

# RELACIONES DE *HYPOTHENEMUS HAMPEI* FERRARI (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE) CON EL SUELO DEL CAFETAL COMO BASE PARA SU MANEJO AGROECOLÓGICO

Luis L Vázquez<sup>1</sup>, Janet Alfonso<sup>1</sup>, Yanotsi Ramos<sup>2</sup>, Antonio Martínez<sup>2</sup>, David Moreno<sup>1</sup>, Yaril Matienzo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal, La Habana; <sup>2</sup>Empresa Cafetalera Bahía Honda, Artemisa.  
E mail: lvazquez@inisav.cu

## Resumen

Las poblaciones de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) se relaciona con las etapas fenológicas del cultivo y el clima, entre otros factores; existen cuatro tipos de desplazamiento de hembras adultas: (1) entre las plantas durante la etapa de fructificación y cosecha; (2) de los frutos en la planta a los frutos en el suelo al final de la cosecha (dentro de frutos que caen y mediante su propio vuelo); (3) entre frutos en el suelo cuando estos comienzan a descomponerse en busca de frutos en buen estado; (4) emergen de frutos en el suelo y acuden a la planta en la nueva fructificación.

Los frutos que caen al suelo y que son óptimos para ser infestados (reservorios para la supervivencia) son los pergaminos, maduros, verdes y negros; en la etapa de floración la cantidad de frutos en el suelo es menor y estos manifiestan altas poblaciones de la plaga; los principales enemigos naturales que se relacionan con el suelo del cafetal son *Beauveria bassiana* y varias especies de hormigas (*Solenopsis geminata* y *Tetramorium bicarinatum*); los cafetales con sombra diversificada son menos afectados por esta plaga; estos procesos influyen sobre el comportamiento de sus poblaciones en capacidad de supervivencia, desplazamiento e infestación de frutos. Los resultados obtenidos en Cuba han permitido adoptar prácticas agroecológicas de manejo del suelo del cafetal.

**Palabras clave:** Cafeto, *Hypothenemus hampei*, manejo agroecológico del suelo.

## Summary

### Relations of *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) with the soil of coffee plantations as base for the agroecological management.

The populations of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) are related with the phonological stages of the cultivation and the climate, among other factors; four types of displacement of mature females exist: (1) among the plants during the fructification stage and harvests; (2) of the fruits in the plant to the fruits in the soil at the end of the harvest (inside fruits that fall and by means of their own flight); (3) among fruits in the soil when these they begin to break down in search of fruits in good state; (4) they emerge of fruits in the soil and they go to the plant in the new fructification.

The fruits that fall to the soil and that they are good to be infested (reservoirs for the survival) they are the parchments, mature, green and black; in the florescence stage the quantity of fruits in the soil is smaller and these high populations of the pest manifest; the natural main enemies that are related with the soil of the coffee plantation are *Beauveria bassiana* and several species of ants (*Solenopsis geminata* and *Tetramorium bicarinatum*); the coffee plantations with diversified shade are fewer affected by this pest; these processes influence on the behavior of their populations in capacity of survival, displacement and infestation of fruits. The results obtained in Cuba have allowed adopting agroecological practices of soil management of the coffee plantation.

**Key words:** Coffee, *Hypothenemus hampei*, agroecological soil management.

## Introducción

La broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari) se considera una de las plagas de mayor importancia a ni-

vel mundial (Dufour *et al.* 1999), pues sus afectaciones se caracterizan por una destrucción parcial o total del fruto de esta planta, que se traduce en disminución del rendimiento y calidad (Barrera 2002, Barrera *et al.* 2000,

Bustillo *et al.* 1998), así como la imposición de fuertes restricciones comerciales por niveles de residuos de insecticidas y presencia de ocratoxinas (Vázquez 2005).

Para su control se han adoptado diferentes estrategias, que van desde el uso de insecticidas químicos, integración de controladores biológicos, instalación de trampas de captura y varias prácticas culturales, entre otras (Barrera *et al.* 2007) y en varios países se ha propuesto o iniciado el Manejo Integrado de la Broca (MIB), como estrategia económica y ambientalmente más adecuada para reducir los daños económicos que ocasiona este escoltido (Jarquín *et al.* 2002); además, se han hecho otras propuestas como el Manejo Holístico de Plagas (MHP), que integra diversos componentes del sistema de producción y comercialización (Barrera 2006) y el Manejo Agroecológico de Plagas (MAP), en que se integran diferentes componentes en los sistemas de producción (Vázquez 2005, Vázquez *et al.* 2010a).

A pesar de estos avances, la plaga se mantiene a niveles poblacionales importantes en la mayoría de los países (Campos 2007, Contreras y Camilo 2007, Pérez 2007, Ramírez *et al.* 2007, Rojas 2007), lo que demuestra que resulta una especie bien adaptada a las condiciones edafoclimáticas y las características del manejo tecnológico de los cafetales, que en su conjunto aun no logran mantenerla a niveles económicamente aceptables.

Sin embargo, se ha acumulado una gran información bioecológica sobre esta especie de insecto, principalmente su relación con la fenología del cultivo, sobre todo durante la etapa de la fructificación, con el sistema de manejo del suelo y la tecnología de cosecha (Jaramillo *et al.* 2006), así como sus interacciones con el resto de la biodiversidad en los cafetales (Perfecto *et al.* 2010), que por supuesto tiene ciertas variaciones para las condiciones climatológicas de los diferentes países de la región; pero, en todos los casos la hembra adulta sale de los frutos que quedaron en el suelo desde la cosecha anterior para localizar los primeros frutos maduros de la nueva cosecha, los que perfora para realizar una nueva generación, cuya descendencia es la que ocasiona las afectaciones de importancia en las fructificaciones que deciden la cosecha, hasta que esta termina y las poblaciones del insecto quedan en los frutos infestados que han caído al suelo, proceso en el cual influyen disímiles factores.

