

BROCA DEL CAFÉ

Hypothenemus hampei (Ferrari)

Coleoptera: Scolytidae

Ficha técnica No. 73



Con la colaboración del Dr. Juan Francisco Barrera Gaytán de
El Colegio de la Frontera Sur.



Créditos fotográficos: NBAIR, 2013; Rapsodia Digital, 2016; Diario La
Tribuna, 2017.; Diario Martinense, 2018; CESVVER, 2018.



ISBN: 978-607-715-140-1

Mayo, 2018.

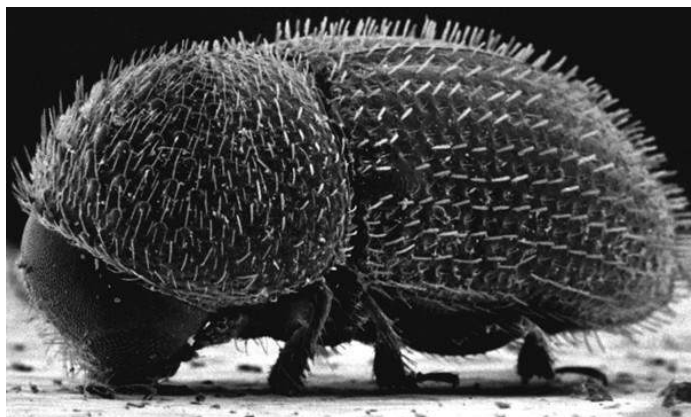
CONTENIDO

IDENTIDAD.....	1
Nombre científico.....	1
Sinonimias.....	1
Clasificación taxonómica.....	1
Nombres comunes.....	1
Código EPPO:.....	1
Estatus fitosanitario.....	1
Situación de la plaga en México.....	1
IMPORTANCIA DE LA PLAGA.....	1
Impacto económico en el mundo.....	1
Impacto económico en México.....	1
DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA PLAGA.....	2
Distribución nacional de hospedantes.....	2
HOSPEDANTES.....	2
ASPECTOS BIOLÓGICOS.....	13
Ciclo biológico.....	13
Descripción morfológica.....	13
Signos y daños.....	14
DISPERSIÓN.....	16
Biología y ecología.....	16
Enemigos naturales.....	26
MEDIDAS FITOSANITARIAS.....	35
Control legal.....	35
Control cultural.....	37
Control biológico.....	38
Control etológico o trampeo.....	46
Control químico.....	48
CONCLUSIÓN.....	49
BIBLIOGRAFÍA.....	50

IDENTIDAD

Nombre científico

Hypothenemus hampei (Ferrari, 1867)



(CAB Internacional, 2018)

Sinonimias

Cryphalus hampei Ferrari
Stephanoderes coffeae Hagedorn
Stephanoderes hampei (Ferrari)
Xyleborus coffeicola Campos Novães
Xyleborus coffeivorus van de Weele
(EPPO, 2017).

Clasificación taxonómica

Clase: Insecta
Orden: Coleoptera
Familia: Scolytidae
Género: *Hypothenemus*
Especie: *Hypothenemus hampei*

(EPPO, 2017).

Nombres comunes

Nombre común	
Español	Broca del café. Broca del café Brasil. Broca del fruto del cafeto. Taladro de las cerezas del cafeto.
Inglés	Coffee berry borer. Coffee seed borer.
Francés	Scolyte des grains de café. Scolyte du grain de café.
Portugués	Broca do café.

Fuente: CAB International, 2018.

Código EPPO:

STEHHA

Estatus fitosanitario

Actualmente la plaga se encuentra en todos los estados de la República Mexicana con presencia de cultivo de café (Cuadro 1).

Situación de la plaga en México

Con base en la Norma Internacional Para Medidas Fitosanitarias NIMF #6 Directrices para la vigilancia, se establece la vigilancia de esta plaga con el fin de recolectar y registrar la información, para estar en posición de validar las declaraciones de ausencia o distribución limitada de la plaga.

IMPORTANCIA DE LA PLAGA

Impacto económico en el mundo

La broca del café es considerada como el insecto más dañino del café a nivel mundial (Le Pelley, 1973; Waterhouse y Norris, 1989; Damon, 2000; Jaramillo *et al.*, 2006). Es una plaga directa pues perjudica el producto que se desea cosechar, es decir, el grano, disminuyendo el rendimiento y mermando su calidad. Se ha estimado que la broca causa pérdidas por US \$500 millones al año en el mundo (Jaramillo *et al.*, 2010). El rendimiento es afectado de varias formas: i) Por la pudrición de los granos perforados en formación que provocan microorganismos saprofitos; ii) Por la caída de frutos jóvenes perforados; y iii) Por la pérdida de peso que sufre el grano consumido por el insecto. Además, la broca puede contaminar al grano con hongos que producen ocratoxinas como *Aspergillus ochraceus* Wilh. (Vega y Mercadier, 1998; Gama *et al.*, 2006).

Las estimaciones más antiguas de pérdidas ocasionadas por la broca se basaron principalmente en el porcentaje de frutos perforados y granos dañados (Reid y Mansingh, 1985). Por ello, no es raro encontrar en la literatura pérdidas de hasta 80% (i.e. Le Pelley, 1973). Como se podrá apreciar a continuación, lo más probable es que dichas pérdidas hayan sido sobreestimadas, ya que algunos estudios han demostrado que la pérdida de rendimiento es proporcional al porcentaje de frutos perforados y que la calidad del café disminuye proporcionalmente con el porcentaje de granos perforados, es decir, que a mayor infestación corresponden porcentajes más altos de defectos o mancha en el grano (de Toledo, 1947; Ochoa-Milian *et al.*, 1989).

Impacto económico en México

El primer reporte de la presencia de la broca del café en Mesoamérica fue para una finca de Chicacao, Suchitepéquez, Guatemala en 1971 (Hernández y Sánchez, 1972). A partir de este punto de la geografía guatemalteca, la plaga se distribuyó hacia otros países del istmo centroamericano y territorio mexicano. En 1978, la broca invadió México a través del Soconusco, Chiapas. Villaseñor Luque (1987) señaló que el insecto fue detectado en agosto de 1987 en una cereza recolectada en un beneficio de café húmedo colindante con el ejido Mixcum, y a principios de octubre, se le descubrió en cafetales del ejido 2 de Mayo y en el predio El Recinto, municipio de Cacahoatán, Chiapas. A través de huellas dactilares genéticas con la técnica AFLP (Polimorfismo de Longitud de Fragmentos Amplificados), se encontró que la broca de México (Chiapas) estuvo genéticamente relacionada a la broca de Brasil, y ésta a su vez lo estuvo con la broca de Camerún (África del Oeste) (Benavides *et al.*, 2005); este hallazgo sugiere que la broca que invadió a Guatemala, y posteriormente a México, provino de Brasil. En los primeros años la plaga se dispersó con rapidez por el Soconusco, no obstante las acciones de control emprendidas por el gobierno a través del Instituto Mexicano del Café empleando aplicaciones del insecticida endosulfán. Un análisis realizado por Baker *et al.* (1989) mostró que *H. hampei* se dispersó siguiendo un incremento lineal en el número de hectáreas invadidas entre 1978 y 1985, patrón similar al observado años antes en Guatemala.

Las pérdidas ocasionadas por la broca fueron registradas por primera vez, según el

INMECAFÉ, en el ciclo de cultivo 1981-1982; (INMECAFÉ, 1983), esta institución reportó niveles de infestación de 10 a 15% con pérdidas de 5.87 kg por cada quintal de café pergamino, estimando una reducción de 10.2% en el rendimiento por efecto de esta plaga (Barrera y Enkerlin, 1983). Más tarde, Ortiz-Persichino (1991) estimó que las pérdidas causadas directamente por la broca al café del Soconusco representaron US \$1.5 millones aproximadamente, solo en la cosecha 1990-1991. Antes de la desaparición del INMECAFÉ, la cual se llevó a cabo en 1992, se informó que entre 1979 y 1991 se habían asperjado contra la broca 135,379 L de endosulfán (Thiodan 35% CE) en 121,031 ha, la mayoría (93.4%) ubicadas en el Soconusco (INMECAFÉ, 1991). Con la desaparición del INMECAFÉ y la mayoría de sus programas gubernamentales operativos, la broca se expandió rápidamente a otros estados cafetaleros (Cuadro 1).

Para 2006, la broca se encontraba reportada en 13 entidades federativas (Chiapas, Colima, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tabasco y Veracruz), afectando a 384,502 has (Ramírez del Ángel *et al.*, 2007), es decir, 56.2% del total del área cafetalera, con un promedio de 13.7% de infestación. No se dio seguimiento preciso en el Estado de México, pero se tiene reportes de presencia en el año 2017 por el Programa de Vigilancia Epidemiológica de SENASICA.

Las pérdidas monetarias en el territorio nacional para ese nivel de infestación fueron estimadas en 157.6 millones de pesos (Ramírez del Ángel *et al.* 2007). Actualmente, hay presencia de la plaga en 700, 011 hectáreas con las consecuentes

pérdidas sin cuantificación (Cuadro 2) (Figura 3).

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA PLAGA

H. hampei actualmente se encuentra en todas las áreas productoras de café del mundo excepto Papúa Nueva Guinea. Se ha detectado en 66 países: en Asia, África, América y Oceanía, en 12, 29, 20 y 5, respectivamente (Figura 2) (Cuadro 3) (CAB International, 2018).

Distribución nacional de hospedantes

Con base en los anuarios estadísticos de la producción agrícola de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (Figura 3) (Cuadro 1) (SIAP, 2018, con datos del ciclo agrícola 2016), los estados de México en los que se encuentran presente el cultivo de café son 14: Chiapas, Colima, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tabasco y Veracruz. De los cuales todos se encuentran afectados por la *H. hampei*.

HOSPEDANTES

Los principales hospedantes son plantas de género *Coffea* y en especial café arábica (Figura 1) y robusta, así como varias especies de diversas familias botánicas.

La broca se desarrolla y reproduce principalmente en las semillas o granos de varias especies de plantas hospederas del género *Coffea* (Rubiaceae) como *C. arabica* L. y *C. canephora* Pierre ex Froehner, las dos especies de mayor importancia económica en el mundo. De acuerdo con la literatura,

existen alrededor de 50 plantas hospedantes para la broca del café, entre hospedantes primarias (indispensables para la alimentación y la reproducción) y hospedantes alternas (usadas como alimento o escondrijo temporal), pertenecientes a 14 familias botánicas (Cuadro 3). Sin embargo, con excepción de pocos casos, los reportes son ambiguos, anecdóticos o el insecto fue identificado incorrectamente. Varios autores coinciden en señalar la necesidad de reconfirmar muchos de estos reportes.

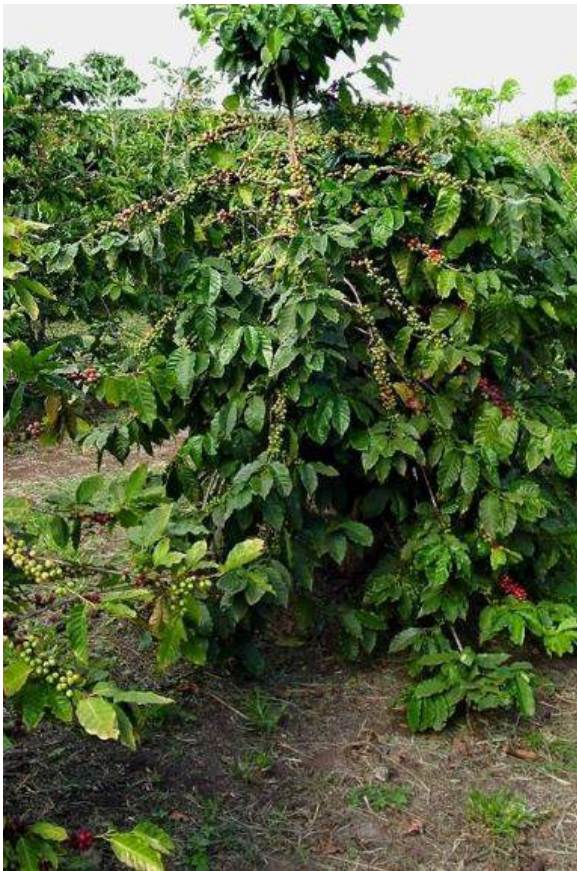


Figura 1. Planta de *Coffea arabica* en producción, hospedante principal. PMM, 2012.

Cuadro 1. Diseminación de la broca del café en México.

Estado	Año de primer reporte	Fuente
Chiapas	1978	Ramírez y Reyes (2000)
Oaxaca	1989	Ramírez y Reyes (2000)
Veracruz	1991	Velasco <i>et al.</i> (1999)
Puebla	1991	Ramírez y Reyes (2000)
Guerrero	1991	Infante <i>et al.</i> (1994)
Hidalgo	1995	Ramírez y Reyes (2000)
Nayarit	1998	Ramírez y Reyes (2000)
San Luis Potosí	2000	Ramírez y Reyes (2000)
Querétaro	2002	Ramírez Del Ángel <i>et al.</i> (2007)
Tabasco	2004	Ramírez Del Ángel <i>et al.</i> (2007)
Jalisco	2005	Ing. Aureliano Canal Contreras (Com. pers., 2011) ¹
Colima	2006	Ing. Celerino Rodríguez Arreola (Com. pers., 2011) ²
Morelos	2006	Burgos-Solorio <i>et al.</i> (2008)
Estado de México	2017	PVEF, 2017

¹ Coordinador Estatal de la campaña contra la Broca del Café, Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Jalisco A.C.

² Coordinador Estatal del comité Estatal de Sanidad Vegetal en el Estado Colima.

Cuadro 2. Países con reportes de presencia de *Hypothenemus hampei*.

Continentes	Zonas con reportes de la broca del café
Asia	Arabia Saudí, Brunei Darussalam, Camboya, Filipinas, India, Indonesia, Laos, Malasia, Sri Lanka, Tailandia, Taiwán, y Vietnam (12).
África	Angola, Benín, Burundi, Camerún, Chad, Congo, República Democrática del Congo, Costa de Marfil, Guinea, Guinea Ecuatorial, Etiopía, Gabón, Ghana, Guinea, Islas Canarias (España), Kenia, Liberia, Malawi, Mozambique, Nigeria, República Centroafricana, Ruanda, San Tomé y Príncipe, Sudán, Tanzania, Togo, Uganda y Zimbabue (29).
América	Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Estado Unidos, Guatemala, Haití, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Puerto Rico, Perú, República Dominicana, Surinam y Venezuela (20)
Oceanía	Estados Federados de Micronesia, Fiyi, Islas Marianas del Norte, Polinesia Francesa y Nueva Caledonia (5)

Fuente: CAB International, 2018.

Cuadro 3. Plantas hospedantes de *Hypothenemus hampei*.

Familia	Nombre	País	Hospedante primario	Hospedante alternativo	Referencia
Capparidaceae	<i>Cleome rutidosperma</i> DC	Filipinas		19.90 días de alimentación	Morallo-Rejesus y Baldos, (1980)
Convolvulaceae	<i>Operculina turpethum</i> (L.)	Filipinas		11.25 días de alimentación	Morallo-Rejesus y Baldos, (1980)
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea luzonensis</i> Schauer	Filipinas	Sí		Morallo-Rejesus & Baldos, (1980)
Euphorbiaceae	<i>Ricinus</i> sp.			Sí	Johannesson y Manshing, (1984); Quezada y Urbina
Fabaceae	<i>Abrus precatorius</i> L.	Filipinas		13.60 días de alimentación	Morallo-Rejesus y Baldos, (1980)
Fabaceae	<i>Acacia ingrata</i> Benth	Filipinas		9.23 días de alimentación	Morallo-Rejesus y Baldos, (1980)
Fabaceae	<i>Acacia decurrens</i> Willd.				Johannesson y Manshing, (1984)
Fabaceae	<i>Arachis hypogaea</i> L.				Urbina, 1987

Cuadro 3. Continuación.

Familia	Nombre	País	Hospedante primario	Hospedante alternativo	Referencias
Fabaceae	<i>Caesalpinia</i> sp.			Sí	Johanneson y Manshing, (1984)
Fabaceae	<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.)	Filipinas		13.10 días de alimentación	Morallo-Rejesus y Baldos (1980)
Fabaceae. (gandul)	<i>Cajanus cajan</i> (L.) Millsp		Sí		Campos (1991)
Fabaceae	<i>Calapogonium mucunoides</i> Desv.	Filipinas		14.33 días de alimentación en laboratorio	Morallo-Rejesus y Baldos (1980)
Fabaceae	<i>Cassia occidentales</i> L.	Filipinas		14.83 días de alimentación	Morallo-Rejesus y Baldos, (1980)
Fabaceae	<i>Centrosema plumieri</i> (Pers.) Benth.			Sí	Waterhouse y Norris, (1989)
Fabaceae	<i>Centrosema pubescens</i> Benth.	Filipinas		11.75 días de alimentación en laboratorio	Morallo-Rejesus y Baldos (1980)
Fabaceae	<i>Crotalaria juncea</i> L.	Filipinas		12.83 días de alimentación	Morallo-Rejesus y Baldos (1980)
Fabaceae	<i>Dialium</i> sp.		Sí		Le Pelley, (1973)

Cuadro 3. Continuación.

