broca del café. En: Workshop Internacional sobre o Manejo da Broca-do-Café, Londrina, Paraná, Brasil, p. 7.
- Dufour, B., J.F. Barrera & B. Decazy. 1999. La broca de los frutos del cafeto: ¿la lucha biológica como solución? En: Desafíos de la caficultura en Centroamérica. B. Bertrand & B.Rapidel (eds.). San José, Costa Rica. CIRAD, IICA, p. 293-325.
- Dufour, B., M. O. Gonzalez & B. Frérot. 1999. Piégeage de masse du scolyte du café *Hypothenemus hampei* Ferr. (Col., Scolytidae) en conditions réelles: Premiers résultats. En: Resúmenes del XVIII Colloque ASIC, Helsinki, Finlandia, A134.
- Equihua-Martínez, A. 1992. Coleópteros Scolytidae atraídos a trampas NTP-80 en el Soconusco, Chiapas, México. Folia Entomol. Mex., 84: 55-66.
- Esquinca Avilés, H.A. 1986. Búsqueda de semioquímicos en la interacción cafeto *Coffea* spp.: broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) mediante bioensayos olfatométricos. Tesis. Universidad Autónoma de Chiapas, Tapachula, Chiapas. México.
- Esquinca Avila, H.A. & J.F. Barrera. 1985. Presencia de un atrayente en los frutos infestados, desechos alimenticios y fecales de *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). En: Resúmenes del XX Congreso Nacional de Entomología, SME. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, p. 34.
- Frost, S.W. & H. Dietrich. 1929. Coleoptera taken from bait-traps. Ann. Ent. Soc. Am., 22: 427-437.
- García- Verdugo, H., J.F. Barrera, E. Pinson, F.J. Valle & J. Herrera. 2004. Comparación de tres tipos de trampas para la captura de la broca del café. En: Resúmenes del I Congreso Internacional sobre Desarrollo de Zonas Cafetaleras. 6-8 de Octubre de 2004, Tapachula, Chiapas, México, p. 45.
- Giordanengo, P., L. O. Brun & B. Frerot, B. 1993. Evidence for allelochemical attraction of the coffee

- berry borer *Hypothenemus hampei*. J. Chem. Ecol., 19: 763-769.
- Gomes de Lima, J. O., R. de Campos-Pereira, P. C. Muniz de Lacerda Miranda, A. M. Matoso Viana-Bailez & A. Villacorta-Mosqueira. 2004. Identificação e atratividade de novos voláteis do café cereja e desenvolvimento de armadilha para a coleta massal da broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferr.) En: Workshop Internacional sobre o Manejo da Broca-do-Café, Londrina, Paraná, Brasil, p. 8.
- González, M. O. & B. P. Dufour. 2000. Diseño, desarrollo y evaluación del trapeo en el manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferr. en El Salvador. En: XIX Simposio Latinoamericano de Caficultura, Costa Rica, p. 381-396.
- Guharay, F., J. Monterrey, D. Monterroso y C. Staver. 2000. Manejo integrado de plagas en el cultivo del café. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Managua. Serie Técnica. Manual Técnico No. 44. 272 p.
- Gutiérrez-Martínez, A., S. Hernández R. & A. Virgen S. 1993a. Efectos de diferentes extractos de café robusta *Coffea canephora* Pierre ex Froehner sobre la captura de la broca de café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae). En: Resúmenes del XVI Simposio de Caficultura Latinoamericana. Managua, Nicaragua, p. 49-50.
- Gutiérrez-Martínez, A., S. Hernández R. & A. Virgen S. 1993b. Trapeo en campo de la broca del fruto de café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) con los semioquímicos volátiles del fruto de café robusta (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner). En: Resúmenes del XVI Simposio de Caficultura Latinoamericana. Managua, Nicaragua, p. 51-52.
- Gutiérrez-Martínez, A., S. Hernández R. & A. Virgen S. 1993c. Atracción química de la broca de café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) por las diferentes variedades de café en el Soconusco, Chiapas, México. En: Resúmenes del XVI Simposio de Caficultura Latinoamericana. Managua, Nicaragua, p. 55-56.
- Gutiérrez-Martínez, A. & R. N. Ondarza. 1996. Kairomone effect of extracts from *Coffea canephora* over *Hypothenemus hampei*. Environ. Entomol., 25: 96-100.
- Guzmán, R.E. & T. Contreras. 2003. Validación trampa Brocap® para la captura de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en San Cristóbal. En: Café, resultados de investigación. IDIAF. CODOCAFÉ. República Dominicana, p. 35-40.
- Herrera C., H.A. 1997. Búsqueda de sustancias atrayentes para la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1867). Tesis. Universidad de Caldas. Manizales, Caldas, Colombia.
- Jaramillo, J., C. Borgemeister & P. Baker. 2006. Coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae): searching for sustainable control strategies. Bull. Entomol. Res., 96, 1- 12.