De esta forma, expresada en síntesis, se puede deducir que este insecto se desarrolla básicamente en dos niveles dentro del cafetal: la planta fructificada y el suelo, éste último constituye el principal reservorio de poblaciones que infestan los frutos de la cosecha siguiente; sin embargo, de acuerdo a los programas de manejo que existen en diferentes países de la región (Baker 1999, Barrera *et al.* 2007, Jaramillo *et al.* 2006), son muy pocas las prácticas que se realizan en el mismo para el manejo de esta plaga, ya que la mayoría de estas se efectúan en la parte aérea de la planta, antes durante y

después de la cosecha.

De hecho, el suelo del cafetal constituye un subsistema de gran complejidad, debido a que sustenta varios niveles estructurales de plantas, principalmente el café, los árboles de sombra, además de frutales y plátanos intercalados; a lo cual se agrega que sobre su superficie crecen espontáneamente poblaciones de diversidad de especies de arvenses o se plantan coberturas vivas, sobre las cuales se acumula cierta cantidad de biomasa vegetal como resultado de la caída de hojas, flores, frutos y ramas, todo lo cual contribuye a que se enriquezca constantemente en el orden biológico, a la vez que se mantiene cubierto, lo que contribuye a un microclima y biotopo muy característico.

Precisamente, por la importancia que le hemos atribuido al suelo en el manejo de esta plaga, en varios estudios anteriores realizados bajo las condiciones de cafetales de Cuba, hemos abordado este tema (Vázquez 2005, Vázquez *et al.* 2005, 2008), por lo que en el presente artículo expondremos un análisis de las potencialidades del manejo del suelo en la supresión de poblaciones de sus poblaciones en cafetales bajo sistemas agroforestales.

### Comportamiento de las poblaciones en el cafetal

Las poblaciones de *H. hampei* manifiestan un comportamiento bastante característico, que se relaciona de manera directa con las etapas fenológicas del cultivo y el clima, como se pudo comprobar en estudios realizados de octubre de 2006 a octubre de 2007 en la región occidental de Cuba (Bahía Honda, Artemisa), mediante evaluaciones de frutos en la planta y el suelo, así como trapeo de hembras adultas, resultados que se sintetizan a continuación.

Final de cosecha (desde noviembre de 2006). Etapa en que se han realizado varios pases de cosecha y la cantidad de frutos en la planta ha disminuido; son frecuentes las precipitaciones a causa de los frentes fríos, la humedad relativa es mayor del 95 % y la temperatura media de 25°C. El comportamiento de las poblaciones de *H. hampei* fue el siguiente: (1) elevadas capturas de hembras adultas en las trampas; (2) incremento del índice de infestación en frutos (más del 10 %), debido a que ha disminuido la cantidad de frutos en la planta y en esta etapa no se realizan aplicaciones de plaguicidas de ningún tipo; (3) mayor cantidad de frutos en el suelo, acumulada por caída durante la cosecha.

Post cosecha (desde finales de diciembre de 2006 hasta marzo de 2007). Se realizan diversas labores culturales en los cafetales como preparación para el desarrollo del cultivo; las precipitaciones son bajas o no ocurren, la temperatura media es más baja (22-24 °C) y la humedad relativa sigue siendo elevada. El comportamiento de las poblaciones de *H. hampei* fue el siguiente: (1) las poblaciones en los frutos que quedaron en la

planta son elevadas, a pesar de que en el último pase de cosecha se colectan todos los frutos de la planta como practica de saneamiento; (2) se han acumulado diferentes tipos de frutos infestados en el suelo; (3) se manifiesta una gran actividad de vuelo de hembras, pues las capturas en trampas son las más altas en comparación con las demás etapas tecnológicas del cultivo.

**Floración (marzo a julio de 2007).** Suceden diferentes floraciones, en que las primeras son aisladas; igualmente son bajas o nulas las precipitaciones, la humedad relativa baja muy poco al igual que la temperatura se incrementa ligeramente en comparación con la etapa anterior; pero al final de esta etapa comienzan las lluvias de la primavera. El comportamiento de las poblaciones de *H. hampei* fue el siguiente: (1) baja sobrevivencia de frutos en el suelo, por efecto del intemperismo y los microorganismos descomponedores, por ello la población de la plaga se concentra en los frutos que ofrecen las mejores condiciones para la supervivencia y por tanto es mayor; (2) las capturas en trampas comienzan a descender, hasta que al final del período de floración, que corresponde a los meses de junio y julio, los valores de las capturas son los más bajos, lo que indica que las poblaciones que lograron sobrevivir en el suelo están dentro de los frutos.

**Pre cosecha (julio-agosto).** Etapa en que los frutos de las primeras floraciones son óptimos para el ataque de la plaga y los frutos de la cosecha principal están en desarrollo; se incrementan las precipitaciones. El comportamiento de las poblaciones de *H. hampei* fue el siguiente: (1) las hembras adultas comienzan a salir de los frutos en el suelo, localizan los primeros frutos óptimos y de esta forma realizan su primera generación; (2) las capturas en trampas son mucho más bajas, ya que las hembras son más atraídas por los frutos.

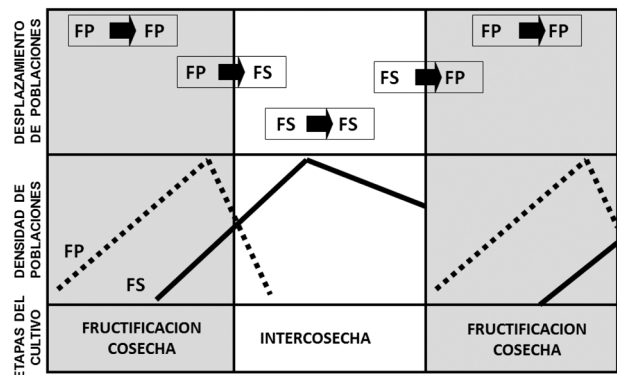
**Cosecha (desde septiembre):** Etapa de mayor actividad en los cafetales, producto de los pases de cosecha que se realizan; comienzan a caer frutos al suelo debido a la labor de cosecha; en los primeros meses de esta etapa también ocurrieron precipitaciones elevadas, al igual que la temperatura. El comportamiento de las poblaciones de *H. hampei* fue el siguiente: (1) el índice de infestación en frutos se incrementa paulatinamente debido a que al suceder varias floraciones existen frutos de diferentes edades; (2) durante el inicio de la cosecha hubo una tendencia a aumentar las capturas en trampas y en la medida que esta se realiza las capturas tienen cierto incremento, debido al efecto del trasiego dentro de los campos para realizar dicha labor, las que luego disminuyen al finalizar este período; (3) durante la cosecha comienzan a desarrollarse las poblaciones en los frutos que caen al suelo, proceso que es mayor en la etapa final de la cosecha.