Familia	Nombre	País	Hospedante primario	Hospedante alternativo	Referencias
Fabaceae	<i>Dialium englerianum</i> Henriq. (= <i>D. lacourtiana</i> o <i>D. lacourtianum</i> De Wild ex. Vermoesen)		Sí		Le Pelley, (1973); Johanneson y Manshing, (1984)
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.)	Filipinas	Sí		Morallo-Rejesus y Baldos, (1980)
Fabaceae	<i>Leaucaena leucocephala</i> (Lam.) De Wit.	Filipinas	Sí		Morallo-Rejesus y Baldos, 1980 (Fabaceae)
Fabaceae	<i>Leaucaena glauca</i> De Wit			Sí	Johanneson y Manshing, (1984) Fabaceae
Fabaceae	<i>Mimosa pudica</i> L.	Filipinas		4.10 días de alimentación	Morallo-Rejesus y Baldos, 1980
Fabaceae	<i>Pisum sativum</i> L. (arveja)				Quezada y Urbina, (1987)
Fabaceae	<i>Phaseolus lunatus</i> L. (habilla)	Uganda		Se hallaron otras cuatro especies de <i>Stephanoderes</i> (= <i>Hypothenemus</i>) habitando la semilla al mismo tiempo	Hargreaves, (1935)

Cuadro 3. Continuación

Familia	Nombre	País	Hospedante primario	Hospedante alternativo	Referencia
Fabaceae	<i>Dialium englerianum</i> Henriq. (= <i>D. lacourtiana</i> o <i>D. lacourtianum</i> De Wild ex. Vermeesen)		Sí		Le Pelley, (1973); Johanneson y Manshing (1984)
		Nigeria		Sí	Le Pelley, (1973)
		Filipinas		Sí	Morallo-Rejesus y Baldos, 1980
Fabaceae.	<i>Pueraria phaseoloides</i> (Roxb.) Benth	Filipinas		10.00 días de alimentación en laboratorio	Morallo-Rejesus y Baldos, (1980)
Fabaceae.	<i>Tephrosia candida</i> DC			Sí	Waterhouse Norris, (1989)
Malvaceae	<i>Hibiscus</i> sp.			En las semillas	Leefmans (1923)
Malvaceae.	<i>Gossypium</i> sp.				Johanneson y Manshing, 1984
Malvaceae	<i>Gossypium hirsutum</i> L.				Urbina (1987)
Passifloraceae	<i>Passiflora foetida</i> L.	Filipinas		13.10 días de alimentación	Morallo-Rejesus y Baldos, (1980)

Cuadro 3. Continuación.

Familia	Nombre	País	Hospedante primario	Hospedante alternativo	Referencias
Poaceae	<i>Zea</i> sp.				Johanneson y Manshing, (1984)
Poaceae	<i>Zea mays</i> L.			Sí	Urbina (1987)
Rosaceae	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thumb.) Lindl.	Nueva Caledonia		Frutos muy infestados	Cohic (1958)
Rosaceae	<i>Rubus</i> sp.			En las semillas	Leefmans, (1923)
Rosaceae	<i>Rubus rosaeflorus</i> Roxb.	Filipinas		11.60 días de alimentación	Morallo-Rejesus y Baldos (1980)
Oleaceae	<i>Ligustrum pubinerve</i> Blume			Perforaciones en los frutos,	Leefmans, (1923)
Rubiaceae.	<i>Coffea arabica</i> L.	Varios	Sí		Le Pelley, (1973)
Rubiaceae	<i>Coffea canephora</i> Pierre ex Fröhner	Varios	Sí		Le Pelley (1973)
Rubiaceae	<i>Coffea dewevrei</i> De Wild y Durand	Varios	Sí		Le Pelley (1973)
Rubiaceae	<i>Coffea dybowski</i>	Varios	Sí		Le Pelley (1973)
Rubiaceae	<i>Coffea excelsa</i> L.	Varios	Sí		Le Pelley (1973)

Cuadro 3. Continuación.

Familia	Nombre	País	Hospedante primario	Hospedante alternativo	Referencia
Rubiaceae	<i>Coffea liberica</i> W. Bull ex Hiern	Varios	Sí		Le Pelley (1973)
Rubiaceae	<i>Ixora</i> sp	Filipinas		10.70 días de alimentación	Morallo-Rejesus y Baldos, (1980)
Rubiaceae	<i>Psychotria luconiensis</i> (Cham. y Schitdl.)	Filipinas	Sí		Morallo-Rejesus y Baldos, (1980)
Rubiaceae	<i>Oxyanthus</i> sp.	Uganda		Probablemente sea <i>H. hampei</i>	Hargreaves, (1935)
Rubiaceae"	" <i>Schumanniana coffee</i> (probablemente <i>Pavetta schumanniana</i> F.Hoffm. ex K. Schum.)			Perforaciones en los frutos	Leefmans, (1923)
Solanaceae	<i>Solanum biflorum</i> Lour.			11.61 días de alimentación en	Morallo-Rejesus y Baldos, (1980)
Solanaceae	<i>Solanum ferox</i> L.			6.00 días de alimentación	Morallo-Rejesus y Baldos, 1980
Solanaceae	<i>Solanum seafortianum</i>			7.00 días de alimentación	Morallo-Rejesus y Baldos, (1980)
Sterculiaceae	<i>Cola</i> sp.				Friederichs (1922)
Vitaceae	<i>Vitis lanceolaria</i> (Roxb.) Wall. (vid)	Java		Perforaciones en los frutos	Leefmans (1923)

Distribución geográfica de la broca del café *Hypothenemus hampei*

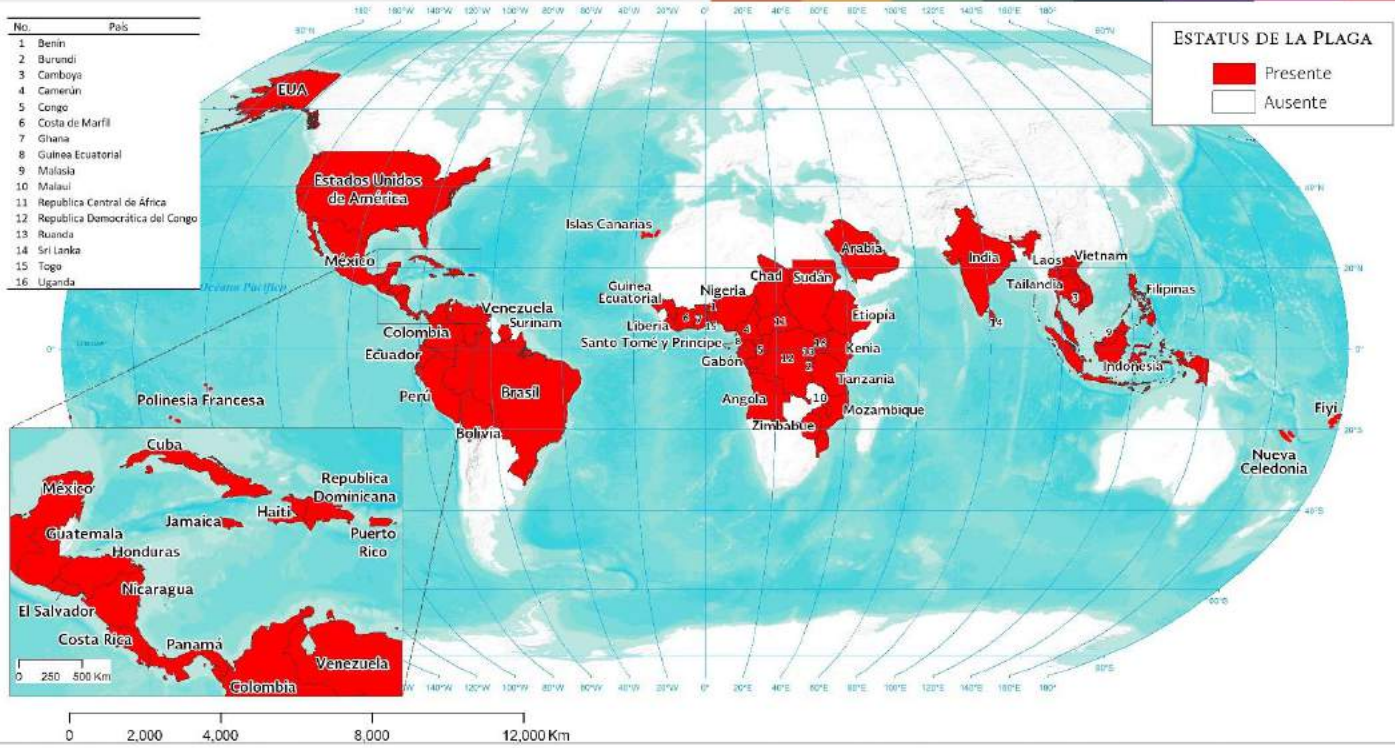


Figura 2. Distribución geográfica de *Hypothenemus hampei* a nivel mundial CAB Internacional (2018).

ESTATUS DE LA BROCA DEL CAFÉ EN MÉXICO *Hypothenemus hampei*



DGSV - CNRI - PVEI. DERECHOS RESERVADOS © 2018.
Fecha de elaboración: mayo, 2018.

NO ESTÁ PERMITIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTA PUBLICACIÓN, NI LA TRANSMISIÓN EN NINGUNA FORMA O POR CUALQUIER MEDIO, YA SEA ELECTRÓNICO, MECÁNICO, FOTOCOPIA, POR REGISTRO U OTROS SISTEMAS, SIN EL PERMISO PREVIO Y POR ESCRITO DEL SENASICA.

Figura 3. Distribución geográfica de la broca del café *Hypothenemus hampei* en el cultivo de café México.

ASPECTOS BIOLÓGICOS

Ciclo biológico.

La broca es un insecto de metamorfosis completa (huevo-larva-pupa-adulto). El huevo tarda en incubación seis días, la larva 17 días incluyendo el periodo de prepupa que no se alimenta. La pupa tarda seis días por lo que el ciclo completo de huevo a adulto tarda 29 días aproximadamente. (Figura 4).

Descripción morfológica

Las características morfológicas de cada estado de desarrollo son las siguientes (Figura 4):

Huevo. Es elíptico, cristalino y hacia la madurez de tono amarillento; su longitud varía de 0.52 a 0.69 mm.

Larva. No tiene patas, es de coloración blanco-amarillo, con el cuerpo en forma de “C” y la parte torácica más ancha. La cabeza es de color café claro con las mandíbulas visibles y extendidas hacia adelante. Al microscopio se observan pelos esparcidos sobre la cabeza y cuerpo. Las larvas de las hembras mudan dos veces y los machos una vez. La última fase larvaria mide de 1.88 a 2.30 mm.

Pupa. Es de color blanco-lechoso y amarillento hacia la madurez. En ella se observan muchas de las características del adulto. Su tamaño varía de 1.84 a 2.00 mm.

Adulto. Presenta el cuerpo alargado, cilíndrico y ligeramente arqueado hacia la región ventral con una longitud de 1.50 a 1.78 mm; de color negro brillante, aunque

amarillento al emerger de la pupa. La cabeza se sitúa ventralmente y es protegida por el pronoto. Las antenas son acodadas y terminan con forma de un mazo. El aparato bucal es masticador y los élitros son convexos y presentan estrías longitudinales alternadas con series longitudinales de cerdas. Las hembras poseen alas bien desarrolladas que le permite volar con habilidad, mientras que las alas de los machos están atrofiadas. Las hembras se diferencian fácilmente de los machos porque ellas son más grandes (Figura 5).



Figura 4. Ciclo biológico de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Uniprot, 2018).



Figura 5. Adulto hembra (izquierda) y macho (derecha) de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Foto: J.F. Barrera).

Signos y daños

Los frutos verdes, maduros y secos atacados por la broca presentan generalmente un agujero en su parte apical (Figura 6); en el caso del café, el agujero coincide con el centro o anillo del ostiolo del fruto.

A través del agujero se puede observar la emisión de un aserrín o polvo oscuro, el cual es más notorio en café robusta; entre más numerosa es la población de la broca en un fruto, más oscuro es este polvillo. El corte de un fruto perforado puede mostrar uno o ambos granos dañados (Figura 7).

Por ejemplo, en un estudio realizado en Guatemala se estimó que con 100% de infestación ocurre una reducción del rendimiento (pergamino de primera + pergamino de segunda + natas) de 22 y 34% para la zona baja (457 m de altitud) y la zona media (762 m de altitud), respectivamente (Ochoa-Milian *et al.*, 1989). En este estudio, las ecuaciones que describieron la relación

entre el porcentaje de infestación (x) y el porcentaje de pérdida (y) en cada altitud fueron y zona baja = $0.22x$ ($r=0.95$) y y zona media = $0.34x$ ($r=0.98$) (Figura 7). En comparación con el estudio realizado en Guatemala, otros estudios sobreestimaron las pérdidas aparentemente porque no consideraron el valor monetario residual del pergamino de segunda y las natas, por ejemplo Soto y Soto (1996) en México ($y=0.4281x$, $r=0.9418$) y D. Monterroso en Guatemala. ($y=0.5126x$, $r=0.9683$; Quezada y Urbina, 1987). Aún así, sus estimaciones indican que ni con 100% de frutos infestados se alcanzaron pérdidas en la cosecha superiores a 50%.

No obstante, bajo condiciones normales de cosecha, los modelos generados a través de estos estudios permiten hacer estimaciones más precisas de las pérdidas ocasionadas por la broca, particularmente, el estudio realizado en Guatemala que consideró las pérdidas ocasionadas en café pergamino de primera, de segunda y natas.



Figura 6. Fruto de café (*Coffea arabica*) perforado por la *Hypothenemus hampei* (Foto: J.F. Barrera).



Figura 7. Corte transversal de un fruto de café mostrando el daño de *Hypothenemus hampei* (Foto: J.F. Barrera).

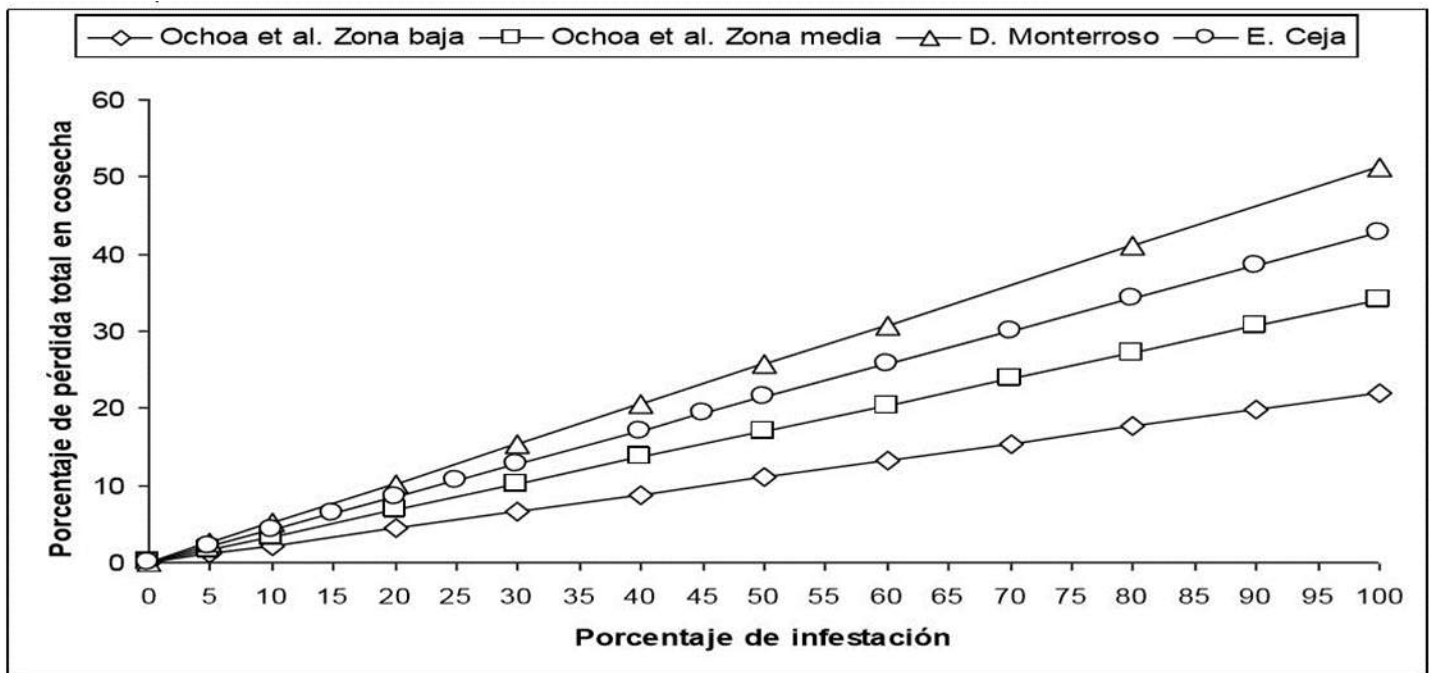


Figura 8. Relación entre el porcentaje de frutos perforados (x) por la broca del café y el porcentaje de pérdida total (y) en la cosecha. Figura elaborada con datos de Ochoa *et al.* (1987) para zona baja (457 m de altitud, *C. arabica* var. Caturra) y zona media (762 m de altitud, *C. arabica* var. Bourbon) de Guatemala; las ecuaciones que describen estas relaciones son: $y_{\text{zona baja}} = 0.22x$ ($r=0.95$) y $y_{\text{zona media}} = 0.34x$ ($r=0.98$). Los datos de D. Monterroso fueron obtenidos en Guatemala ($y=0.5126x$, $r=0.9683$; Quezada y Urbina, 1987) y los de Soto y Soto (1996) en México ($y=0.4281x$, $r=0.9418$).