- Jarquín, R., J.F. Barrera, F. Guharay, L. Jiménez, L. García, M. Figueroa & R. Montes. 2002. Manejo Integrado de la Broca del Café bajo dos modelos de transferencia de tecnología. En: J.F. Barrera (ed.), Tres plagas del café en Chiapas. El Colegio de la Frontera Sur, México, p. 21-31.
- Jarquín, R., J.F. Barrera, K. C. Nelson & A. Martínez Quezada. 1999. Evaluación de métodos no químicos contra la broca del café y su transferencia tecnológica en Los Altos de Chiapas, México. Agrociencia 33: 431-438.
- Le Pelley, R.H. 1968. Las plagas del café. Editorial Labor, S.A. Barcelona. 693 p.
- Lindgren, B. S. 1983. A multiple funnel trap for scolytid beetles (Coleoptera). Can. Entomol., 115: 299- 302.
- Mansingh, A. 1991. Limitations of insecticides in the management of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* Ferrari. J. Coffee Res., 21: 67-98.
- Mathieu, F., L.O. Brun, B. Frerot, D. M. Suckling & C. Frampton. 1999. Progression in field infestation is linked with trapping of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Col., Scolytidae). J. Appl. Ent., 123: 535- 540.
- Mendoza M., J.R. 1991. Resposta da broca-do-café, *Hypothenemus hampei*, a estímulos visuais e semioquímicos. Tesis de maestría. Universidade Federal de Voçosa, Minas Gerais, Brasil. 44 p.
- Moeck, H.A: 1970. Ethanol as the primary attractant for the ambrosia beetle *Trypodendron lineatum* (Coleoptera: Scolytidae). Can. Entomol., 102: 985-995.
- Montgomery, M.E. & P.M. Wargo. 1983. Ethanol and other host-derived volatiles as attractants to beetles that bore into hardwoods. J. Chem. Ecol., 9: 181-190.
- Norris, D.M. & J.M. Baker. 1969. Nutrition of *Xyleborus ferrugineus*. I. Ethanol in diets as a tunneling (feeding) stimulant. Ann. Entomol. Soc. Am., 62: 592-594.
- Posada F., F.J., A. E. Bustillo P. & M. Jiménez. 2003. Seguimiento y captura de poblaciones de la broca del café con trampas en cafetales. Brocarta (Colombia), 35.
- Prates, H.S. 1969. Observações preliminares da atração da broca do café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867), a extratos de frutos do cafeeiro (cereja e verde). O Solo (Brasil) 61: 13-14.
- (PROCAFÉ) Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café. Sin año. Elija su modelo de trampa para controlar la broca en su cafetal. Hoja Técnica, <http://www.procafe.com.sv/docs/trampaartesanal.pdf>
- Rojas, J. 2005. Ecología química de la broca del café y sus parasitoides. En: J.F. Barrera (ed.), Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México, p. 14-21.

- Roling, M.P. & W.H. Kearby. 1975. Seasonal flight and vertical distribution of Scolytidae attracted to ethanol in an oak-hickory forest in Missouri. *Can. Entomol.*, 107: 1315-1320.
- Sera, T., G. H. Sera., D. S. Ito., V. M. Cotarelli & D. S. Dói. Desenvolvimento de cultivares de café resistentes à broca-do-café. En: Workshop Internacional sobre o Manejo da Broca-do-Café. 28 de noviembre a 2 de diciembre de 2004. Londrina, Paraná, Brasil, p. 23.
- Triplehorn, C.A. & N.F. Johnson. *Borrer and DeLong's Introduction to the study of insects*. Seven Edition. Thomson. Brooks/Cole. EUA, 864 p.
- Velasco P., H., J.M. Llaven G. & A.F. Velázquez V. 1997. Respuesta a extractos de cerezas de café utilizados como atrayente para hembras intercosecha de la broca del fruto *Hypothenemus hampei* Ferr. En: Memorias del XVIII Simposio Latinoamericano de Caficultura, San José, Costa Rica, p. 349-352.
- Velasco P., H., B. Beristain R. & S. Díaz Cárdenas. 1999. Integración de métodos para el control de la broca *Hypothenemus hampei* Ferr. del fruto del cafeto en la zona Córdoba-Huatusco, Veracruz, México (Informe final). Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Oriente. Huatusco, Veracruz, México. 98 p.
- Villacorta, A., A.F. Possagnolo, R.Z. Silva & P.S. Rodrigues. 2001. Um modelo de armadilha com semioquímicos para o manejo integrado da broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) no Paraná. En: II Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Vitória, ES, p. 2093- 2098.
- Waterhouse, D.F. 1998. Biological control of insect pests: Southeast Asian prospects. Australian Centre for International Agricultural Research. Canberra, Australia. ACIAR Monograph No. 51, 548 p.