Estudios similares realizados por Contreras y Camilo (2007) en República Dominicana, concluyeron que el pico de captura en trampas se presentó de enero a abril

(etapa de post cosecha), agregan que aun cuando en el resto del año (mayo a enero) se capturaron algunas brocas, la captura fue significativamente inferior. Igualmente en varios países centroamericanos (Contreras y Guzmán 2003) y México (Barrera *et al.* 2004) ocurre una tendencia de las capturas bastante similar, es decir, entre enero y mayo se obtienen las mayores, con picos semanales muy pronunciados, generalmente en marzo y abril, época que corresponde al llamado período intercosecha, pudiendo variar en tiempo conforme a la fenología del café en cada región o altitud.

En Colombia la situación 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), debido a que se realizan dos cosechas al año en lugar de una como suele suceder en nuestra región.

En estas observaciones pudimos comprobar que en los cafetales existen cuatro tipos de desplazamiento de poblaciones de hembras adultas de *H. hampei*: (1) las que lo hacen entre las plantas durante la etapa de fructificación cosecha; (2) las que acuden de los frutos en la planta a los frutos en el suelo al final de la cosecha, proceso que ocurre de dos formas principales: dentro de frutos que caen y mediante su propio vuelo; (3) las que se desplazan entre frutos en el suelo cuando estos comienzan a descomponerse en busca de frutos en buen estado; (4) las que emergen de frutos en el suelo y acuden a la planta en la nueva fructificación (Fig. 1).



**Figura 1.** Representación del desplazamiento y densidad de poblaciones de *H. hampei* en el café (FP: Frutos en la planta; FS: Frutos en el suelo).

Igualmente, las mayores poblaciones del insecto en los frutos en la planta se incrementan acorde con el desarrollo de la fructificación-cosecha (Fig. 1), para luego disminuir al final de esta; mientras que en el suelo ocurre lo contrario, se incrementan al final de la cosecha y hasta mediados del período intercosecha.

Lo antes expuesto, que desde el punto de vista ecológico constituye una evaluación somera de las poblaciones de *H. hampei*, demuestra la complejidad de la manifestación de esta especie de insecto en su relación

con la planta de café y el resto del cafetal, así como las diferentes épocas del año, cuya variabilidad climática es propia de cada región cafetalera, pero el patrón de comportamiento resulta muy similar para los países que realizan una sola cosecha, todo lo cual sirve de sustento científico para entender que el manejo de esta plaga no resulta efectivo cuando se trata de suprimir las poblaciones solamente desde que perforan los primeros frutos hasta que termina la cosecha, como es usual en la mayoría de los programas de manejo.

Esto demuestra la importancia de entender uno de los principios agroecológicos en el manejo de plagas, que sustenta la necesidad de actuar sobre las causas y no atacar la plaga como única opción (Nicholls 2010, Vázquez 2004), pues cuando las poblaciones de hembras adultas de *H. hampei* acuden a los primeros frutos óptimos para desarrollar su primera generación en la planta, las oportunidades de éxito en el control son menores, debido precisamente a la baja efectividad de los métodos que se emplean y las características propias de la etapa de cosecha; en cambio, durante el periodo de supervivencia en frutos que han caído al suelo, existen mayores posibilidades de aprovechar los procesos bioecológicos que ocurren en el suelo, cuando se realiza un manejo de este que favorece la descomposición de frutos (Vázquez 2005).

### Poblaciones en frutos sobre el suelo

La composición de diferentes tipos de frutos en el suelo es variable desde la pre cosecha hasta el final de la cosecha (Tabla 1), observándose que en el caso de los frutos maduros y verdes están en mayor cantidad desde inicio de la cosecha, debido a la propia labor; los frutos descompuestos y germinados, que son la mayoría (37,5 y 24,1 % respectivamente) se encuentran durante todo el periodo, lo que indica que el proceso de descomposi-

ción y de germinación de frutos en el suelo es continuo, aunque son más abundantes en periodos de lluvia; los pergamino también se observan durante todo el periodo, pues aunque están en menor proporción (13,2%), son más resistentes al intemperismo y la acción de los microorganismos.

Bajo las condiciones de esta región cafetalera, se puede observar que los frutos óptimos para ser infestados, que son los pergamino, maduros, verdes y negros, se encuentran mayormente en los últimos meses de la cosecha, los que constituyen los futuros reservorios para la supervivencia de este insecto en el suelo.

Por supuesto, esta dinámica de los diferentes tipos de frutos en el suelo está muy relacionada con las características de la tecnología de cultivo del café en esta región, en que se emplea como sombra el arbusto piñón florido (*Gliricidia sepium*), que es muy diferente a los sistemas tradicionales de sombra en varios estratos que se practican en las regiones central y oriental del país, además de la influencia del clima que es diferente.

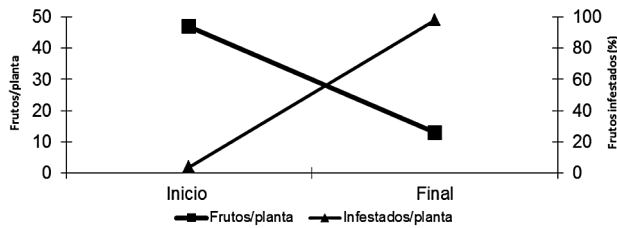
Lo que ocurre en el periodo intercosecha (desde el final de la cosecha hasta el inicio de la fructificación) es diferente, ya que se reduce paulatinamente la cantidad de frutos en el suelo, pues quedan solamente los que se endurecieron con mayor rapidez y lograron escapar al proceso de descomposición, que son los negros y pergamino, los precisamente sustentan las poblaciones diapúsicas que emergen y atacan los primeros frutos óptimos de la cosecha siguiente.