DISPERSIÓN

Biología y ecología

La broca del café posee una extraña y compleja biología. Con excepción del breve periodo de vuelo que emplea para dispersarse y buscar al hospedante, la broca pasa el resto de su vida guarecida en un fruto de café; en éste, encuentra el alimento necesario para sobrevivir y procrear, así como un refugio ideal para resistir las condiciones adversas del clima, escapar a sus enemigos naturales y a las aplicaciones de insecticidas (Barrera, 1994). Algunos datos cuantitativos sobre la biología de *H. hampei* procedentes de la literatura se presentan en el Cuadro 4.

Los hábitos crípticos del insecto han favorecido la endogamia en un sistema de reproducción donde predominan las hembras, al cual se le conoce como spanandria (Kirkendall, 1983, 1993). Este sistema propio, se asocia con la haplodiploidia, modo de reproducción donde los machos haploides se desarrollan partenogénicamente a partir de huevos infértiles. Sin embargo, con la excepción del reporte de Muñoz (1989), quien trabajó con poblaciones de broca en Honduras, en la literatura no hay evidencia de haplodiploidía en este insecto (Barrera *et al.*, 1995; Brun *et al.*, 1995), o al menos se puede decir que el fenómeno de partenogénesis en broca se “haplodiploidía funcional”, pues al atrofiarse las poblaciones de broca en Honduras, en la literatura no hay evidencia de haplodiploidía en este insecto (Barrera *et al.*,

1995; Brun *et al.*, 1995), o al menos se puede decir que el fenómeno de partenogénesis en broca se presenta con muy baja frecuencia y solo en ciertas poblaciones. No obstante, lo anterior, se ha dado a conocer que el mecanismo diplodiploide que utiliza comúnmente la broca para reproducirse se expresa al final como un cromosoma que determina el sexo del macho durante la meiosis, sólo se expresan los cromosomas maternas (Brun *et al.*, 1995; Borsa y Kjellberg, 1996; Benavides, 2007). En otras palabras, la descendencia de la broca hereda estrictamente la información genética procedente de la madre. También se ha sugerido la infección de *H. hampei* con la protobacteria *Wolbachia* como mecanismo de determinación del sexo (Vega *et al.*, 2002). El alto grado de endogamia y la haplodiploidía funcional han propiciado que las poblaciones de la broca muestren muy baja variabilidad genética (Benavides, 2007). Sin embargo, y al contrario de lo que se podría pensar, esta condición no ha impedido que esta plaga sea uno de los organismos invasores más exitosos que se conocen.

Generalmente un fruto de café es infestado por una sola hembra de *H. hampei*. Las excepciones suelen ocurrir durante el periodo intercosecha, cuando escasean los frutos de café y es posible observar varias perforaciones de entrada en los frutos. La colonización de un fruto depende de la consistencia del grano (Barrera, 1994); si éste es acuoso o lechoso, el insecto tiende a abandonarlo y como consecuencia tiende a podrirse por efecto de la herida y la acción de organismos saprófitos, mientras que cuando

la consistencia es suficientemente dura (20% de peso seco o cámara de oviposición). Los huevos son puestos de uno en uno formando grupos pequeños. La hembra ovípara de uno a tres huevos por día durante los primeros 15 o 20 días; después la oviposición disminuye gradualmente (Bergamin, 1943). Tanto la hembra fundadora como las larvas construyen túneles en el grano al alimentarse.

Hacia la aparición de los primeros adultos de la descendencia de la primera generación, la población de la broca está constituida por 25-30 individuos en todos los estados de desarrollo, de los cuales hay 10 hembras por cada macho aproximadamente (Bergamin, 1943; Baker y Barrera, 1993). Observaciones diversas reportan una diferencia aún mayor en la relación de sexos (Cuadro 5), lo cual puede ocurrir en frutos que hospedan a varias generaciones del insecto y generalmente en frutos residuales. Se ha observado que los adultos maduran sexualmente entre dos y cuatro días después de haber dejado el estado de pupa. El apareamiento se efectúa entre hermanos y hermanas en el interior del fruto.

Las hembras apareadas abandonan el fruto donde se desarrollaron para buscar otro fruto donde establecerán una familia nueva. Los machos son incapaces de volar porque tienen las alas atrofiadas, por ello su participación en la dispersión de la población es limitada. Al contrario de lo que suele pensarse, la broca es un insecto con gran habilidad para volar, como lo demuestran estudios de laboratorio conducidos por Baker (1984). De acuerdo con este autor, las hembras pueden sostener vuelos continuos por más de 100 min y hasta por tres horas en

vuelos sucesivos.

Ticheler (1961) descubrió que las hembras adultas recién emergidas estaban provistas de músculos alares en perfectas condiciones para el vuelo; pero que una vez establecidas en un grano, la energía proveniente de la grasa de dichos músculos se conducía a la producción de huevos, con lo cual su capacidad de vuelo disminuía considerablemente. Tras la oviposición, y a diferencia de otros miembros de Scolytinae, este mismo autor observó que la broca era incapaz de regenerar los músculos alares. A través de estudios microscópicos sobre la estructura de los músculos alares, las observaciones de Ticheler (1961) fueron recientemente confirmadas por López-Guillén *et al.* (2011). Estos resultados y observaciones sobre ciclo de vida en campo realizadas por Baker *et al.* (1992a), indican que la broca dentro del fruto desempeña ciertas actividades de cuidado maternal como limpiar las galerías (echando fuera del nido los desechos alimenticios y fecales) y eventualmente obstruir la entrada para evitar el paso de parasitoides y depredadores.

Varias generaciones de *H. hampei* se presentan al año mientras haya disponibilidad de frutos de café. Después de la cosecha, la broca continúa su reproducción en los frutos no cosechados o residuales que se encuentran en la planta y en el suelo (Baker, 1984; Baker y Barrera, 1993). En esta etapa se supone que ocurren apareamientos entre brocas de diferentes familias, y con ello, la puesta en marcha de un mecanismo anti-endogámico.

En los lugares donde se presenta un periodo intercosecha bien definido con baja

precipitación, los adultos de la plaga se refugian en los frutos negros y secos (Baker *et al.*, 1989, 1992a), donde se piensa que pasan a un estado fisiológico de resistencia a condiciones adversas –sequía y escasez de alimento conocido como “diapausa reproductiva” (Mansingh, 1991).

Tal estado diapáusico finaliza con las primeras lluvias del año (Barrera *et al.*, 2006). En efecto, la lluvia actúa como un “disparador” de la emergencia de las brocas adultas, las cuales emergen masivamente de los frutos viejos (Figura 9) (Baker, 1984; Baker *et al.*, 1992b, 1994). Con este vuelo de dispersión, denominado “broca en tránsito”, inicia la infestación de los frutos de las floraciones más tempranas de la nueva cosecha de café, dando origen a la primera generación del año (Baker y Barrera, 1993).

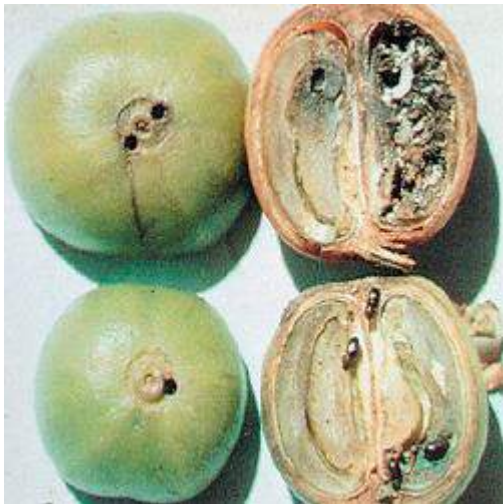


Figura 9. Emergencia de adultos de broca del café provenientes de frutos caídos. Crop Life (s/a).

Cuadro 4. Información sobre la biología de la broca del café y sus parasitoides más importantes, obtenida de la literatura (modificado de Le Pelley, 1973 y Gutierrez et al., 1998).

	<i>Hypothenemus hampei:</i> Curculionidae	<i>Prorops nasuta:</i> Bethylidae	<i>Cephalonomia stephanoderis:</i> Bethylidae	<i>Phymastichus coffea:</i> Eulophidae	<i>Heterospilus coffeicola:</i> Braconidae
Preferencias de fruto	Verde: semimaduro: maduro = 1: 2: 3.6	Verde: maduro: sobre- maduro = 1: 5: 15, oviposición en frutos en proporción de 1: 7: 28 (de Toledo, 1942)	Verde: maduro: sobre-maduro = 1: 5: 15, oviposición en frutos en proporción de 1: 7: 28	Probablemente frutos verdes	
Oviposición	La preferencia se incrementa al incrementar la edad de maduración a partir de 20% de peso seco del grano o estado semi-consistente	Sobre larvas completamente desarrolladas, prepupas y pupas (Barrera et al., 1989; Abraham et al., 1990)	Sobre larvas completamente desarrolladas, prepupas y pupas (Barrera et al., 1989).	Ataca a hembras adultas cuando éstas están penetrando al fruto (Castillo, 2005a,b)	Prefiere ovipositar cuando la broca empieza a poner los huevos (de Toledo Piza Junior y Pinto da Fonseca, 1935)

Cuadro 4. Continuación.

	<i>Hypothenemus hampei:</i> Curculionidae	<i>Prorops nasuta:</i> Bethyridae	<i>Cephalonomia stephanoderis:</i> Bethyridae	<i>Phymastichus coffea:</i> Eulophidae	<i>Heterospilus coffeicola:</i> Braconidae
Número de huevos puestos por huésped	Número de huevos puestos por una hembra en los primeros 30 días después de la infestación: 30 huevos	Un huevo por huésped (Hempel, 1934)	Un huevo por huésped, raramente 2 (Barrera et al., 1989)	Dos huevos por broca adulta (Infante et al., 1994).	Un huevo es puesto por fruto infestado, pero al emerger la larva puede comer hasta 10 huevos de la broca/día. La larva mata a la broca antes de pupar (de Toledo Piza Junior y Pinto da
Relación de sexos	59 hembras: 1 macho (Leefmans, 1920); 40: 1 (Leefmans, 1923); 13: 1 (Corbett, 1933); 10: 1 (Bergamin, 1943); de 5:1 a 20:1 (MoralloRejesus y Baldos, 1980)	De 1: 1 a 7: 1 (Murphy y Rangj, 1991)	7: 1 (Barrera et al., 1993a)	1: 1 (Castillo, 2005a,b)	
Oviposición máxima	Más de 135 huevos	37 (Hempel, 1934)	71 (Barrera et al., 1989)	17-18 (Feldhege, 1992)	

Cuadro 4. Continuación.

	<i>Hypothenemus hampei:</i> Curculionidae	<i>Prorops nasuta:</i> Bethylidae	<i>Cephalonomia stephanoderis:</i> Bethylidae	<i>Phymastichus coffea:</i> Eulophidae	<i>Heterospilus coffeicola:</i> Braconidae
Periodo de pre-oviposición	8-20 días (Leefmans, 1923); 5-6 (Hargreaves, 1926); 4-14 (Corbett, 1933); hasta 10 (Bergamin, 1943); 5-20 (Jepson, 1935); 3-4 (Morallo-Rejesus y Baldos, 1980)	13.8 (± 2.69) (Abraham et al., 1990)	9 (± 0.62) (Abraham et al., 1990)	0 (Infante et al., 1994)	Periodo de pre oviposición
Fecundidad diaria	2 (Jepson, 1935); 2-3 huevos (Bergamin, 1943); 2 (MoralloRejesus y Baldos, 1980)	1.25-1.5	1.25-1.5	8	Fecundidad diaria
Tiempo de desarrollo del huevo	5-6 días (Leefmans, 1920); 5-6 (Leefmans, 1923); 8-9 (Hargreaves, 1926); 5-7 (Corbett, 1933); 6 (Jepson, 1935); 68 (Leroy, 1936); 7.6 (Bergamin, 1943); 4-9 (Morallo-Rejesus y Baldos, 1980)	1.6 (Abraham et al., 1990); 4.5 ± 0.6 (Murphy y Rangi, 1991)	1.6 (Abraham et al., 1990)	3.15 (Feldhege, 1992)	Tiempo de desarrollo del huevo

Cuadro 4. Continuación.

	<i>Hypothenemus hampei:</i> Curculionidae	<i>Prorops nasuta:</i> Bethylidae	<i>Cephalonomia stephanoderis:</i> Bethylidae	<i>Phymastichus coffea:</i> Eulophidae	<i>Heterospilus coffeicola:</i> Braconidae
Tiempo de desarrollo de la larva	10-21 días (Leefmans, 1920); 10-21 (Leefmans, 1923); hembra 19, macho 15 (Hargreaves, 1926); 12-20 (Corbett, 1933); 18 (Jepson, 1935); 13.8 (Bergamin, 1943); 19-31 (Morallo-Rejesus y Baldos, 1980)	3.8 (Abraham <i>et al.</i> , 1990); 6.0 ± 1.4 (Murphy y Rang, 1991)	2.8 (Abraham <i>et al.</i> , 1990)	13.53 (Feldhege, 1992)	
Tiempo de desarrollo de la prepupa	4-6 días (Leefmans, 1920); 4-8 (Leefmans, 1923); 7-8 (Hargreaves, 1926); 4-7 (Corbett, 1933); 5 (Jepson, 1935); 6.4 (Bergamin, 1943); 4-10 (Morallo-Rejesus & Baldos, 1980)	14 (Abraham <i>et al.</i> , 1990)	15.6 (Abraham <i>et al.</i> , 1990)	7.78 (Feldhege, 1992)	
Tiempo de desarrollo de los inmaduros	25-27 días	22.4 (Abraham <i>et al.</i> , 1990)	23.20 (Abraham <i>et al.</i> , 1990)	29.7 (Feldhege, 1992)	

Cuadro 4. Continuación

	<i>Hypothenemus hampei:</i> Curculionidae	<i>Prorops nasuta:</i> Bethylidae	<i>Cephalonomia stephanoderis:</i> Bethylidae	<i>Phymastichus coffea:</i> Eulophidae	<i>Heterospilus coffeicola:</i> Braconidae
Tiempo de huevo a adulto 25 días (Leefmans, 1920);	25 (Leefmans, 1923); 27.5 (Bergamin, 1943); hembra 53-120, macho 46-90 (Morillo-Rejesus y Baldos, 1980)	30.6 ± 3.6 (Murphy y Rang, 1991)			
Número de mudas de la larva	Hembra 2 mudas, macho 1 muda (Bergamin, 1943)				
Tiempo de huevo a adulto 25 días (Leefmans, 1920);	25 (Leefmans, 1923); 27.5 (Bergamin, 1943); hembra 53-120, macho 46-90 (Morillo-Rejesus y Baldos, 1980)	30.6 ± 3.6 (Murphy y Rang, 1991).			

Cuadro 4. Continuación.

	<i>Hypothenemus hampei:</i> Curculionidae	<i>Prorops nasuta:</i> Bethylidae	<i>Cephalonomia stephanoderis:</i> Bethylidae	<i>Phymastichus coffea:</i> Eulophidae	<i>Heterospilus coffeicola:</i> Braconidae
Longevidad	Hembras máx. 87 días (Leefmans, 1920); hembras máx. 102 (Leefmans, 1923); hembras 35-112, machos 10-56 (Hargreaves, 1926); hasta 120 (Corbett, 1933); hembras 157, machos ca. 90 (Bergamin, 1943); hembras 26-70, machos 19-40 (Morallo-Rejesus y Baldos, 1980)	Hembras alimentadas con huevos y larvas de la broca: 14.7 ± 7.6 días (Murphy y Rangi, 1991)			
Número de generaciones por año	8 generaciones (Hargreaves, 1926); 7 (Bergamin, 1943)				Número de generaciones por año

Cuadro 4. Continuación.

	<i>Hypothenemus hampei:</i> Curculionidae	<i>Prorops nasuta:</i> Bethylidae	<i>Cephalonomia stephanoderis:</i> Bethylidae	<i>Phymastichus coffea:</i> Eulophidae	<i>Heterospilus coffeicola:</i> Braconidae
Longevidad	Hembras máx. 87 días (Leefmans, 1920); hembras máx. 102 (Leefmans, 1923); hembras 35-112, machos 10-56 (Hargreaves, 1926); hasta 120 (Corbett, 1933); hembras 157, machos ca. 90 (Bergamin, 1943); hembras 26-70, machos 19-40 (Morallo-Rejesus y Baldos, 1980)	Hembras alimentadas con huevos y larvas de la broca: 14.7 ± 7.6 días (Murphy y Rangí, 1991)			

Cuadro 4. Continuación.