Resulta importante conocer que al inicio del periodo intercosecha hay mayor cantidad de frutos en la zona de goteo de la planta y el nivel de infestación es relativamente bajo (0,4 %); en cambio, al final de dicho periodo, el número de frutos desciende considerablemente y la infestación es del 98 % (Fig. 2). Desde luego, la recogida de frutos en el suelo durante la post cosecha (saneamiento) y los efectos de descomposición de estos por

**Tabla 1.** Composición de diferentes tipos de frutos en la superficie del suelo desde la pre cosecha hasta el final de la cosecha de 2007. Bahía Honda, Artemisa (antes perteneciente a la provincia de Pinar del Río).

Evaluaciones <sup>1</sup>	Total de frutos	Tipos de frutos infestados <sup>2</sup>					
		PERG	MAD	VER	NEG	DES	GER
Abril	128	15				65	48
Mayo	89	16				30	43
Junio	232	33				106	93
Julio	92	33			5	38	16
Agosto	129	9	12	2		83	23
Septiembre	112	13	39			41	19
Octubre	173	14	48	31	43	29	8
Noviembre	140	11	87	9		19	14
<b>Total</b>	<b>1 095</b>	<b>144</b>	<b>186</b>	<b>42</b>	<b>48</b>	<b>411</b>	<b>264</b>
%	///////	<b>13,2</b>	<b>17,0</b>	<b>4,0</b>	<b>4,4</b>	<b>37,5</b>	<b>24,1</b>

(1) Evaluaciones los días 20-21 de cada mes. (2) Los tipos de frutos en el suelo son los siguientes: PER (pergamino) el fruto hecho, que pierde el mesocarpio y queda cubierto por el pergamino; MAD (maduro) el fruto hecho y maduro (amarillo o rojo); VER (verde) el fruto verde, que puede estar tierno o casi hecho; NEG (negro) el fruto seco, duro y negro; DES (descompuesto) es el fruto que está totalmente descompuesto por microorganismos; GER (germinado) es el fruto que logró germinar sobre el suelo.



**Figura 2.** Comparación de frutos en el suelo e infestados por *H. hampei* en el inicio y el final del periodo inter cosecha en campo con cobertura viva (*Tradescantia pendula*). (Vázquez *et al.* 2005).

disímiles factores, contribuyen a reducir frutos en el suelo, estén o no infestados.

Esta situación refuerza la hipótesis referida por Vázquez (2005) de que la etapa antes de la fructificación en la cosecha siguiente, se justifique como óptima para el uso de cualquier método de control de las poblaciones de *H. hampei* en los frutos en el suelo, debido a que hay mayores posibilidades de éxito (menos granos y más concentración de poblaciones de la plaga en los mismos).

Sobre este comportamiento Barrera (1994) refiere que durante todo este período la broca se encuentra dentro de los frutos en lo que se llama diapausa reproductiva, que 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 negros y secos.

En efecto, minuciosas investigaciones indican que la broca es muy sensible a cambios en la humedad del aire (Baker *et al.* 1992, 1994) por lo que estas 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.

Bajo las condiciones de la zona cafetalera del Soco-nusco (Chiapas, Mexico), las lluvias que ocurren en el período inter cosecha, por lo común entre marzo y abril para dicho lugar, rompen la diapausa reproductiva de la broca y ante este estímulo, las brocas post diapáusicas responden emergiendo de los frutos de manera masiva (Barrera 2006), 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 (Baker 1984).

### Enemigos naturales que se relacionan con el manejo del suelo

Precisamente bajo las condiciones de Cuba existen varios enemigos naturales de *H. hampei*, algunos de los cuales tienen una alta relación con el suelo, principalmente la epizootia que causa el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* y diversas especies de hormigas,

algunas de ellas predatoras (Vázquez *et al.* 2006).

Estudios conducidos en Bahía Honda, Artemisa (Vázquez *et al.* 2010b) permitieron comprobar que el campo de sistema tradicional, donde existe sombra de árboles de mayor porte y mixta (*Theobroma cacao*, *Citrus* spp., *Mangifera indica* y otros), los que emplean como sombra temporal el plátano (*Musa* spp.) y sobre el suelo se acumulan hojas y otros órganos de dichos árboles, la epizootia por *B. bassiana* sobre poblaciones de hembras adultas se manifiesta más intensa y desde mediados hasta el final de la cosecha.

En cambio, en los campos donde la sombra es de menor porte y de una sola especie (*G. sepium*), la epizootia es menos intensa, pero cuando se mantiene con arvenses esta se manifestó desde el principio hasta el final de la cosecha, ya que bajo estas condiciones dispone de la humedad que le aporta permanentemente la biomasa de arvenses sobre la superficie del suelo (aproximadamente 0,8 m de altura) y las radiaciones solares que penetran con mayor facilidad a través de la sombra de piñón florido, que es un arbusto de porte medio y baja copa, que contribuye a que en algunas horas del día existan temperaturas algo más elevadas, lo que sugiere que esta combinación pueda favorecer la dispersión del microorganismo en el cafetal, tal y como señaló Pascalet (1939).

Lo anterior sugiere que el manejo del suelo y la sombra del cafetal (intensidad de luz, incidencia de radiaciones solares, humedad relativa, temperatura, etc.) puede ser un elemento que favorezca la epizootia, porque contribuye a un microclima donde el microorganismo desarrolla su ciclo saprofítico y patogénico, así como su dispersión en el campo.

Las evaluaciones realizadas en campos altamente infestados por la broca del café permitieron comprobar que la infección visible (hembras adultas micosadas) se manifiesta a niveles que pueden resultar importantes, pues alcanzan valores de hasta el 40 % de los frutos en que la hembra se encontraba en el canal de perforación (Vázquez *et al.* 2010b).

Actualmente en los cafetales de Cuba se conduce un manejo de esta epizootia, mediante la realización de prácticas que favorezcan la actividad de este hongo entomopatógeno, principalmente la regulación de sombra, el arroje y la siembra de cobertura viva, entre otras, que se combinan con las aplicaciones inoculativas de biopreparados elaborados con cepas locales (Vázquez *et al.* 2008) que fueron aisladas, identificadas y definidas para cada una de las regiones cafetaleras del país (Elosegui *et al.* 2006), lo que está contribuyendo a reducir las necesidades de aplicaciones inundativas de *B. bassiana* y una mejor regulación de las poblaciones.