	<i>Hypothenemus hampei</i> : Curculionidae	<i>Prorops nasuta</i> : Bethylidae	<i>Cephalonomia stephanoderis</i> : Bethylidae	<i>Phymastichus coffea</i> : Eulophidae	<i>Heterospilus coffeicola</i> : Braconidae
Estancia en el fruto	Una vez que coloniza el fruto, no lo abandona porque pierde la capacidad de volar (López Guillén <i>et al.</i> , 2011)	Un parasitoide se queda en el fruto hasta que la progenie madura. Si no hay estados de la broca susceptibles cuando ocurre el ataque, el parasitoide se queda y se alimenta de huevos y larvas jóvenes dejando las más maduras para parasitarlas	Como en el caso de <i>P. nasuta</i> , los adultos se alimentan durante 2-11 días antes de la maduración de los huevos. Los adultos requieren dos huevos o larvas, o dos adultos por día para sobrevivir (Koch, 1973)	Una vez que ataca al huésped, deja el fruto para buscar a un nuevo huésped	

Enemigos naturales

La broca es atacada por diversos parasitoides, depredadores y patógenos. Una revisión (Barrera *et al.*, 2008) indica al menos 50 especies de enemigos naturales reportadas en el mundo (Cuadro 5).

Parasitoides. Los parasitoides más conocidos son cuatro especies originarias de África: *Prorops nasuta* Waterston (Camerún, Costa de Marfil, Zaire, Kenia, Tanzania, Togo, Uganda) y *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Costa de Marfil, Togo), ambos del

orden Hymenoptera y la familia Bethylidae, que son ectoparasitoides solitarios de larvas, pre-pupas y pupas. *Heterospilus coffeicola* Schimideknecht (Hymenoptera: Braconidae) (Camerún, Zaire, Kenia, Tanzania, Uganda), una avispa de vida libre que deposita un huevo cerca de un grupo de huevos de la broca en un fruto de café recién atacado; y *Phymastichus coffea* LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) (Togo, Kenia), un endoparasitoide gregario de adultos de la broca que parasita al huésped durante el inicio de la perforación del fruto de café. Otros parasitoides que ha sido encontrados atacando a la broca son *Aphanogmus dictyna*

(Waterston) (Hymenoptera: Ceraphronidae) (Uganda), *Sclerodermus cadavericus* Benoit (Hymenoptera: Benthylidae) (Uganda, Zaire, Kenia), *Cephalonomia hyalinipennis* Ashmead (México) y *Cryptoxilos* sp. (Hymenoptera: Braconidae) (Colombia). En Brasil y Colombia, se han reportado especies no descritas del género *Cephalonomia* parasitando a *H. hampei*.

Depredadores. Algunos de los depredadores que han sido reportados son *Dindymus rubiginosus* (F.) (Hemiptera: Pyrrhocoridae) (Indonesia), *Calliodes*, *Scoloposcelis* (Hemiptera: Anthocoridae) (Colombia), *Leptophloeus* sp. cercana a *punctatus* Lefkovich (Coleoptera: Laemophloeidae) (Togo, Costa de Marfil) y *Karnyothrips flavipes* Jones (Thysanoptera: Phlaeothripidae) (Kenia). Sin embargo, la mayoría de los depredadores de *H. hampei* reportados alrededor del mundo (muchos de los casos son reportes anecdóticos) son hormigas (Hymenoptera: Formicidae). Entre las principales hormigas reportadas están *Azteca instabilis* (F. Smith), *Crematogaster curvispinosa* Mayr, *C. torosa* Mayr, *Dolichoderus bituberculatus* Mayr, *Pheidole radoszkowskii* Mayr y *Solenopsis geminata* (F.). También han sido reportadas especies desconocidas de los generos *Azteca*, *Brachymyrmex*, *Paratrechina*, *Pheidole*, *Prenolepis* y *Wasmannia*.

Patógenos. Varios hongos entomopatógenos atacan a la broca del café, pero *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin es la especie más común que infecta a *H. hampei* bajo condiciones naturales (Figura 10). Otros hongos reportados son: *Fusarium oxysporum* Schlechtend, *F. avenaceum* (Fr.) Sacc., *Hirsutella eleutheratorum* (Nex ex Gray) Petch *Metarhizium anisopliae*

(Metschnikoff) Sorokin, *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson, *Paecilomyces amoenoroseus* (Hennings) Samson, *P. farinosus* (Holm. ex S.F. Gray), *P. fumosoroseus* (Wize) Brown y Smith, *P. javanicus* (Friederichs y Bally) Brown y Smith, *P. lilacinus* (Thom.) Samson, y *Lecanicillium lecanii* (Zimmerman) Zare y Gams. Algunos de estos hongos como *M. anisopliae* y *P. lilacinus*, han sido aislados de frutos de café colectados del suelo.

Metaparasitylenchus hypothenemi Poinar (Tylenchida: Allantonematidae) (Figura 11), un nematodo entomopatógeno que ataca a adultos de *H. hampei*, ha sido reportado en México y parece que está ampliamente distribuido en plantaciones de México y Centroamérica. Este nematodo causa esterilidad en las hembras de la broca. El parasitismo natural de especies no descritas de *Panagrolaimus* (Rhabditida: Panagrolaimidae) ha sido reportado en *H. hampei* en India y México. *M. hypothenemi* y *Panagrolaimus* sp. se encontraron atacando los mismos individuos de la broca en México. Especies de *Heterorhabditidae* y *Steinernematidae* (Rhabditida) son capaces de infectar a *H. hampei* en laboratorio, pero no se les ha observado infectando a este insecto en campo.

En Colombia, se han observado infecciones de la broca del café causadas por bacterias como *Bacillus* sp. y *Serratia* sp. Asimismo, infecciones de la protobacteria *Wolbachia* en adultos de *H. hampei* han sido reportadas en muestras colectadas alrededor del mundo. El micosporidio *Mattesia* sp. ha sido observado en una población de la broca en insectos criados en laboratorio.



Figura 10. Adulto de broca del café *Hypothenemus hampei* atacada por *Beauveria bassina* (Vega et al. 2009).



Figura 11. Broca del café atacada por el nematodo *Metaparascitylenchus hypothenemi* (Vega et al., 2009).

Cuadro 5. Enemigos naturales de *Hypothenemus hampei* a nivel mundial (Modificado de Barrera et al. 2008).

Especie	Estado de desarrollo atacado	País	Referencia
Bacteria			
<i>Bacillus</i> sp.	Adulto	Colombia	Bustillo et al., 2002.
<i>Serratia</i> sp.	Larva, adulto	Colombia	Bustillo et al., 2002.
<i>Wolbachia</i>	Adulto	Benín, Brasil, Colombia, Ecuador, El Salvador, Honduras, India, Kenia, México, Nicaragua, Uganda	Vega et al., 2002.
Protozoa			
Microsporidia			
<i>Mattesia</i> sp.	Adulto	Colombia	Bustillo et al. 2002.
Nematoda			
Tylenchida			
Allantonematidae	Adulto	México	Castillo, 2007,
<i>Metaparasytylenchus hypothenemi</i> Poinar			
Rhabditidae			
Panagrolaimidae			
<i>Panagrolaimus</i> sp.	Adulto	India, México	Varaprasad et al. 1994; Castillo, 2007.

Cuadro 5. Continuación.

Especie	Estado de desarrollo atacado	País	Referencia
Fungi Hyphomycetes <i>Beauveria bassiana</i> (Balsamo) Vuillemin	Adulto	Cosmopolita	Vega <i>et al.</i> , 1999a,b; de la Rosa <i>et al.</i> , 2000a; Bustillo <i>et al.</i> , 2002
<i>B. brongniartii</i> Sacc. (Petch)	Adulto	Colombia, Brasil	Damon, 2000
<i>Fusarium avenaceum</i> (Fr.) Sacc.	Adulto	India	Vega <i>et al.</i> , 1999a,b
<i>F. oxysporum</i> Schlechtend	Adulto	Colombia	Bustillo <i>et al.</i> , 2002
<i>Hirsutella eleutheratorum</i> (Nex ex Gray) Petch.	Adulto	Colombia	Bustillo <i>et al.</i> , 2002
<i>Metarhizium anisopliae</i> (Metsch.) Sorokin	Adulto	Brasil, Colombia	Murphy y Moore 1990; Vega <i>et al.</i> , 1999a,b; de la Rosa <i>et al.</i> , 2000a; Bustillo <i>et al.</i> , 2002
<i>Nomuraea rileyi</i> (Farlow) Samson	Adulto ¹	Brasil	Moore y Prior, 1988; Waterhouse y Norris, 1989; Vega <i>et al.</i> , 1999b
<i>Paecilomyces amoenoroseus</i> (Hennings) Samson	Adulto	India	Vega <i>et al.</i> , 1999a,b
<i>P. farinosus</i> (Holm. ex S.F. Gray)	Adulto	Costa de Marfil, Togo	Vega <i>et al.</i> , 1999a,b

Cuadro 5. Continuación.

Especie	Estado de desarrollo atacado	País	Referencia
<i>P. fumosoroseus</i> (Wize) Brown y Smith	Adulto	India	Vega <i>et al.</i> , 1999a,b
<i>P. javanicus</i> (Friederichs & Bally) Brown y Smith	Adulto ¹	Colombia, Indonesia, Java	Waterhouse y Norris, 1989; Murphy y Moore, 1990; Vega <i>et al.</i> , 1999a,b
<i>P. lilacinus</i> (Thom.) Samson	Adulto	Colombia	Bustillo <i>et al.</i> , 2002
<i>P. tenuipes</i> (Peck) Samson	Adulto ¹	Java	Moore y Prior, 1988; Waterhouse y Norris, 1989
<i>Lecanicillium</i> (= <i>Verticillium</i>) <i>lecanii</i> (Zimmerman) Viegas	Adulto	India	Vega <i>et al.</i> , 1999a

Cuadro 5. Continuación.

Especie	Estado de desarrollo atacado	País	Referencia
Insecta			
Coleoptera			
Laemophloeidae			
<i>Leptophloeus</i> sp. cerca a <i>punctatus</i> Lefkovich	Larva	Togo, Costa de Marfil	Vega <i>et al.</i> 1999a, Damon, 2000
<i>Dindymus</i> <i>rubiginosus</i> (F.)	Adulto ¹	Indonesia	Murphy y Moore, 1990.
Hemiptera			
Anthocoridae			
<i>Calliodes</i> sp	Inmaduros	Colombia	Bustillos <i>et al.</i> 2002
<i>Scoloposcelis</i> sp.	Inmaduros	Colombia	Bustillos <i>et al.</i> 2002
Pyrrhocoridae			
<i>Dindymus</i> <i>rubiginosis</i> (F.)	Adulto	Indonesia	Murphy y Moore, 1990
Hymenoptera			
Bethyridae			
<i>Cephalonomia</i> sp	Larva, pre-pupa y pupa	Brasil	Bennasi, 1995
<i>Cephalonomia</i> <i>hyalinipennis</i> Ashmed	Larva, pre-pupa y pupa	México	Pérez-Lachaud, 1998; Batchelor <i>et al.</i> 2005, 2006.
<i>Cephalonomia</i> <i>stephanoderis</i> Betrem	Larva, pre-pupa y pupa; la hembra depreda todos los	Costa de Marfil Togo	Murphy y Moore, 1990; Vega <i>et al.</i> 1999a
<i>Prosops nasuta</i> Waterston	Larva, pre-pupa y pupa, la hembra depreda todos los	Camerún, Costa de Marfil, Kenia, Tanzania, Togo, Uganda, Zaire	Murphy y Moore, 1990; Vega <i>et al.</i> 1999a
<i>Sclerodermus</i> <i>caverniculus</i> Benoit	Larva, pupa	Kenia, Uganda, Zaire	Murphy y Moore, 1990

Cuadro 5. Continuación.

Especie	Estado de desarrollo atacado	País	Referencia
Braconidae <i>Cryptoxilos</i> sp.	Adulto	Colombia	Bustillos <i>et al.</i> , 2002; Jaramillo <i>et al.</i> , 2006
<i>Heterospilus coffeicola</i> Schimideknekht	Huevo, larva, adulto	Camerún, Kenia, Tanzania, Uganda, Zaire	Murphy y Moore, 1990.
Ceraphronidae <i>Aphanogmus dictyna</i> (Waterston)	Larva, pupa; la hembra depreda todos los instares Uganda	Uganda	Murphy y Moore, 1990.
Eulopohidae <i>Phymasticus coffea</i> LaSalle	Adulto	Benín, Burundi, Camerún, Costa de Marfil, Kenia, Togo	López-Vaamonde <i>et al.</i> , 1997; Vega <i>et al.</i> 1999 a.
Formicidae <i>Azteca instabilis</i> (F. Smith)	Adulto	México	Perfecto y Vandermeer, 2006; Armbrecht y Gallego, 2007.
<i>Brachymyrmex</i> sp		Colombia	Bustillos <i>et al.</i> , 2002
<i>Crematogaster</i>		Colombia	Bustillos <i>et al.</i> , 2002.
<i>Crematogaster curvispinosa</i> Mayr	Inmaduros	Brasil	Benassi, 1995.
<i>Crematogaster torosa</i> Mayr	Huevo, larva	Costa Rica	Varón <i>et al.</i> , 2004.
<i>Dorymyrmex</i> sp.	Adulto e inmaduro	Colombia	Vélez-Hoyos <i>et al.</i> , 2006
<i>Mycocepurus smithii</i> Forel	Inmaduros	Colombia	Vélez-Hoyos <i>et al.</i> , 2006
<i>Paratrechina</i> sp.	Todos los estados	Colombia	Bustillos <i>et al.</i> , 2002.

Cuadro 5. Continuación.

Especie	Estado de desarrollo atacado	País	Referencia
<i>Pheidole</i> sp.	Todos los estados	Colombia	Bustillo et al., 2002, VélezHoyos et al., 2006
<i>Pheidole</i> , posiblemente <i>biconstricta</i> Mayr	Todos los estados	Colombia	Vélez-Hoyos et al., 2006
<i>Pheidole</i> <i>radoszkowskii</i> Mayr	Huevo, larva	Costa Rica	Varón et al., 2004
<i>Prenolepis</i> sp.	Todos los estados	Colombia	Bustillo et al., 2002
<i>Solenopsis</i> sp.	Todos los estados	Colombia	Bustillo et al., 2002
<i>Solenopsis</i> <i>geminata</i> (F.)	Todos los estados	Colombia, Costa Rica	Varón et al., 2004, Vélez-Hoyos et al., 2006
<i>Wasmannia</i> sp.	Todos los estados	Colombia	Bustillo et al., 2002
Thysanoptera			
Phlaeothripidae			
<i>Karnyothrips</i> <i>flavipes</i> Jones	Inmaduros	Kenia	Jaramillo et al., 2010

¹ No hay seguridad que solo ataque al adulto.

MEDIDAS FITOSANITARIAS

El combate de la broca del café se basa en una estrategia de Manejo Integrado de la Broca (MIB), pues esta es la estrategia más promisorio para reducir las pérdidas ocasionadas por la broca del café (Bustillo *et al.*, 1998; Baker, 1999; Guharay *et al.*, 2000; Jarquín *et al.*, 2002). Incluso, la broca puede ser controlada sin usar insecticidas químicos (Jarquín *et al.*, 1999).

Las tácticas principales que se usan en el MIB son el control legal, el control cultural, el control biológico, el uso de trampas cebadas con atrayentes y el control químico con insecticidas sintéticos. El muestreo de frutos infestados en campo se realiza para tomar decisiones de control.

Control legal

Las acciones legales que el gobierno federal mexicano toma para el combate y manejo de la broca del café son publicadas en el Diario Oficial de la Federación (DOF). Los documentos diversos que dan marco legal a estas acciones se muestran en el Cuadro 6. En 1978, a raíz de la confirmación de la broca en territorio mexicano, la Secretaría de Agricultura publicó la declaratoria de la “Cuarentena Interior No. 12 contra la Broca del Café” (DOF, 1978), en la cual se declaró

en cuarentena a los municipios de Cacahoatán, Unión Juárez y Tuxtla Chico del Estado de Chiapas, y tuvo el propósito de erradicar cualquier foco de infestación para evitar el establecimiento y diseminación de la plaga.

En 1997, como consecuencia de la diseminación de *H. hampei* por otras zonas cafetaleras del país, se publicó la Norma Oficial Mexicana NOM-002-FITO-1995 en la cual se presentó la Campaña contra la Broca del Café. Esta campaña estableció las regulaciones de carácter obligatorio para confinar, controlar y, en su caso, erradicar los focos de infestación de la broca, así como evitar la diseminación a zonas cafetaleras libres de la plaga (DOF, 1997).

En 2001, esta norma fue modificada a través de la publicación de la NOM-002-FITO-2000, la cual estableció las regulaciones de carácter obligatorio antes mencionadas, pero en este caso, para controlar las infestaciones de la broca por abajo del nivel de daño económico (DOF, 2001). Las medidas preventivas, de confinamiento y combate de la broca del café enunciadas en la NOM-002-FITO-2000 se presentan en el Cuadro 7. Estas medidas son realizadas y financiadas por los productores bajo la supervisión de unidades de verificación o profesionales fitosanitarios que presten sus servicios en los Organismos Auxiliares de Sanidad Vegetal.

Cuadro 6. Medidas preventivas, de confinamiento y combate de la broca del café NOM-002-FITO-2000.

Medidas	Objetivo
Identificación y diagnóstico de la plaga	Analizar muestras procedentes de zonas libres y no reconocidas oficialmente como tales.
Técnicas de muestreo	Detectar y cuantificar la broca en el cafetal y beneficio
Control legal	Obtener certificado de cumplimiento de la norma por parte de industrializadores; obtener certificado fitosanitario para movilización de productos y materiales sujetos a cuarentena; establecer puntos de verificación
Trampeo	Colocar trampas en zonas libres y no reconocidas oficialmente como tales en el periodo inter cosecha y colocar trampas en cordón fitosanitario en los límites de zonas libres durante todo el año
Control cultural	Podar cafetos; regular la sombra; eliminar maleza; recolectar del suelo y planta frutos infestados; someter frutos infestados a temperatura de ebullición
Control biológico	Cría y liberación de <i>C. stephanoderis</i> y producción y aplicación de <i>B. bassiana</i> .
Control químico	Aplicar productos autorizados para nuevos brotes de la plaga y en zonas bajo control fitosanitario cuando se rebase el 5% de infestación

de cosechar.

Muestreo. A través del muestreo de frutos infestados se puede estimar el grado o porcentaje de infestación que existe en un predio dado. Existen varios métodos de muestreo de la broca relativamente similares. Uno de éstos, desarrollado por Barrera *et al.* (1993b), consiste en delimitar una superficie entre 1 y 5 hectáreas donde se seleccionan 20 sitios distribuidos uniformemente; en cada sitio se escogen cinco cafetos en línea; de cada cafeto se examinan (sin arrancar) 20 frutos y se registran los frutos perforados. Con esta información se calcula el porcentaje de infestación. El muestreo se realiza 2 a 3 meses después de la floración representativa en predios con altitudes menores de 700 m de altitud, y 2.5 a 3.5 meses en predios mayores a 700 m de altitud. Dependiendo de la infestación de la broca y de la información necesaria para tomar decisiones de control, puede requerirse hacer hasta tres muestreos antes de la aplicación.

El número de frutos perforados es una información útil para calcular el umbral económico, una cifra que ayuda a la toma de decisiones de control, en particular guía la aplicación de insecticidas con base a la densidad de la población de la plaga (ver más adelante).

El Manual Técnico-Operativo de la Campaña contra la Broca del Café (SENASICA, 2008), establece realizar un muestreo al azar simple, cuyo número de sitios a muestrear depende del tamaño de la superficie del predio (Cuadro 7). En cada sitio se seleccionan cinco cafetos y de cada uno se escogen cuatro ramas, cada una dirigida hacia los puntos cardinales. De cada rama se revisan 10 frutos, cuatro en la parte media, tres en la parte basal y tres en la parte apical. Se recomienda muestrear a partir de 150 días después de la floración principal y hasta antes

Cuadro 7. Número de sitios y cafetos para muestrear la infestación de la broca del café en función de la superficie del predio (Modificado de SENASICA, 2008).

Superficie del predio (ha)	Número de sitios	Número de cafetos
Menos de 1.00	3	15
1.00-3.00	5	25
3.01-5.00	8	40
5.01-10.00	12	60
10.01-20.00	20	100
Más de 20	*	*

*El número se ajusta considerando los datos de rango de 10 a 20 ha.

Control cultural

Las tácticas más antiguas de control de *H. hampei* son las prácticas culturales, entre las que se incluyen la poda de cafetos, la regulación de la sombra y la maleza; la fertilización del suelo; la cosecha oportuna; y la recolecta de los frutos residuales después de la cosecha.

El corte de la maleza o “limpia” después de la cosecha facilita la recolecta de los frutos del suelo e incrementar la mortalidad de la broca por deshidratación de los frutos infestados.

La regulación de la sombra y la poda del cafeto crean condiciones microambientales menos favorables para la multiplicación de la broca, pues la infestación puede ser más alta en los cafetales más sombreados. Un efecto similar se logra al incrementar la distancia entre cafetos.

La fertilización de los cafetos provoca floraciones más uniformes, lo que reduce las floraciones locas o tempranas, que son muy atacadas por la broca. También se deben utilizar variedades con el mismo patrón de fructificación, ya que las variedades que florecen más temprano son fuente de infestación de las variedades que florecen después. Cabe mencionar que las variedades o especies de café que florecen más temprano o más tarde con respecto a la variedad principal, con un manejo adecuado pueden ser usadas como “cultivos trampa”. Es importante realizar la cosecha conforme maduran los frutos.

La recolecta de los frutos residuales después de la cosecha, que es una de las prácticas culturales más importantes para reducir las poblaciones de broca que afectarán la nueva cosecha, tiene varias modalidades: i) la “repela” o recolecta de los frutos residuales de la planta; ii) la “pepena” o recolecta de frutos caídos al suelo; iii) el “graniteo” o recolecta de frutos infestados al inicio de la nueva cosecha; y iv) el “rampassen” o “repasso”, término de recolectar todos los frutos maduros y verdes mayores a 5.0 mm de diámetro que quedan después de la última pasada de cosecha (Le Pelley, 1968). Los frutos recogidos de planta y el suelo se pueden hervir durante 5 min para eliminar a la broca o ser utilizarlos en la cría de parasitoides.

Control biológico

De los 50 enemigos naturales reportados para la broca, los únicos usados como agentes de control biológico han sido los parasitoides de origen africano *C. stephanoderis*, *P. nasuta* y *P. coffea* y los hongos entomopatógenos *B. bassiana* y *M. anisopliae*. Los tres parasitoides africanos fueron introducidos a México (Barrera et al., 1990 a, b; Infante et al., 1994). *C. stephanoderis* y *B. bassiana* han sido los más utilizados para el control de la broca en México.

Parasitoides. Los betílidos se crían bajo dos modalidades las cuales no son excluyentes sino complementarias. Una es la “cría rural” o “cría artesanal” caracterizada porque es realizada por los propios cafecultores en sus fincas o comunidades; esta cría se realiza utilizando frutos de café infestados por la broca en campo.

Una de las ventajas de la cría rural es que combina el efecto del control manual o re-re (recolecta de frutos infestados para la cría del parasitoide) y el efecto del parasitoide (mortalidad en campo provocado por los parasitoides liberados). La otra forma es la “cría centralizada”, un sistema de cría que es efectuado por un grupo de técnicos en laboratorios bajo condiciones más controladas; aquí se crían los parasitoides utilizando frutos infestados en campo y café pergamino infestado por la broca en laboratorio.

A continuación, se describe la bioecología de *C. stephanoderis*, *P. nasuta*, *P. coffea* y *B. bassiana*, principales agentes de control biológico. En el Cuadro 4 se pueden encontrar

datos cuantitativos sobre la biología de estos organismos.

Cephalonomia stephanoderis. Este betélido pasa la mayor parte de su vida en el interior de frutos infestados por la broca, donde el adulto depreda sobre todos sus estados biológicos. Las hembras son sinovigénicas, es decir, requieren alimentarse del huésped, específicamente de las pupas, para desarrollar la carga de huevos. El periodo de pre-oviposición es de 2 a 3 días. Los huevos son puestos casi siempre de manera individual sobre la cutícula de larvas de última fase de desarrollo (Le Pelley, 1973). Los frutos recogidos de planta y el suelo se pueden hervir durante 5 min para eliminar a la broca o ser utilizarlos en la cría de parasitoides. Los hospedantes paralizados no prosiguen su desarrollo, por lo cual, se dice que es un parasitoide idiobionte. Dado que para su supervivencia y multiplicación requiere de una provisión continua de inmaduros, el adulto prefiere colonizar los frutos infestados que contengan cantidades altas y diversas de estados biológicos del huésped. Por ello, el número de descendientes dependerá del número de hospederos disponibles. Una hembra de *C. stephanoderis* puede depositar hasta 70 huevos en aproximadamente un mes de vida. Este parasitoide tiene la capacidad de discriminar hospederos parasitados, por lo cual, el superparasitismo es muy raro. La hembra fundadora permanece con la progenie a fin de proporcionarle protección contra intrusos potenciales. Esta especie es partenogenética de tipo arrenotoca, es decir, los huevos no fertilizados dan origen a individuos del sexo masculino, mientras los fertilizados a hembras. Después de tres días emerge la larva del huevo y en un lapso de dos días se alimenta del huésped hasta consumirlo en su

totalidad. Antes de pupar y libre del huésped, la larva termina de madurar durante los próximos seis días y construye un capullo de seda blanca en cuyo interior ocurre la metamorfosis. El estado de pupa tiene una duración de nueve días. Los adultos de ambos sexos son alados y al emerger del capullo se aparean entre descendientes de la misma familia antes de abandonar el fruto infestado donde nacieron y se desarrollaron. El ciclo biológico de huevo a adulto dura 18-20 días a 27 °C. El desarrollo de huevo a adulto requiere 252 días-grado (Infante *et al.*, 1992). En condiciones de laboratorio, la proporción de machos en la descendencia es de 0.12.

La supervivencia de los adultos puede incrementarse significativamente con una dieta de miel de abeja diluida en agua (Barrera *et al.*, 1989, 1993a). Asimismo, en laboratorio se ha demostrado que una dieta a base de néctar de *Chamaesyce ophthalmica* (Pers.) D.G. Burch (= *Chamaesyce hirta* [L.] Millsp.; *Euphorbia hirta* L.) (Euphorbiaceae) prolonga la supervivencia de los adultos (Damon *et al.*, 1999). Un resultado como este sugiere que en la naturaleza los adultos podrían complementar su dieta al alimentarse de sustancias azucaradas y néctares de plantas. Experimentos en laboratorio dieron a conocer que *C. stephanoderis* puede parasitar y completar su desarrollo en otros huéspedes diferentes a *H. hampei* como *Caulophilus oryzae* (Gyllenhal) y *Sitophilus* sp. (Coleoptera: Curculionidae); no obstante se observó que el periodo de pre-oviposición se prolongó hasta 16-19 días.

A nivel de campo sobresale la capacidad de adaptación de *C. stephanoderis*; casi siempre se logra el establecimiento con 500 ejemplares liberados por sitio. Se ha planteado que las altas tasas de

establecimiento se deben en mucho a la buena capacidad de búsqueda que manifiesta este parasitoide (Barrera, 1994). En la región del Soconusco, Chiapas, las mejores condiciones para su establecimiento se encuentran entre 400 y 1000 m de altitud.

En 26 localidades de esta región se obtuvo un promedio de parasitismo de 19.0% (mínimo 0.40, máximo 56.7%) en los primeros 200 días después de la liberación y antes de ocurrir la cosecha (Barrera 1994). La técnica de liberación puede afectar el desempeño del parasitoide; se ha encontrado que la liberación de *C. stephanoderis* en estado adulto, comparado con la liberación en estado de pupa dentro de frutos, perjudica la recuperación del parasitoide y los niveles de parasitismo (Damon y Valle 2002). Se ha demostrado que la manipulación del betílido en estado adulto antes de la liberación (transporte de los insectos en recipientes) provoca agitación, interferencia y estrés en los individuos. Bajo esta condición de estrés, los parasitoides liberan volátiles (i.e. feromonas de alarma) que impulsan a los éstos a abandonar los sitios de liberación (Gómez *et al.*, 2005).

La cosecha del café afecta drásticamente y negativamente las poblaciones de *C. stephanoderis*. Por un lado, la cosecha actúa como un factor directo de mortalidad al eliminar la población del parasitoide que habita frutos infestados; por otro, la cosecha reduce en cantidad y calidad la disponibilidad del huésped para el resto de la población que escapó de morir por causa de la cosecha. Por lo tanto, a fin de elevar la densidad de la población del parasitoide se ha concluido que es necesario hacer liberaciones inoculativas anuales (Barrera, 1994).

Este parasitoide es relativamente fácil de criar en laboratorio y su cría se puede adaptar sin muchos problemas a nivel de finca. A la cría artesanal del parasitoide en las comunidades rurales o fincas se le denomina “cría rural” (Barrera *et al.*, 1991, 1992). Sin embargo, la producción de cantidades a escala industrial para hacer liberaciones masivas de bajo costo requiere de una tecnología que aún no está disponible (sin embargo véase Portilla y Streett, 2004). Mientras esta tecnología se desarrolla, es necesario apoyarse en un programa de manejo integrado que considere entre sus elementos la producción del parasitoide en finca para hacer liberaciones inoculativas, principalmente después de la cosecha. De esta forma se combate la broca en fincas de Guatemala inoculativas de 5000 parasitoides/ha/año, armónicamente integradas con el control manual. Bajo esta estrategia se ha logrado reducir la dependencia de insecticidas químicos y mantener por debajo de 3% la infestación de la plaga (Campos-Almengor, 2005a).

Prorops nasuta. Este parasitoide presenta una biología similar a la de *C. stephanoderis*: pasa la mayor parte de su vida dentro del fruto infestado; la hembra depreda sobre todos los estados de desarrollo del huésped; es un ectoparasitoide solitario de larvas y pupas; las hembras son más numerosas en la prole; presenta partenogénesis tipo arrenotoca; las hembras fundadoras muestran cuidado de la descendencia; entre otros.

No obstante, el parecido entre estos dos betílicos, *P. nasuta* no se ha establecido en cafetales mexicanos (Infante, 1998; Infante *et al.*, 2001). Las razones principales que se proponen para explicar este resultado son

que las hembras tienen baja capacidad de búsqueda y que la lluvia afecta negativamente su población. Por otro lado, es posible que la temperatura esté jugando un papel importante en la biología y eficacia de *P. nasuta*. Por ejemplo, estudios de laboratorio indican que mientras *C. stephanoderis* fue consistentemente más exitoso en multiplicarse que *P. nasuta* a temperatura constante de 29 °C y temperaturas fluctuantes entre 18 y 29 °C, *P. nasuta* fue más exitoso a temperatura constante de 18 °C. Las mismas tendencias resultaron en experimentos de competencia por el huésped. Estos resultados sugieren que *P. nasuta* podría ser más exitoso en cafetales del Soconusco por arriba de 1000 m de altitud, donde las temperaturas promedio son inferiores a 20-21 °C. El desarrollo de huevo a adulto en *P. nasuta* requiere 297 grados día, un poco más que *C. stephanoderis*. La relación de sexos en *P. nasuta* es de 3.7 hembras por cada macho, mientras que en *C. stephanoderis* es de 7.3 hembras por macho.

***Phymastichus coffea*.** Este eulófido, originalmente descubierto en Togo (África Occidental), muestra marcadas diferencias en su historia de vida con respecto a los betílidos antes descritos. La más notable, es que *P. coffea* es un endoparasitoide gregario que parasita a las brocas adultas. La hembra adulta de *P. coffea* es de vida libre, tiene una longevidad que por lo general varía de dos a tres días y parasita al huésped casi desde su emergencia como adulto; por lo tanto, es un parasitoide pro-ovigénico, es decir, no es necesario que la hembra se alimente para desarrollar y poner los huevos. El parasitismo ocurre en el momento que la hembra de *H. hampei* está perforando el fruto o se encuentra en el canal de perforación. La hembra parasitoide coloca en el interior de la

broca hasta dos huevos en el 75% de los casos, perforando la cutícula del huésped con su ovipositor. Normalmente la ovipostura tiene una duración de 1 a 7 min (máximo 15 min), pudiendo la hembra parasitar hasta 35 brocas en su vida, cuya descendencia estará constituida casi siempre por partes iguales de hembras y machos (Infante et al., 1994, 2003, 2005). El 55 y 33% de los huevos son puestos en el primero y segundo día de vida del parasitoide respectivamente. La actividad parasítica de *P. coffea* se incrementa positivamente conforme se incrementa la temperatura y disminuye la humedad relativa. Este parasitoide, como el caso de *C. stephanoderis*, también es capaz de discriminar huéspedes parasitados y evitar el superparasitismo; sin embargo, el superparasitismo no se pudo evitar en pruebas de no elección (hasta seis huevos por huésped).

Las brocas parasitadas dejan de alimentarse casi inmediatamente, y en laboratorio mueren al cabo de una semana; dependiendo de la temperatura, a nivel de campo tardan en morir entre 13 (25.3 °C) y 19 días (23.0 °C).