Igualmente, en estudios realizados en la misma zona (Vázquez *et al.* 2009), se comprobó que en los cafetales habitan cinco especies de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) pertenecientes a la subfamilia Myrmicinae y la



especie más abundante fue *Wasmannia auropunctata* (Tabla 2), conocida por los caficultores como santanilla o santanica.

De forma general en todos los campos evaluados se expresa una mayor diversidad de hormigas en el siguiente orden de preferencia: suelo>tallo>cojinete y el campo tradicional (cacao, piñón florido, café y hojarasca sobre el suelo) presentó la mayor diversidad en los tres niveles estudiados.

En especial en los cafetales de Cuba Castiñeiras (1987) refirió que el resto de las hormigas son desplazadas por *W. auropunctata*, debido a su potente veneno y a la secreción de una feromona de alarma que también tiene efecto repelente sobre otras hormigas, todo lo cual quedó corroborado en el presente estudio por el hecho de que esta especie predominó, excepto en el campo tradicional donde fueron predominantes *T. bicarinatum* y *S. geminata*.

Estos resultados corroboran las informaciones de Rivera y Armbrrecht (2005), quienes hallaron a los géneros *Solenopsis* y *Tetramorium* dentro de los gremios de hormigas abundantes en hojarasca de cafetales, siendo la

diversidad del género *Solenopsis* más abundante en la medida en que el cafetal presentaba mayor sombra asociada y *Tetramorium* más abundante en cafetales muy tecnificados y de baja densidad de sombra.

Los índices de infestación más elevados (> 2,0 %) se presentaron en la mayoría de los campos, excepto en el que predominaban *T. bicarinatum* y *S. geminata*, lo que sugiere que se debe continuar profundizando en las potencialidades de estas dos especies de hormigas como controladores biológicos de esta plaga, ya que el índice estaba por debajo del 0,5 %.

Las potencialidades de las hormigas como predadoras de *H. hampei* se han informado con anterioridad en estudios conducidos por Varón *et al.* (2004) en Costa Rica, bajo condiciones de laboratorio, quienes demostraron el potencial de predación de varias especies de hormigas (*Pheidole radoszkowskii*, *Solenopsis geminata* y *Crematogaster torosa*) sobre varios estadios de esta plaga; igualmente Gallego y Armbrrecht (2005), en Colombia, hallaron actividad depredadora por hormigas de los géneros *Solenopsis* y *Tetramorium* dentro de frutos brocados.

**Tabla 2.** Especies de hormigas y capturas en los campos de café estudiados. UBPC "Luis Carrasco" Empresa Cafetalera Bahía Honda, Artemisa. 2006 (Vázquez *et al.*, 2009).

Especie	Total de individuos capturados	%
<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger)	1 181	80
<i>Solenopsis geminata</i> (Fabricius)	242	16,4
<i>Tetramorium bicarinatum</i> (Nylander)	27	1,8
<i>Monomorium floricola</i> (Jerdon)	18	1,2
<i>Pheidole megacephala</i> (Fabricius)	5	0,3
Totales	1 473	100

**Tabla 3.** Características de los campos de estudio. Bahía Honda, Artemisa<sup>1</sup>.

Cafetal	Sombra principal	Otros árboles	Manejo del suelo
Sombra diversificada	Pinón florido ( <i>Gliricidia sepium</i> )	Plátano ( <i>Musa spp.</i> ) Aguacatero ( <i>Persea americana</i> ) Mamey colorado ( <i>Pouteria sapota</i> ) Guayaba ( <i>Psidium guajava</i> )	Arrope de los restos del deshoje del plátano, de la regulación de la sombra de pinón florido: se ubica entre las hileras hasta que se descompongan y luego se arropa al hilo del café. Se desarrollan arvenses dicotiledóneas, pero de bajo crecimiento.
Cobertura viva	Pinón florido.	Guayaba Aguacatero	Cobertura viva de cucaracha ( <i>Tradescantia pendula</i> ) que cubre la calle y el hilo.
Hojarasca de caducifolia	Pinón florido	Cacaotero ( <i>Theobroma cacao</i> ) Plátano	Hojarasca del cacao y el pinón florido. Arvenses dicotiledóneas de crecimiento bajo. Arrope al hilo del deshoje del plátano, de la regulación de sombra y la chapea.
Herbicida	Pinón florido	Plátano Mandarina ( <i>Citrus reticulata</i> )	Herbicida (Glyphosate): una aplicación al final de la cosecha. Arrope al hilo de los restos del deshoje del plátano y la poda de la sombra de pinón florido.
Chapea de arvenses	Pinón florido	Plátano Aguacatero	Chapea de arvenses al final de la cosecha, a los dos meses y antes de la cosecha. Arrope de los restos de la regulación de sombra de pinón florido y de la chapea.

(1) Marco de plantación: 4 x 4 m. Regulación de sombra: Ramas más grandes anualmente al final de la cosecha y dejar 2-3 varetas nuevas. Evaluaciones: Abril a noviembre de 2007.

Los dos casos anteriormente expuestos, la epizootia por el hongo *B. bassiana* y la predación por hormigas, constituyen ejemplos de reguladores naturales de poblaciones de *H. hampei* en el suelo, aspecto que por supuesto requiere de mayores investigaciones por sus potencialidades en el manejo de esta plaga.

### Influencia del manejo del cafetal sobre las poblaciones que habitan dentro de frutos en el suelo

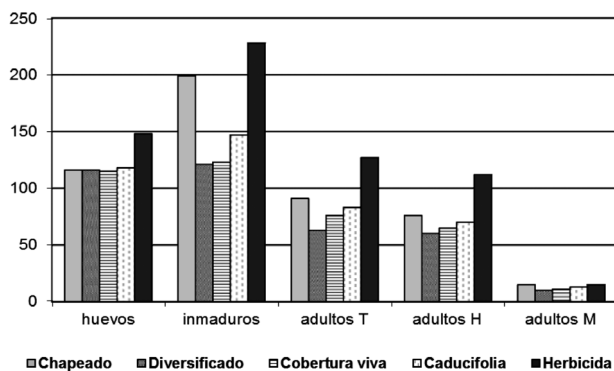
Investigaciones sobre el comportamiento de la infestación por *H. hampei* en cafetales con diferentes características de manejo de la sombra y el suelo en la región occidental de Cuba (Tabla 3), nos han permitido comprobar diferencias en la manifestación de esta plaga en campos donde no se aplican productos de ningún tipo.

Se encontró que la composición de la población de *H. hampei* en los frutos infestados que han quedado en el suelo en la etapa de floración muestra resultados interesantes (Fig. 3), ya que en el campo donde se aplicó herbicida existen las mayores poblaciones de todos los estados de desarrollo del insecto, seguido del campo cuya superficie del suelo se mantiene bajo chapea de arvenses, mostrando las demás un comportamiento bastante similar, aunque en el cafetal de sombra diversificada la población generalmente es menor.

Llama la atención la alta población de inmaduros y huevos en todos los campos, lo cual sugiere que hubo una nueva generación dentro de los propios granos durante este período, que pudo deberse a remanentes de adultos en la planta u otros en el suelo obligados a desplazarse y perforar nuevos frutos debido a factores adversos.

Se ha demostrado que la chapea y la aplicación de herbicidas en los cafetales contribuye a la pérdida de suelo, además de los costos (Guharay *et al.* 2001) y que la recogida de frutos goteados como práctica para reducir las poblaciones de *H. hampei* en el período inter cosecha alcanza efectividades bajas e incrementa los costos (Baker 1999).

En general existen diversos estudios que argumentan la importancia del arroje de los restos de la poda, la regulación de sombra y los deshierbes, como biomasa



**Figura 3.** Comportamiento de la población de brocas en los granos del suelo con distintos tipos de manejo durante la etapa de floración. Bahía Honda, Artemisa. 2007.

para la nutrición y microclima del cafetal, así como para impedir el desarrollo de las arvenses competidoras, contribuyendo al incremento de los rendimientos del cultivo (Caro 1996, Caro *et al.* 1984, Martínez 1991).

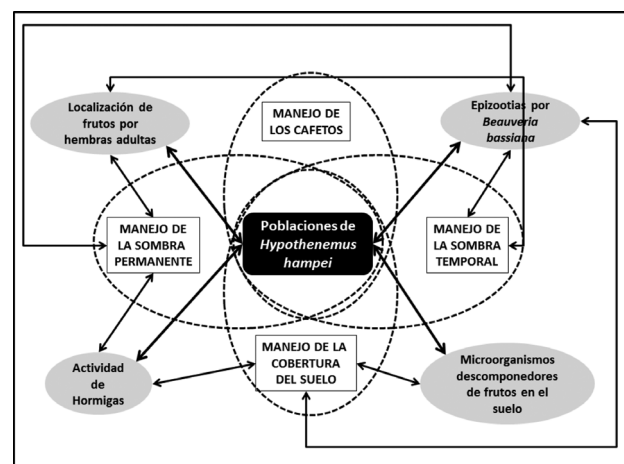
El manejo de coberturas del suelo (vivas y muertas) en los cafetales es considerada una práctica promisoriosa por sus múltiples efectos benéficos, principalmente los siguientes: la reducción de poblaciones arvenses (Martínez 1991), la conservación del suelo en zonas de pendientes, proveer de sitios de alimentación y refugio a los adultos de los parasitoides de las plagas del café (Simón 1989), así como por favorecer el microclima del cafetal, la fertilidad del suelo, la efectividad de los bio-plaguicidas que se aplican (Pohlan 2005, Vázquez 2005).

En particular la descomposición de los frutos caídos se acelera bajo estas condiciones de manejo del suelo, lo que contribuye a reducir las poblaciones de *H. hampei* en el período inter cosecha (Baker *et al.* 1992, Pohlan 2005, Vázquez 2005) debido principalmente a factores biofísicos del cafetal, los efectos de las labores que se realizan con posterioridad a la cosecha y las condiciones climáticas.

De cualquier manera, si consideramos que la biomasa vegetal que cubre el suelo favorece el desarrollo de microorganismos descomponedores (Martínez 1991, Vázquez 2005, Vázquez *et al.* 2005), es de esperarse que bajo la sombra del cafetal y en un régimen de precipitaciones continuo, la pudrición y la germinación del fruto también se aceleren y por tanto sean de mayor cuantía, lo que pudiera estar relacionado con el tipo de microorganismos que se desarrolla mejor en esta diversidad de manejos, aspecto que requiere ser estudiado para buscar un manejo más eficiente del suelo en función de contribuir a la reducción de las poblaciones supervivientes de *H. hampei*.

### Relaciones complejas de *H. hampei* en el cafetal

De acuerdo a los resultados antes expuestos, el manejo del cafetal resulta esencial para reducir poblacio-



**Figura 4.** Principales interacciones de las poblaciones de *Hypothernemus hampei* en el cafetal.

nes de *H. hampei*, ya que como es conocido este insecto se relaciona de manera directa con la tecnología del cultivo, de la sombra y del suelo, procesos que influye sobre el comportamiento de sus poblaciones en capacidad de supervivencia, desplazamiento e infestación de frutos, así como en la actividad de sus reguladores naturales y de los frutos en el suelo, que son los reservorios naturales de esta plaga en el periodo intercosecha (Fig. 4).

Si consideramos lo anteriormente expresado, las intervenciones que se realicen para su control, sean con plaguicidas químicos, controladores biológicos, sistemas de trampas de captura y labores culturales, entre otras, deben adecuarse a las relaciones de *H. hampei* con el cafetal, las que evidentemente son muy estrechas y por tanto difíciles de romper, debido a que es una especie que ha coevolucionado con este cultivo desde su región de origen, a lo que ha contribuido que la tecnología de cultivo no ha variado sustancialmente en los diferentes países de la región.

Por ello es aceptado el planteamiento de que el manejo de cafetales multi estratos los ha convertido en atractivos para la caficultura sostenible, no solo por sus servicios ambientales (Jong 2004), sino por los efectos en la reducción de la ocurrencia de plagas (Guharay *et al.* 2001, López de León 1997).