La biología de *P. coffea*, a 25.3 °C, es como sigue (Infante et al., 2005): los huevos, traslúcidos y microscópicos (180 micras de longitud), tienen un periodo de incubación de seis días. Al nacer, las larvas son redondas y blancas. Mientras crecen, por lo general éstas permanecen juntas en la cavidad abdominal del huésped. La separación de las larvas ocurre un poco antes de terminar su desarrollo, cuando la larva más pequeña -la que dará origen al macho- se traslada al tórax para pupar. El estado larvario dura 14 días, a cuyo término es blanco cremoso, de forma curvada y mide alrededor de 1.0 mm de

longitud; la pupa, al principio de color blanco brillante y al final de color negro, dura 22 días en desarrollo y no forma capullo. El ciclo biológico, de huevo a adulto, tiene una duración de 36 días, pero ésta se prolonga conforme la temperatura desciende: 42 días a 24 °C, 48 días a 23 °C (Infante *et al.*, 2005). Al transformarse en adultos, la hembra, que ocupa la cavidad abdominal del huésped, hace una perforación circular con sus mandíbulas en la parte distal del abdomen para salir del cadáver de la broca. Existe un marcado dimorfismo sexual: la hembra mide 1.0 mm de longitud y el macho aproximadamente la mitad de ese tamaño.

En ambos sexos los ojos compuestos son rojos y el cuerpo negro. Una provisión de miel de abeja incrementa la fecundidad y longevidad de los adultos. La supervivencia de los adultos cuando son alimentados en laboratorio con néctar de inflorescencias de *C. ophthalmica* (Euphorbiaceae), fue similar a la supervivencia de adultos alimentados con miel de abeja. Pruebas de laboratorio indicaron que *P. coffea* es capaz de parasitar y completar su desarrollo en otras. Previamente, también bajo condiciones de laboratorio, López -Vaamonde y Moore (1998) reportaron a *H. obscurus* F., *H. seriatus* (Eichhoff) y *Araptus* sp. (Coleoptera: Curculionidae) como huéspedes de *P. coffea*. Como en el caso del betúlido *C. stephanoderis*, para juzgar las implicaciones que pueden tener estos descubrimientos de laboratorio sobre la especificidad de huésped por parte del eulófido, falta que éstos sean corroborados en la naturaleza.

Estudios de campo indican que *P. coffea* puede causar altos porcentajes de parasitismo sobre la broca (80.6 a 86.7%) durante las primeras dos horas después de la

liberación. El mayor impacto sobre la plaga se logró entre mayo y julio, meses que coinciden con la colonización de los frutos de café por *H. hampei*. También, esos estudios muestran que el daño de la broca a los granos de café disminuyó de 3 a 5.6 veces en los tratamientos que recibieron las liberaciones del parasitoide (densidad parasitoide: broca, 1:10), que con respecto a aquellos que no las recibieron (Infante *et al.*, 2005).

Por otro lado, estudios de respuesta funcional en laboratorio sugieren que *P. coffea* podría ser más eficiente cuando las poblaciones de la broca son bajas. Aparentemente, los niveles de parasitismo observados después de la liberación no fueron afectados por la altitud de los sitios de liberación. Sin embargo, se observó que los niveles de parasitismo se colapsaron drásticamente, hasta desaparecer la presencia del parasitoide en las muestras, de un ciclo de cultivo del café al siguiente; dicho efecto negativo fue atribuido a la cosecha del café. Como consecuencia, *P. coffea* no se ha establecido en el Soconusco desde el año 2000, cuando se iniciaron las liberaciones en campo. Aún suponiendo que sus poblaciones son tan bajas que los muestreos realizados no las detectan, es evidente que la cosecha del café, la fenología del cultivo y la lluvia perjudican significativamente su establecimiento en el Soconusco. Como en el caso de *C. stephanoderis* –y tal vez de *P. nasuta* también– el uso de *P. coffea* como agente de control biológico de *H. hampei* está sujeto a un sistema de cría efectivo y rentable que permita llevar a cabo una estrategia de liberaciones periódicas y masivas a escala regional. Por fortuna, *P. coffea* es también un parasitoide relativamente fácil de criar, incluso bajo condiciones de cría rural (Infante *et al.*, 2003). Desde el punto de vista masivo,

la cría de *P. coffea* es más fácil y eficiente que la de los betílidos; en efecto, de acuerdo a la cría automatizada desarrollada por Portilla y Streett (2004), con 50 L de dieta se podrían producir dos millones de brocas hembras en un mes, a partir de las cuales es posible producir dos millones de individuos de *P. coffea* o un millón de *C. stephanoderis* o *P. nasuta*. El reto está en adaptar esta tecnología en los países productores de café.

Hongos entomopatógenos. El uso de estos organismos para el control de la broca, en particular de *B. bassiana*, ha tenido más desarrollo que el de los parasitoides. Su éxito ha radicado en su relativa facilidad de propagación, formulación y aplicación, así como en lograr importantes porcentajes de mortalidad en campo en tiempos relativamente cortos. Como sustrato de propagación se utiliza arroz. El control de calidad (i.e. viabilidad y patogenicidad) es indispensable realizarlo durante la propagación en laboratorio y aplicación del hongo en el campo. El hongo requiere altas humedades relativas (>95%) para la germinación de las esporas y es muy susceptible a los rayos del sol. El momento más adecuado de su aplicación en el campo es cuando la broca está iniciando la penetración al fruto de café. La biología de *B. bassiana* se describe a continuación.

***Beauveria bassiana*.** Este hongo entomopatógeno, cuyo rango de huéspedes y distribución geográfica son amplios, es común encontrarlo ocasionando epidemias o micosis en adultos de *H. hampei* bajo condiciones naturales en los agroecosistemas cafetaleros, sobre todo aquellos bajo sombra.

A finales de la década de los 80's, un estudio de campo realizado en la región

cafetalera del Soconusco (Chiapas) mostró que *B. bassiana* se encontraba presente de forma natural atacando a la broca tanto en *C. arabica* como en *C. canephora*, en particular fue más abundante en esta última especie, aunque los niveles de micosis fueron menores a 1% (Méndez-López, 1990).

Su reconocimiento en campo es relativamente fácil, ya que el cadáver de la broca afectada permanece adherido en la pulpa del fruto, al nivel del canal de penetración, y tiene la apariencia de una mota minúscula de algodón. Tal apariencia se debe a las estructuras reproductivas del hongo que son hialinas y microscópicas, y que han esporulado o emergido de la broca muerta –por las partes blandas del integumento– con el propósito de diseminación en el ambiente y colonización de un nuevo huésped.

Beauveria bassiana es un hongo hifomiceto que tiene formas miceliales o conidióforos que llevan esporas asexuales o conidias (Alatorre-Rosas 2007). El proceso de infección de la broca del café inicia con la adhesión de las conidias a la superficie de la cutícula; posteriormente, las conidias germinan estimuladas por el integumento del huésped y emiten estructuras especializadas, que, con procedimientos físicos y enzimáticos, traspasan la cutícula hasta llegar al hemocelo. En el interior del insecto, el hongo crece en cuerpos hifales o blastosporas, las cuales invaden y consumen todos los tejidos y órganos. Como consecuencia de la alimentación del hongo, su crecimiento hifal y la producción de toxinas, la broca muere. Para esporular y continuar el ciclo infeccioso, las hifas del patógeno emergen al primero o cuarto día de la muerte del huésped. Un cadáver de broca puede producir alrededor de 10 millones de esporas;

desde que inicia la infección hasta el desprendimiento de las esporas transcurren 8.2 días en laboratorio y entre 15 y 30 días en campo (Bustillo, 2006).

La virulencia del patógeno y su respuesta a factores abióticos varían conforme el origen de la cepa o aislamiento. De manera general, la germinación de las esporas, el crecimiento micelial y la esporulación son satisfactorios entre 10 y 30 °C y humedad relativa mayor a 92%. La luz natural del sol es perjudicial para el patógeno, pues su exposición directa a ésta durante 60 min lo inactiva casi en su totalidad (Edgington *et al.*, 2000).

Por lo general, los aislados de *B. bassiana* usados contra la broca del café en México se propagan a escala masiva usando arroz como sustrato. Se sabe que el hongo pierde gran parte de la virulencia después de cultivarlo por más de tres generaciones en medios artificiales, por lo cual es necesario reactivarlo mediante inoculaciones en brocas (Bustillo 2006). Todavía el hongo es almacenado y transportado sin separarlo del sustrato, pero la tendencia es hacia cosechar las esporas y almacenarlas en formulaciones aceitosas o polvos humectables (p.e. sílica gel).

Bajo las mismas condiciones ambientales de campo, *B. bassiana* provoca mayores porcentajes de micosis sobre broca que *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin. Los resultados de la eficiencia de *B. bassiana* contra la broca en campo son muy variables, pudiendo fluctuar de 20 a 75% (Bustillo, 2006). Para inducir mayores porcentajes de micosis es recomendable hacer selección de cepas o aislamientos. Aunque se sugiere el uso de las cepas que ocurren de forma natural sobre *H. hampei* en cafetales –por mayor adaptación al

ambiente–, se han reportado casos de alta virulencia ocasionada por aislados provenientes de huéspedes distintos a la broca y colectados en otros agroecosistemas.

El momento de la aplicación del hongo en campo también es importante: es recomendable aplicarlo cuando la broca adulta inicia la perforación del fruto o ésta se encuentra en el túnel de perforación, lo cual ocurre entre los 80 y 120 días después de la floración principal. El uso de dispersante-adherente es necesario para lograr una mezcla homogénea de los conidios en el agua de la aspersora y mayor retención de las esporas en los cafetos. Aspersiones con bomba manual de soluciones acuosas de *B. bassiana* a concentraciones de 1×10^{10} conidias/cafeto en finca micosadas entre 14.3 y 40.6%.

La persistencia de las conidias de *B. bassiana* en hojas y frutos de café se redujo en 95 y 90% respectivamente después de cinco días de su aplicación en campo. Por lo tanto, se ha encontrado que son necesarias dos aplicaciones del hongo para lograr mejor control. En México, se recomienda usar una concentración de 1.3×10^{12} esporas/ha (SAGARPA, 2007). Para evitar el efecto nocivo de la luz solar sobre el hongo, las aplicaciones en campo deben hacerse temprano por la mañana (06:00-08:00 h). Algunas sustancias como el albumen de huevo y la leche en polvo desnatada pueden actuar como fotoprotectores de las conidias de *B. bassiana*, y permiten incrementar hasta en tres veces su persistencia (Edgington *et al.* 2000).

Compatibilidad entre enemigos naturales. La combinación compatible de varios agentes de control biológico puede

reducir con mayor eficacia las poblaciones de la broca del café. Sin embargo, algunos cuidados se deben tomar para evitar la competencia entre ellos en perjuicio de su eficacia.

Dado que *C. stephanoderis* y *P. nasuta* compiten por los mismos estados de desarrollo de la broca (Batchelor *et al.*, 2005, 2006), no conviene liberarlos en el mismo sitio. Es recomendable liberar a *P. nasuta* arriba de 1000 m de altitud, ya que es más eficiente que *C. stephanoderis* a temperaturas bajas.

No existe una competencia directa entre cualquiera de los betílidos y *P. coffea*, pues los primeros dependen de los inmaduros y el eulófido de los adultos de broca. En todo caso, el momento más adecuado para su liberación no coincide. A *P. coffea* se le debe liberar cuando la broca está a nivel de la pulpa o cuando está iniciando la perforación, en tanto que los betílidos deben ser liberados cuando la broca se encuentra en el interior del grano y tiene progenie.

Una competencia directa se presenta entre el parasitoide *P. coffea* y el hongo *B. bassiana* (Castillo, 2005 a, b; Bustillo, 2006). Ambos explotan el mismo recurso (adulto de broca) y se ha recomendado usarlos en la misma época: entre los 80 y 120 días después de la floración. A fin de evitar la competencia, se debe dar prioridad a las aspersiones de *B. bassiana* en agroecosistemas cafetaleros con más sombra, ya que la humedad relativa en éstos podría favorecer su eficacia. En todo caso, no se deben liberar juntos, sino esperar de dos a tres semanas entre la liberación de una y otra especie.

El aceite de coco es un excelente

coadyuvante, mejora la viabilidad de las esporas y se puede aplicar con equipos de ultra bajo volumen. Según Prior *et al.* (1988), *B. bassiana* es 30 veces más efectivo aplicado en aceite que en agua. Otros estudios indican que después de las aplicaciones no se detectó persistencia del hongo en el suelo y que menos del 2% de los insectos no blanco monitoreados fueron infectados por *B. bassiana*. Por problemas de incompatibilidad, no es recomendable mezclar el hongo con fungicidas o insecticidas químicos durante la aplicación. Por otro lado, y los betílidos, se debe evitar todo posible contacto entre ellos porque los parasitoides son susceptibles a la infección del hongo (De la Rosa, 2000b).

Otras interacciones también se deben considerar. Por ejemplo, los hábitos hiperparasíticos de *C. hyalinipennis* (betílido nativo) sobre *C. stephanoderis* y *P. nasuta* (betílidos africanos) (Batchelor *et al.*, 2005, 2006); otro ejemplo a considerar es el parasitismo que puede sufrir *P. coffea* por el nematodo nativo *M. hypothernemi*, cuando ataca brocas infectadas (Castillo 2005 a). En ambos casos, los parasitoides africanos se deben liberar cuando las poblaciones de estos organismos nativos son bajas, para lo cual es necesario inspeccionar los sitios de liberación antes de efectuar las liberaciones.

Con respecto a las hormigas, se debe poner atención a la posible depredación que puedan ejercer sobre los parasitoides de la broca. Como se dijo antes, algunos estudios han documentado que ciertas hormigas depredan sobre *H. hampei* (Varón *et al.* 2004, Vélez-Hoyos *et al.* 2006), y no sorprendería suponer que también lo hicieran sobre los parasitoides. También habría que considerar algunos efectos indirectos como el caso citado de la hormiga *A. instabilis* y la escama

C. viridis (Perfecto y Vandermeer 2006), interacción que finalmente afecta a la población de la broca del café y podría repercutir sobre sus parasitoides.

Por último, aunque la asociación simbiótica de algunos microorganismos con *H. hampei* ha sido cuestionada (Pérez *et al.*, 1996, 2003, 2005; Rojas *et al.*, 1999; Vega *et al.*, 1999b; Morales-Ramos *et al.*, 2000; Carrión y Bonet, 2004), es conveniente considerar la posible interacción de la microbiota asociada a la broca con el desempeño de sus enemigos naturales

Control etológico o trampeo

Mendoza (1991) en Brasil y Gutiérrez-Martínez *et al.* (1993a) en México realizaron los primeros trabajos que reportaron la atracción del etanol y metanol a la broca del café a principios de la década de 1990. Ambos estudios señalaron un efecto sinergista 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).

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” (Figura 12) porque los embudos y el techo fueron sustituidos por vasos y un plato de plástico para fiestas, respectivamente. Aparte de estas experiencias, y con excepción de la trampa fiesta en Costa Rica, la trampa de embudos múltiples ha sido usada muy poco.

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”. En Colombia se desarrolló la trampa “CENICAFÉ” (Herrera, 1997).

En tanto salvadoreños (PROCAFÉ) y franceses (CIRAD), desarrollaron la trampa “Brocap®” (Figura 12) con aspas de color rojo (Dufour *et al.*, 1999; González y Dufour, 2000). 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-Almengor, 2005b). 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 han sido más populares las 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 trampeo 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 (metanoletanol + extracto de frutos de café) embebido en trozos (3 x 3 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, mientras que en los sistemas actuales la recarga puede ser cada 2-3 meses. 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, en México se generó en colaboración con el Dr. A. Villarcorta de IAPAR la trampa “ECOIAPAR” (Figura 6), cuyo nombre alude a ECOSUR y IAPAR (Barrera *et al.*, 2003).

Las trampas artesanales se elaboran a partir de botellas de refrescos embotellados

no retornables de plástico PET de diversas capacidades y colores. Se usan por lo común botellas de 2.0-2.5 L de capacidad a las cuales se les hace generalmente una ventana en un costado para permitir la liberación del atrayente y la entrada de las brocas voladoras atraídas. En algunos lugares se usan botellas con tres ventanas, sin embargo, un estudio señala que éstas capturaron menos broca y fueron más costosas que las de una ventana (Barrera *et al.*, 2008). Las trampas se ceban con una mezcla de metanol (alcohol metílico) y etanol (alcohol etílico) en proporción 1:1 ó 3:1. Las brocas son capturadas al entrar a la trampa y caer en el agua que se coloca en la base de la botella. Típicamente se colocan de 16 a 25 trampas por hectárea. Cada trampa se sujeta con un alambre galvanizado a la rama de un cafeto, a 1.2-1.5 m sobre el nivel del piso. Las brocas capturadas se remueven de la trampa cada semana para su cuantificación y se aprovecha para sustituir el agua usada por agua limpia. El periodo inter cosecha, es decir, cuando las lluvias no se han establecido y la broca se encuentra concentrada en los frutos de café que no fueron cosechados, es el mejor momento para colocar las trampas. En este periodo ocurre la emergencia masiva de las hembras o proceso de dispersión de la población y colonización de nuevos frutos hospedantes.

El Manual Técnico-Operativo de la Campaña contra la Broca del Café (SENASICA, 2008), establece el uso de 16 trampas artesanales por hectárea por lo común de 1.5 a 3 L de capacidad del envase, con 1 y 3 ventanas, cebadas con una mezcla de metanol: etanol de 3:1 y con un gotero de 20mL de capacidad para dispersar el atrayente.

De acuerdo con Dufour *et al.* (2007), mejores resultados en la supresión de la

plaga se obtienen al combinar el trapeo masivo con una cosecha sanitaria estricta.



Figura 12. Trampas para la captura de broca del café. De izquierda a derecha: Trampa Brocap, Trampa Fiesta y Trampa ECOIAPAR (Foto: J.F. Barrera).

Control químico

El control químico se debe usar como última alternativa, aplicado a focos de infestación y si la población de la broca alcanza el umbral económico, calculado con base en el precio del quintal y el costo de la aplicación.

Endosulfán tuvo registro en México para el control de la broca del café; sin embargo, la Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México, una asociación civil mexicana, se sumó a la campaña de apoyo para la eliminación de citado insecticida en el Convenio de Estocolmo y la cancelación de su registro en México (RAPAM, 2014).

Actualmente, no se cuenta con insecticidas registrados para el control de la broca en México. A pesar de ello, ciantraniliprol está registrado en México en diversos cultivos, excepto café (DEAQ, 2018); sin embargo, en Brasil, se están realizando esfuerzo para registrar este ingrediente activo con fines de control de la plaga puesto que se está basando su registro en el obtenido en Estados Unidos, Canadá, La Unión Europea y Japón (Revista El Agro, 2018). En Colombia, se ha investigado el uso de insecticida a base de clorantraniliprol y tiametoxam (100 y 200 g de ingrediente activo/L) a dosificación de 1 a 3 L de producto / L de agua con resultado de de control 87.4 a 97.9%, respectivamente (FNPC-Cenicafé, 2013).

El momento más oportuno de la aplicación es cuando la broca adulta inicia la perforación del fruto en el estado de desarrollo denominado de semi-consistencia (aprox 20% de peso seco del grano), periodo que varía según la temperatura (y altitud) de 90 a 140 días después de la floración principal.

CONCLUSIÓN

Como se ha mostrado en esta revisión, en la actualidad existe suficiente conocimiento y tecnología para el buen manejo de la broca del café. A lo largo de los años, tanto en México como en otros países, se han desarrollado tecnologías que permiten un manejo de la plaga más económico y ambientalmente más amigable con la naturaleza. Sin embargo, la broca sigue siendo una plaga tan importante como lo fue hace más de 40 años.

Aunque los hábitos del insecto en particular que éste viva dentro de frutos del café complican su control, las características socioeconómicas y ambientales que prevalecen en las zonas cafetaleras son los factores limitantes más importantes. Tales condiciones dificultan que los productores tengan acceso y que usen la tecnología disponible sobre MIB. A fin de superar este problema, se ha sugerido que la implementación del MIB debe estar basada en un enfoque holístico (Barrera, 2006, 2007, 2009; Barrera *et al.*, 2007).

Este enfoque privilegia acciones encaminadas a fortalecer las capacidades de los productores, partiendo del supuesto que los productores organizados, con diversificación agroecológica de sus fincas o parcelas y mejores mercados para sus productos, entre otros aspectos, estarán en mejores condiciones para enfrentar a una plaga como la broca del café.

A diferencia de los programas convencionales de control, que establecen ciertos porcentajes de infestación como criterios de medida del éxito, para un programa con enfoque holístico el éxito consiste en reducir el riesgo que representa la plaga para el agricultor. Dado que el riesgo hacia la broca está relacionado con la vulnerabilidad de los productores y su capacidad de respuesta para enfrentar a dicha plaga, cualquier avance que signifique una reducción del riesgo se traducirá en una mejora de las condiciones de los productores, lo cual tendrá efectos positivos para el programa MIB. El reto está en cambiar el paradigma convencional de la protección fitosanitaria por el paradigma del manejo holístico de plagas.

BIBLIOGRAFÍA

Abraham, Y. J., D. Moore and G. Godwin.

1990. Rearing and aspects of biology of *Cephalonomia stephanoderis* and *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyilidae) parasitoids of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). Bulletin of Entomological Research 80: 121–128.

Alatorre-Rosas, R. 2007. Hongos entomopatógenos, pp. 127-143. In: L.A. Rodríguez-del-Bosque y H.C. Arredondo-Bernal (eds.), Teoría y aplicación del control biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico, México.

Armbrecht, I. y M.C. Gallego. 2007. Testing ant predation on the coffee berry borer in shaded and sun coffee plantations in Colombia. Entomol. Exp. App. 124: 261-267.

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: 924.

Baker, P.S. 1999. La broca del café en Colombia. DFID, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, CABI Bioscience. 146 p.

Baker, P.S. y J.F. Barrera. 1993. A field study of a population of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae), in Chiapas, Mexico. Trop. Agric. 70: 351- 355.

Baker, P.S., J.F. Barrera y J.E. Valenzuela. 1989. The distribution of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) in southern Mexico: A survey for a biocontrol project. Tropical Pest

Management 35: 163-168.

Baker, P.S., J.F. Barrera y 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 and 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 and J.F. Barrera. 1994. Abiotic mortality factors of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*). Entomol. Exp. App. 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 de doctorado. Université Paul-Sabatier, Francia, 301 p.

Barrera, J.F. 2006. Manejo holístico de plagas: Hacia un nuevo paradigma de la protección fitosanitaria. En: J. Pohlan, L. Soto J. Barrera (eds.), El cafetal del futuro: Realidades y Visiones. Aachen, Shaker Verlag, Alemania, p. 63-82.

Barrera, J.F. 2007. Manejo Holístico de Plagas: Más allá del MIP. En: XXX Congreso Nacional de Control Biológico. Mérida, Yucatán, México.

Barrera, J. F. 2009. La necesidad del enfoque holístico en el manejo de plagas, p. 1-28. En: J.C. Arrivillaga, M. El Souki y B. Herrera (eds.), Enfoques y temáticas en

- entomología. Sociedad Venezolana de Entomología. XXI Congreso Venezolano de Entomología. Caracas, Venezuela.
- Barrera, J.F. y D. Enkerlin.** 1983. Un insecto que tiene en jaque a la cafeticultura: la broca del grano del café. *Econoticias* 3: 3-6.
- Barrera, J.F., P.S. Baker, A. Schwarz y 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. Gómez, A. Castillo, E. López, J. Herrera y G. González.** 2008. Broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae), p. 101-120. En: H.C. Arredondo-Bernal y L.A. Rodríguez-del-Bosque (eds.), *Casos de Control Biológico en México*. MundiPrensa, México. 423 p.
- Barrera, J.F., J. Gomez and C. Alauzet.** 1995. Can the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) reproduce by parthenogenesis? *Entomologia Experimentalis et Applicata* 77: 351-354.
- Barrera, J.F., J. Gómez, F. Infante, A. Castillo et W de la Rosa.** 1989. Biologie de *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Hymenoptera: Bethyilidae) en laboratoire. I. Cycle biologique, capacité d'oviposition et emergence du fruit du caféier. *Café Cacao Thé* 33: 101-108.
- Barrera, J.F., J. Herrera, M. Chiu, J. Gómez y J. Valle Mora.** 2008. La trampa de una ventana (ECOIPAR) captura más broca del café *Hypothenemus hampei* que la trampa de tres ventanas (ETOTRAP). *Entomología Mexicana* 7: 619-624.
- Barrera, J.F., J. Herrera y J. Gómez.** 2007. Riesgo vulnerabilidad hacia la broca del café bajo un enfoque de manejo holístico, p. 131-141. En: Barrera, J.F., A. García, V. Domínguez y C. Luna (eds.), *La Broca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques*. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. México.
- Barrera, J.F., F. Infante, C. Alauzet, J. Gómez, A. Castillo et W de la Rosa.** 1993a. Biologie de *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Hymenoptera: Bethyilidae) en laboratoire. II. Durée de développement, sex-ratio, longévité et espérance de vie des adultes. *Café Cacao Thé* 37: 205- 214.
- Barrera, J.F., F. Infante, J. Gómez, A. Castillo y W. de la Rosa.** 1991. Guía Práctica: Cría y manejo de parasitoides para el control biológico de la broca del café en comunidades rurales. Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste. 31 p.
- Barrera, J.F., F. Infante, J. Gómez, A. Castillo y W. de la Rosa.** 1993b. 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, A. Castillo, J. Gómez y W. de la Rosa.** 1992. Descripción de la cría rural de parasitoides para el control biológico de la Broca del Café y análisis de su adopción y transferencia. En: XV Simposio sobre Caficultura Latinoamericana. SARH-INMECAFE- PROMECAFE/ IICA. Xalapa, Veracruz, México.
- Barrera, J.F., D. Moore, Y.J. Abraham, S.T. Murphy and C. Prior.** 1990b. 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 y J. Herrera.**
2004b. 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, J.F., A. Villacorta, J. Herrera, R.
Jarquín y 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 téc. No. 8, 16 p.
- Batchelor, T.P., I.C.W. Hardy, J.F. Barrera
and G. PérezLachaud.** 2005. Insect
gladiators II: Competitive interactions
within and between bethylid parasitoid
species of the coffee berry borer,
Hypothenemus hampei (Coleoptera:
Scolytinae). Biol. Control 33:194-202.
- Batchelor, T.P., I. C.W. Hardy and J.F.
Barrera.** 2006. Interactions among
bethylid parasitoid species attacking the
coffee berry borer, *Hypothenemus
hampei* (Coleoptera: Scolytidae).
Biological Control 36: 106118.
- Benassi, V.L.R.M.** 1995. Levantamento dos
inimigos naturais da broca do café
Hypothenemus hampei (Ferr.)
(Coleoptera: Scolytidae) no norte do
Espírito Santo. An. Soc. Entomol. Brasil
24: 635-638.
- Benavides P., F.E. Vega, J. Romero-
Severson. A.E. Bustillo and J.J. Stuart.**
2005. Biodiversity and biogeography of
an important inbred pest of coffee, coffee
berry borer (Coleoptera: Curculionidae:
Scolytinae). Ann. Entomol. Soc. Am. 98:
359-366.
- Bergamin, J.** 1943. Contribuição para o
conhecimento da biologia da broca do
café “*Hypothenemus hampei* (Ferrari
1867)” (Col. Ipidae). Arq. Instit. Biol. 14:
31-72.
- 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 cafeto, *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.
- Borsa, P. and F. Kjellberg.** 1996.
Experimental evidence for pseudo-
arrhenotoky in *Hypothenemus hampei*
(Coleoptera: Scolytidae). Heredity 76:
130-135. Brun, L.O., C. Marcillaud, V.
Gaudichon & D. M. Suckling. 1989.
Endosulfan Resistance in *Hypothenemus
hampei* (Coleoptera: Scolytidae) in New
Caledonia. J. Econ. Entomol. 82: 1311-
1316.
- Brun, L.O., J. Stuart, V. Gaudichon, K.
Aronstein and R.H. Ffrench-
Constant.** 1995. Functional
haplodiploidy: A mechanism for the
spread of insecticide resistance in an
important international insect pest. Proc.
Natl. Acad. Sci. 92: 9861- 9865.
: Scolytidae) en Morelos, México. Dugesiana
15: 77-78.
- Bustillo, A.E.** 2006. Una revisión sobre la
broca del café, *Hypothenemus hampei*
(Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae),
en Colombia. Revista Colombiana de
Entomología 32: 101-116.

Bustillo, A.E., R. Cardenas and F.J.

Posada. 2002. Natural enemies and competitors of *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) in Colombia. Neotrop. Entomol. 31: 635-639.

CAB International. *Hypothenemus hampei*. (coffee berry borer) Disponible en: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/51521>. Fecha de consulta: mayo de 2018.

Campos-Almengor, O. 1981. El gándul *Cajanus cajan* como hospedero de la broca del fruto del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1867) en Guatemala. In: IV Simposio Latinoamericano sobre Caficultura, Guatemala, Guatemala, p. 155-159.

Campos-Almengor, O. 2005a. Manejo integrado de la broca del café en una finca de producción comercial en Guatemala. In: 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-Almengor, O.G. 2005b. Evaluación de diseños de trampas para el control de la broca. El Cafetal (Guatemala), 5-7.

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.

Carrión, G. and A. Bonet. 2004. Mycobiota associated with the coffee berry borer (Coleoptera: Scolytidae) and its galleries in fruit. Annu. Entomol. Soc. Am. 97:492-

499.

Castillo, A. 2005a. Perspectivas de utilización del parasitoide *Phymastichus coffea* en el manejo integrado de la broca del café. In: 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.

Castillo, A. 2005b. Análisis posintrodutorio de *Phymastichus coffea* LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae), a México. Tesis doctoral. Colegio de Posgraduados, México. 150 p.

Castillo V., A. 2007. Nematodos parásitos de la broca del café, p. 111-120. In: J.F. Barrera, A. García, V. Domínguez y C. Luna (eds.), La Broca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. México.

CESVVER (Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Veracruz). 2018. Broca del Café *Hypothenemus hampei*. Disponible en: <http://cesvver.org.mx/broca-del-cafe-hypothenemus-hampe/>. Fecha de consulta: mayo de 2018.

Cohic, F. 1958. Le "scolyte du grain de café" en NouvelleCalédonie. Café, Cacao, Thé 2: 10-14.

Corbett, G.H. 1933. Some preliminary observations on the coffee berry borer *Stephanoderes (Chryphalus) hampei* Ferr. Malayan Agricultural Journal 21: 8-22..

Crop Life (Latinamérica). s/a. Broca del café, el enemigo principal de los cafetales. Disponible en: <https://www.croplifela.org/es/plagas/plaga-del-mes>. Fecha de consulta: mayo de