A esto debemos agregar los resultados recientes de Perfecto *et al.* (2010) quienes evidenciaron que la biodiversidad en los cafetales de sombra contribuye al servicio ecosistémico de control de plaga, por lo que se enfatiza la importancia de mantener los cafetales con sombra para conservar la biodiversidad, demostrando que mediante estudios ecológicos con un componente espacial explícito, pudieron descubrir una red de interacciones complejas, muchas no lineales, de la cual emerge una noción más profunda del "balance de la naturaleza."

El manejo eficiente del suelo del cafetal tiene grandes perspectivas, debido a la importancia que atribuyen los caficultores a estas prácticas, ya que en un estudio de percepción que realizamos en la misma zona, se identificó que existe un alto nivel de conocimiento de las principales prácticas de manejo del suelo (100%) como la aplicación de herbicidas, la chapea, la siembra de cobertura viva, el arrope con los restos de las labores de poda y saneamiento; pero, cuando analizamos lo que ellos hacen en sus fincas, se aprecia que todos chapean y realizan el arrope de los restos de las labores culturales y el 67 % siembran cobertura viva, mientras que menos del 10 % aplican herbicidas.

Precisamente, estudios recientes en cafetales de Cuba informados por Vázquez *et al.* (2010a), demostraron que en la etapa de post cosecha el 78 % de los caficultores realizan chapea de arvenses, el 67 % arropan restos de labores en la hilera de plantas de café (narigón) y el 89 % regula la sombra del cafetal, entre otras prácticas que tienen efectos sobre el suelo, los frutos que han caído al

mismo durante la cosecha y las poblaciones de *H. hampei* que se refugian en los mismos, demostrándose que es posible el manejo de la broca del café mediante prácticas agroecológicas.

## Referencias

- Baker P S. 1984. Some aspects of the behavior of the coffee berry borer in relations to its control in southern Mexico (Coleoptera: Scolytidae). *Folia Entomológica Mexicana* 61:9-24.
- Baker PS. 1999. La Broca del café en Colombia. Informe final del proyecto MIP para el café DFID-CENICAFE-CABI BIOSCIENCE (CNTR 93/1536A). Ed. CABI-DFID.
- Baker PS, Rivas A, Balbuena R, Ley C, Barrera JF. 1994. Abiotic mortality factors of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*). *Entomol. Exp. Appl* 71:201-209.
- Baker PS, Ley C, Balbuena R, Barrera JF. 1992. Factors affecting the emergence of *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) from coffee berries. *Bulletin of Entomological Research* 82 (2): 145-150.
- Barrera JF, García A, Domínguez V, Luna C. 2007. La broca del café en América tropical: Hallazgos y enfoques. *Sociedad Mexicana de Entomología. El Colegio de la Frontera Sur (Chiapas)*.
- Barrera JF. 1994. Dynamique des populations du scolyte des fruits du caféier, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae), et lutte biologique avec le parasitoïde *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethylinidae), au Chiapas, Mexique. Tesis de doctorado de la Universidad Paul-Sabatier, Toulouse, Francia.
- Barrera JF. 2002. La Broca del café: Una plaga que llegó para quedarse. En *Tres plagas del café en Chiapas* (Barrera JF, ed). El Colegio de la Frontera Sur, México, 17-20 pp.
- Barrera JF. 2006. Manejo holístico de plagas: Hacia un nuevo paradigma de la protección fitosanitaria. En *El cafetal del futuro: Realidades y Visiones* (Pohlman J, Soto L, Barrera J, eds). Aachen, Shaker Verlag, Alemania, 63-82 pp.
- Barrera JF, Villacorta A, Herrera J. 2004. Fluctuación estacional de las capturas de "La Broca del café" (*Hypothenemus hampei*) con trampas de etanol-metanol e implicaciones sobre el número de trampas. *Entomología Mexicana* 3: 540-544.
- Barrera JF, Infante F, de la Rosa W, Castillo A, Gómez J. 2000. Control biológico de la broca del café. En *Fundamentos y Perspectivas de Control Biológico* (Badii MH, Flores AE, Galán Wong LJ, eds). México: Universidad Autónoma de Nuevo León, 211- 229 pp.
- Bustillo AE, Cárdenas R, Villalba D, Benavides P, Orozco J, Posada FJ. 1998. Manejo integrado de la broca



- del café, *Hypotheremus hampei* (Ferrari) en Colombia. Chinchiná, Cenicafé.
- Campos O. 2007. 35 años de experiencias sobre la broca del café en Guatemala. En la boca del café en América tropical: hallazgos y enfoques. (Barrera JF, García A, Domínguez V, Luna C, eds). México: Sociedad Mexicana de Entomología y el Colegio de la Frontera Sur, 7-16 pp.
- Caro PM. 1996. Métodos de lucha contra malezas en *Coffea arabica* L. en las provincias orientales y centrales de Cuba. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad Central de Las Villas, Santa Clara. Villa Clara, Cuba.
- Caro PM, Huepp G, Muiña M, Izquierdo J. 1984. Lucha contra malezas en cafetales con más de dos años de edad mediante el uso combinado de herbicidas, cobertura viva y arroje de origen vegetal. Cienc. Tec. Agric. Café y Cacao 6: 37-48.
- Castiñeiras A, Monteagudo S, González M. 1987. Observaciones sobre *Wasmania auropunctata* (Hymenoptera: Formicidae) en cultivos de café y cítricos en Cuba. Rev. Protección Vegetal (la Habana) 2: 234-238.
- Contreras T, Camilo JE. 2007. Situación de la broca del café en República Dominicana. En La Boca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques (Barrera JF, García A, Domínguez V, Luna C, eds). México: Sociedad Mexicana de Entomología. El Colegio de la Frontera Sur (Chiapas), 43-56 pp.
- Contreras T, Guzmán RE. 2003. Evaluación de la captura de la broca (*Hypotheremus hampei*) en el curso del año, Bonaó. En Café, resultados de investigación. IDIAF. CODOCAFE. República Dominicana, 41-46 pp.
- Dufour B, Barrera JF, Decazy B. 1999. La broca de los frutos del café: ¿la lucha biológica como solución? En: Desafíos de la caficultura en Centroamérica (Bertrand B, Rapidel B, eds). San José, Costa Rica. CIRAD, IICA, 293-325 pp.
- Elosegui O, Jiménez J, Carr A. 2006. Aislamiento, identificación y caracterización morfológica de aislados nativos de hongos mitospóricos con potencialidad para el control de especies de insectos plaga. Fitosanidad 10 (4): 265-272.
- Gallego MC, Armbrrecht I. 2005. Depredación por hormigas sobre la broca del café *Hypotheremus hampei* (Curculionidae: Scolytinae) en cafetales cultivados bajo dos niveles de sombra en Colombia. Manejo integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) 76: 32-40.
- Guharay F, Monterroso D, Staver C. 2001. El diseño y manejo de la sombra para la supresión de plagas en cafetales de América Central. Agroforestería de las Américas 8 (9): 22-29.
- Jaramillo J, Borgemeister C, Baker P. 2006. Coffee berry borer *Hypotheremus hampei* (Coleoptera: Curculionidae): searching for sustainable control strategies. Bulletin of Entomological Research. 96: 1-12.
- Jarquín R, Barrera JF, Guharay F, Jiménez L, García L, Figueroa M, Montes R. 2002. Manejo Integrado de la Broca del Café bajo dos modelos de transferencia de tecnología. En Tres plagas del café en Chiapas (Barrera JF, ed). El Colegio de la Frontera Sur, México, 21-31 pp.
- Jong de B. 2004. Café y servicios ambientales. En I Congreso internacional sobre desarrollo de zonas cafetaleras. Memorias. Tapachula, Chiapas, México 9 p.
- López de León EE. 1997. La sostenibilidad en el café, un enfoque tecnológico amigable con el medio ambiente. En: XVIII Simposio Latinoamericano de Caficultura. Memorias. San José, Costa Rica, 67-83 pp.
- Martínez JT. 1991. Efecto del control y manejo de las malezas sobre el comportamiento de la cenosis y *Coffea arabica* L. bajo dos niveles de iluminación. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de Bayamo, Granma, Cuba.
- Nicholls CI. 2010. Contribuciones agroecológicas para renovar las fundaciones del manejo de plagas. Agroecología. 5: 7-22.
- Pascalet P. 1939. La lutte biologique contre *Stephanoderes hampei* ou scolyte de cafeier au Cameroun. Review de Botanique Applique et de Agriculture. Tropical. 49 (219): 753-764.
- Pérez H. 2007. Manejo de la broca del café en la República de Panamá. En: La Boca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques (Barrera JF, García A, Domínguez V, Luna C, eds). México: Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur, 33-36 pp.
- Perfecto I, Vandermeer J, Philpott M. 2010. Complejidad ecológica y el control de plagas en un cafetal orgánico: develando un servicio ecosistémico autónomo. Agroecología 5: 41-51.
- Pohlman HA. J. 2005. Manejo de la cenosis en cafetales y sus impactos sobre insectos, con especial énfasis en la broca del café. En Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México (Barrera JF, ed). Mexico: Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur Tapachula Chiapas, 22-30 pp.
- Posada FJ, Bustillo AE, Jiménez M. 2003. Seguimiento y captura de poblaciones de la broca del café con trampas en cafetales. Cenicafé, Brocarta (Colombia) 35.
- Ramírez M, González M, Bello A, Romero S. 2007. Campaña nacional contra la broca del café en México:

- operación y perspectivas. En: La Boca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques (Barrera JF, García A, Domínguez V, Luna C, eds). Mexico: Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur, 73-81 pp.
- Rivera L, Armbrecht I. 2005. Diversidad de tres gremios de hormigas en cafetales de sombra, de sol y bosques de Risaralda. *Revista Colombiana de Entomología* 31(1): 89-96.
- Rojas M. 2007. Acciones y estrategias ante la broca del café en Costa Rica. En: La Boca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques (Barrera JF, García A, Domínguez V, Luna C, eds). México: Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur, 17-23 pp.
- Simón F. 1989. Programa de defensa integral contra el minador de la hoja del cafeto. Hoja Informativa (4). Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Ciudad de La Habana, Cuba.
- Varón E, Hanson P, Borbón O, Carballo M, Hilje L. 2004. Potencial de hormigas como depredadoras de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en Costa Rica. *Manejo integrado de Plagas y Agroecología* 73: 42-50.
- Vázquez LL. 2005. Experiencia cubana en el manejo agroecológico de plagas en cafeto y avances en la broca del café. En: Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. México: Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur, Tapachula, Chiapas, 46-57 pp.
- Vázquez LL, Blanco E, Elósegui O, Matienzo Y, Alfonso J. 2006. Observaciones sobre enemigos naturales de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari) en Cuba. *Fitosanidad* 10(4): 307-308.
- Vázquez LL, Elósegui O, Alfonso J, Álvarez A. 2008. Regulación natural de la broca del café. *Agricultura orgánica* 14(3): 32-34.
- Vázquez LL, Matienzo Y, Alfonso J, Moreno D, Álvarez A. 2009. Diversidad de especies de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en cafetales afectados por *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Fitosanidad* 13(3): 163-168.
- Vázquez LL. 2004. El manejo agroecológico de la finca. Una estrategia para la prevención y disminución de afectaciones por plagas agrarias. Ciudad de la Habana: Ed. ACTAF-ENTRE PUEBLOS-INISAV.
- Vázquez LL, Murguido C, Navarro A, García M. 2010a. Resultados de un proceso de capacitación e innovación participativas para la adopción del manejo agroecológico de la broca del café en Cuba. *Agroecología* 5: 53-62.
- Vázquez LL, Elósegui O, Leyva L, Polanco A, Becerra M, Monzón S, Rodríguez A, Tamayo E, Toledo C, Navarro A, García M. 2010b. Ocurrencia de epizootias causadas por *Beauveria bassiana* (bals.) Vuill. en poblaciones de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari) en las zonas cafetaleras de Cuba. *Fitosanidad* 14(2): 111-116.
- Vázquez LL, García R, Peña E. 2005. Observaciones sobre la ocurrencia de broca del café (*Hypothenemus hampei*) en los frutos que caen al suelo. *Fitosanidad* 9(2): 47-48.