- 2018.
- Damon, A.** 2000. A review of the biology and control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). Bull. Entomol. Res. 90: 453-465.
- Damon, A., H. Segura, J. Valle & A. Santiesteban. 1999. Effect of *Euphorbia hirta* nectar and its components sugars, upon the survival of bethylid parasitoids of the coffee berry borer. Southwestern Entomologist 24: 49-59.
- Damon, A. and J. Valle.** 2002. Comparison of two release techniques for the use of *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethylinidae), to control the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) in Soconusco, southeastern Mexico. Biological Control 24:117-127.
- DEAQ.** 2018. Productos agroquímicos: Benevia (ciantraniliprol): Dupont Mexicana, S.A de C.V. Disponible en: <http://www.agroquimicos-organicosplm.com/benevia-41-96-8219-120-3>. Fecha de consulta: mayo de 2018.
- De la Rosa, W., W., R. Alatorre, J.F. Barrera and C. Toriello.** 2000a. Effect of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycetes) upon the coffee berry borer (Coleoptera: Scolytidae) under field conditions. J. Econ. Entomol. 93: 1409-1414.
- De la Rosa, W., H.R. Segura, J.F. Barrera and T. Williams.** 2000b. Laboratory evaluation of the impact of entomopathogenic fungi on *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethylinidae), a parasitoid of the coffee berry borer. Environ. Entomol. 29: 126-131.
- De Toledo, A.A.** 1942. Notas sobre a biología da vespa de Uganda “*Prorops nasuta* Waterst.”, (Hym.: Bethyl.) no estado de S. Paulo- Brasil. Arq. Inst. Biol. 13: 234-260.
- De Toledo, A.A.** 1947. Importância econômica da broca do café “*Hypothenemus hampei* (Ferr.)” no Estado de S. Paulo. Arq. Inst. Biol. 18: 213-238.
- De Toledo Piza Junior, S. y J. Pinto da Fonseca.** 1935. *Heterospilus coffeicola* Schmied. parasita da “broca do café”, *Stephanoderes hampei* (Ferr.). Arq. Inst. Biol. 6: 179-200.
- Diario La Tribuna.** 2017. La broca del café. Disponible en: <http://www.latribuna.hn/2017/09/16/la-broca-del-cafe/>. Fecha de consulta: mayo de 2018.
- Diario Martinense.** 2018. La broca del café afecta cultivos de Misantla. Disponible en: <http://diarioelmartinense.com.mx/estado/misantla/59310-la-broca-del-cafe-afecta-cultivos-de-misantla.html>. Fecha de consulta mayo de 2018.
- DOF (Diario Oficial de la Federación).** 1978. Cuarentena Interior No. 12. contra la Broca del Café. México. 27 de octubre de 1978, p. 1-8.
- DOF (Diario Oficial de la Federación).** 1997. Norma Oficial Mexicana NOM-002-FITO-1995. Campaña contra la Broca del Café. México. 8 de enero de 1997, p. 22-29.
- DOF (Diario Oficial de la Federación).** 2001. Norma Oficial Mexicana NOM-002-FITO-2000. Campaña contra la Broca del Café. México. 18 de abril de 2001, p. 1-9.
- Dufour, B.P.** 2002. Validación de la trampa Brocap para el control de la broca del café. Boletín de PROMECAFE 93: 14- 20.
- Dufour, B., J.F. Barrera y 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. P., F. Franco Franco y A. Hernández.** 2007. Evaluación del trampeo en el marco del manejo integrado de la broca del café. In: J.F. Barrera, A. García, V. Domínguez & C. Luna (eds.), La Boca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. México, p. 89-99.
- Edgington, S., H. Segura, W. de la Rosa & T. Williams.** 2000. Photoprotection of *Beauveria bassiana*: testing simple formulations for control of the coffee berry borer. International Journal of Pest Management 46: 169-176.
- EPPO.** 2017. PQR-EPPO database on quarantine pests. Disponible en: <http://www.eppo.int>. Fecha de consulta mayo de 2018.
- FNPC (Federación Nacional de Productores de Café- Cenicafé).** 2013. Nuevo producto en el manejo integrado de la broca del café en Colombia. Disponible en: <http://docplayer.es/39322406-Nuevo-producto-en-el-manejo-integrado-de-la-broca-del-cafe-en-colombia.html>. Fecha de consulta: mayo de 2018.
- Feldhege, M.R.,** 1992. Rearing techniques and aspects of biology of *Phymastichus coffea* (Hymenoptera: Eulophidae), a recently described endoparasitoid of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). Café Cacao Thé 36, 45-54.
- Gama, F. de C., C.A.D. Teixeira, A. Garcia, J. N.M. Costa e D.K.S. Lima.** 2006. Diversidade de fungos filamentosos associados a *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) e suas galerias em frutos de *Coffea canephora* (Pierre). Neotropical Entomology 35: 573-578.
- García- Verdugo, H., J.F. Barrera, E. Pinson, F.J. Valle y 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.
- Gómez, J., J.F. Barrera, J. Rojas, J. Macías, P. Liedo, M. Badii and L. Cruz.** 2005. Volatile compounds released by disturbed females of *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyilidae): a parasitoid of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). Florida Entomologist 88: 180-187.
- González, M. O. y B. P. Dufour.** 2000. Diseño, desarrollo y evaluación del trampeo 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. y 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 y A. Virgen.** 1993b. Trampeo en campo de la broca del fruto de café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) con los semioquímicos volátiles del fruto de café (*Coffea canephora*) Pierre ex Froehner. En: XVI Simposio de Caficultura Latinoamericana. Managua, Nicaragua, p. 51-52.
- Guzmán, R.E. y 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.
- Hargreaves, H.** 1926. Notes on the coffee berry-borer (*Stephanoderes hampei* Ferr.) in Uganda. Bull. Ent. Res. 16: 347-354.
- Hempel, A.** 1934. A *Prorops nasuta* Waterston no Brasil. Arq. Inst. Biol. 5: 197-216.
- Hernández, M. y A. Sánchez.** 1972. La broca del fruto del café. Asociación Nacional del Café. Guatemala. Boletín No. 11.
- 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.
- Infante, F.** 1998. Biological control of *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) in Mexico, using the parasitoid *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyridae). Tesis de doctorado. Imperial College, Inglaterra, 173 p.
- Infante, F., J.H. Luis, J.F. Barrera, J. Gómez and A. Castilo.** 1992. Thermal constants for preimaginal development of the parasitoid *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyridae). Can. Entomol. 124: 935-941.
- Infante, F., J. Mumford and I. Mendez.** 2001. Non-recovery of *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyridae), an imported parasitoid of the coffee berry borer (Coleoptera: Scolytidae) in Mexico. Southwest. Entomol. 26: 159-163.
- Infante, F., S.T. Murphy, J.F. Barrera, J. Gómez, W. de la Rosa y A. Damon.** 1994. Cría de *Phymastichus coffea* parasitoide de la broca del café, y algunas notas sobre su historia de vida. Southwestern Entomologist 19: 313-315.
- Infante, F., A. Castilo, J.C. Espinoza, V.H. Galindo, M.J. Ortíz, R. Montes, J.F. Barrera, J. Gómez & F. Vega.** 2003. "Phymastichus" la avispa que parasita a los adultos de la broca del café. El Colegio de la Frontera Sur, México. 14 p.
- Infante, F., J.C. Espinoza, R. Montes, A. Castilo y F. Vega.** 2005. Historia natural de la avispa *Phymastichus coffea*. El Colegio de la Frontera Sur, México. 14 p.
- IPPC.** 2017. NIMF #8: Determinación de la situación de una plaga. En línea: <https://www.ippc.int/es/core-activities/governance/cpm/> Fecha de consulta: enero de 2018.
- INMECAFÉ. (Instituto Mexicano del Café).** 1991. Acciones emprendidas contra la broca del grano de café *Hypothenemus hampei* Ferr. 1867. Septiembre de 1991. Xalapa, Veracruz, México. Engargolado.
- Jaramillo, J., E. G. Chapman, F. E. Vega and J. D. Harwood.** 2010. Molecular diagnosis of a previously unreported predator-prey association in coffee: *Karnyothrips flavipes* Jones

- (Thysanoptera: Phlaeothripidae) predation on the coffee berry borer. *Naturwissenschaften* 97:291-298.
- Jaramillo, J., C. Borgemeister and 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 y R. Montes.** 2002. Manejo Integrado de la Broca del Café bajo dos modelos de transferencia de tecnología. In: 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 y 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.
- Jepson, E.P.** 1935. Report on the work of the Entomological Division. Ceylon Administration Reports, 1935, Part IV. Education, Science and Art (D), pp. D 46- D 53.
- Johannesson, N.E. and A. Mansingh.** 1984. Host pest relationship of the genus, *Hypothenemus* (Scolytidae: Coleoptera) with special reference to the coffee berry borer, *H. hampei*. *J. Coffee Res.* 14: 43-56.
- Kirkendall, L.R.** 1983. The evolution of mating systems in bark and ambrosia beetles (Coleoptera: Scolytidae and Platypodidae). *Zool. J. Linn. Soc.* 77: 293-352.
- Kirkendall, L.R.** 1993. Ecology and evolution of biased sex ratios in bark and ambrosia beetles, pp. 233-345. In: D.L. Wrensch and M.A. Ebbert (eds.), *Evolution and diversity of sex ratio in insects and mites*. Chapman and Hall, New York, USA.
- Koch, V.J.M.** 1973. Abondance de *Hypothenemus hampei* Ferr., scolyte des graines de café, en fonction de sa plante-hôte et de son parasite *Cephalonomia stephanoderis* Betrem, en Côte d'Ivoire. *Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen* (73-16). 85 p.
- Leefmans, S.** 1920. Voorloopige mededeelingen Omtrent koffiebessenboek. Publicaties van het Nederlandsch-Indisch Landbouwsyndicaat Soerabaya XII, 15: 645-663 (RAE, 10: 571).
- Leefmans, S.** 1923. De koffiebessenboek (*Stephanoderes hampei* Ferrari = coffeae Hagedorn). I. Levenswijze en oecologie. *Mededeelingen Instituut voor Plantenziekten* 57: 1-94. (Resumen en Inglés).
- Le Pelley, R.H.** 1973. Las plagas del café. Editorial Labor, S.A. Barcelona, España. 693p.
- Lindgren, B. S.** 1983. A multiple funnel trap for scolytid beetles (Coleoptera). *Can. Entomol.*, 115: 299- 302.
- López-Guillen, G., J. Valdes Carrasco, L. Cruz-López, J. F. Barrera, E. A. Malo and J. C. Rojas.** 2011. Morphology and structural changes in flight muscles of *Hypothenemus hampei* females. *Environmental Entomology.* 40. En prensa.
- López-Vaamonde, C., P.S. Baker, M. J.W. Cock y J. OrozcoHoyos.** 1997. Informe sobre *Phymastichus coffea* (Hymenoptera: Eulophidae, Tetrastichinae), un agente de control biológico contra *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) en Colombia. CABl. UK.
- López-Vaamonde, C. and D. Moore.** 1998.

- Developing methods for testing host specificity of *Phymastichus coffea* LaSalle (Hym.: Tetrastichinae), a potential biological control agent of *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Col.: Scolytidae) in Colombia. *Biocontrol Sci. Tech.* 8: 397411.
- Méndez-López, I.** 1990. Control biológico de la broca del fruto del café *Hypothenemus hampei* (Ferr.) (Coleoptera: Scolytidae) con el hongo *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (Deuteromycetes) en el Soconusco, Chiapas, México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. 135 p.
- 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.
- Mansingh, A.** 1991. Limitations of insecticides in the management of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* Ferrari. *J. Coffee Res.* 21: 67-98.
- Morales-Ramos, J. A., M. G. Rojas, B. H. Sittertz and G. Saldaña.** 2000. Symbiotic relationship between *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) and *Fusarium solani* (Moniliales: Tuberculariaceae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 93: 541- 547
- Morallo-Rejesus, B. and E. Baldos.** 1980. The biology of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Ferr.) (Scolytidae, Coleoptera) and its incidence in the Southern Tagalog Provinces. *Philipp. Ent.* 4: 303-316.
- Moore, D. and C. Prior.** 1988. Present status of biological control of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei*. Brighton Crop Protection Conference-Pests and Diseases- 1988, 3: 1119-1124.
- Muñoz, R.** 1989. Ciclo biológico y reproducción partenogenética de la broca del fruto del café *Hypothenemus hampei* (Ferr.). *Turrialba* 39: 415-421.
- Murphy, S.T. and D. Moore.** 1990. Biological control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae): previous programmes and possibilities for the future. *Biocontrol News Inf.* 11: 107117.
- Murphy, S.T. and D. K. Rangi.** 1991. The use of the African wasp, *Prorops nasuta* for the control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* in Mexico and Ecuador: The introduction programme. *Insect Sci. Applic.* 12: 2734.
- NBAIR (National Bureau of Agricultural Insect Resources).** 2013. Insects in Indian Agroecosystems. Disponible en: <http://www.nbair.res.in/insectpests/index.php>. Fecha de consulta: mayo de 2018.
- Ochoa-Milian, H., O. Campos, B. Vidal y B. Decazy.** 1989. Determinación de pérdidas en la cosecha por broca del fruto del café *Hypothenemus hampei* Ferr., en función de diferentes porcentajes de infestación. *Revista Cafetalera* 303: 23-27.
- Ortiz-Persichino, C.** 1991. Pérdidas por la broca del café en el Soconusco, Chiapas. Informe Técnico. Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México, 126 p.
- Pérez, J., F. J. Posada y M. T. González.** 1996. Patogenicidad de un aislamiento de *Fusarium* sp. encontrado infectando la broca del café, *Hypothenemus hampei*. *Rev. Colomb. Entomol.* 22: 105- 111.
- Pérez, J., F. Infante, F.E. Vega, F. Holguín, J. Macías, J. Valle, G. Nieto, S.W. Peterson, C.P. Kurtzman and K.**

- O'Donnell.** 2003. Mycobiota associated with the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) in Mexico. *Mycol. Res.* 107: 879- 887.
- Pérez, J., F. Infante and F. E. Vega.** 2005. Does the coffee berry borer (Coleoptera: Scolytidae) have mutualistic fungi? *Ann. Entomol. Soc. Am.* 98: 483- 490.
- Pérez-Lachaud, G.** 1998. A new bethylid attacking the coffee berry borer in Chiapas (Mexico) and some notes on its biology. *Southern Entomol.* 23: 287-288.
- Perfecto, I. and J. Vandermeer.** 2006. The effect of an anthemipteran mutualism on the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) in southern Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 117: 218-221.
- PMM (Plantas Medicinales de México).** 2012. Café (*Coffea arabica*). Disponible en: <http://plantasdemexico.blogspot.com/2012/09/cafe-coffea-arabica.html>. Fecha de consulta: mayo de 2018.
- Portilla, M. y D.A. Streett.** 2004. Avances en el desarrollo de técnicas de cría masal de parasitoides de la broca del café. En: Workshop Internacional sobre el Manejo de la Broca del Café. IAPAR, SEAB, Gobierno del Paraná. Londrina, Paraná, Brasil. 15 p.
- Prior, C., P. Jollands, and G. Le Patourel.** 1988. Infectivity of oil and water formulations of *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) to the cocoa weevil pest *Pantorhytes plutus* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Invertebrate Pathology* 52: 66-72.
- PROCAFÉ (Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café).** s/a. Elija su modelo de trampa para controlar la broca en su cafetal. Hoja Técnica, <http://www.procafe.com.sv/docs/trampaartes> anal.pdf
- Quezada, J.R. y N.E. Urbina.** 1987. La broca del fruto del cafeto, *Hypothenemus hampei*, y su control, p. 48-59. In: J. Ponochet (ed.), *Plagas y enfermedades de carácter epidémico en cultivos frutales de la región centroamericana. Proyecto de Manejo Integrado de Plagas, Panamá. Informe Técnico No. 110.* Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.
- Ramírez Del Ángel, M., M. González C., A. Bello R. y S. Romero B.** 2007. Campaña nacional contra la broca del café en México: Operación y perspectivas. In: J.F. Barrera, A. García, V. Domínguez y C. Luna (eds.), *La Boca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques.* Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. México, p. 73-81.
- RAPAM (Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México).** 2014. Endosulfan. Disponible en: <http://www.rapam.org/endosulfan/>. Fecha de consulta: mayo de 2018.
- Rapsodia Digital.** 2016. Broca del Café. Disponible en: <https://rapsodiadigital.wordpress.com/2016/07/06/etiopia-gracias-por-el-cafe/broca-del-cafe/>. Fecha de consulta: mayo de 2018.
- Reid, J.C. and A. Mansingh.** 1985. Economic losses due to *Hypothenemus hampei* Ferr. during processing of coffee berries in Jamaica. *Tropical Pest Management* 31: 555-9.
- Revista el Agro.** 2018. Brasil: Aprueban insecticida para combatir la broca del café. Disponible en: <http://www.revistaelagro.com/brasil-aprueban-insecticida-para-combatir-la-broca-del-cafe/>. Fecha de consulta: mayo de 2018.

Rojas, M. G., J. A. Morales-Ramos and T. C. Harrington. 1999. Association between *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) and *Fusarium solani* (Moniliales: Tuberculariaceae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 92: 98-100

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2007. Apéndice Técnico-Operativo de la Campaña contra la Broca del Café, v. 2. Dirección General de Sanidad Vegetal-Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Noviembre de 2007, México, D.F. 64 p.

SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2008. Apéndice de Manejo Integrado de la Broca del Café en México (Manual Técnico-Operativo de la Campaña contra la Broca del Café). Clave APT-DPF-CCBC. Versión 3. Emisión 11/07/08. 66 p.

SIAP-SAGARPA. 2018. Anuario estadístico de la producción Agrícola (Cierre de la Producción Agrícola 2018). Disponible en:
http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/. Fecha de consulta: mayo de 2018.

Soto M., F. y J. R. Soto M. 1996. Determinación de daños en la broca del grano de café (*Hypothenemus hampei* Ferr.) en el municipio de Unión Juárez, Chiapas. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Nayarit, Nayarit, México. 57 p.

Ticheler, J.H.G. 1961. Étude analytique de l'épidémiologie du scolyte des graines de café, *Stephanoderes hampei* Ferr., en Côte d'Ivoire. *Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen* 61: 1-49.

Uniprot. 2018. Taxonomy: *Hypothenemus hampei* (Coffee berry borer). Disponibl

en:

<https://www.uniprot.org/taxonomy/57062>. Fecha de consulta: mayo de 2018.

Varaprasad, K.S., S.S. Balasubramanian, B.J. Diwakar and C.V. Ramarao. 1994. First report of an entomogenous nematode, *Panagrolaimus* sp. from coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) from Karnataka, India. *Indian Plant Protection Bulletin* 46: 42.

Varón, E.H., P. Hanson, O. Borbón, M. Carballo y L. Hilje. 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.

Vega, F.E., P. Benavides, J.A. Stuart y S.L. O'Neill. 2002. *Wolbachia* Infection in the Coffee Berry Borer (Coleoptera: Scolytidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 95: 374-378.

Vega F. E., F. Infante, A. Castillo y J. Jaramillo. 2009. The coffee berry borer, *Hypothenemis hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae): a short review, with recent finding and future research directions *Terrestrial Arthropod Reviews.* 2: 129-147 Disponible en: <https://www.ars.usda.gov/arsuserfiles/5818/TerrestrialArthropodReviews.pdf>. Fecha de consulta: mayo de 2018.

Vega, F.E. and G. Mercadier. 1998. Insects, coffee and ochratoxin A. *Fla. Entomol.* 81: 543- 544.

Vega, F.E., G. Mercadier, A. Damon and A. Kirk. 1999a. Natural enemies of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) in Togo and Cote d'Ivoire, and other insects associated with coffee beans. *Afr. Entomol.* 7: 243-248.

Vega, F. E., G. Mercadier y P. F. Dowd. 1999b. Fungi associated with the coffee

berry borer *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae), pp. 229- 236. In: Proceedings, 18th International Scientific Colloquium on Coffee, 2-6 October 1999, Helsinki, Finland.

Velasco P., H., B. Beristain y S. Díaz. 1999. Integración de métodos para el control de la broca *Hypothenemus hampei* Ferr. del fruto del cafeto en zona Córdoba-Huatusco, Veracruz, México. Informe final. Universidad Autónoma Chapingo, 98 p.

Velasco P., H., J.M. Llaven G. y A.F. Velázquez V. 1997. Respuesta a extractos de cerezas de café utilizados como atrayente para hembras inter cosecha de la broca del fruto *Hypothenemus hampei* Ferr. En: Memorias del XVIII Simposio Latinoamericano de Caficultura, San José, Costa Rica, p. 349-352.

Vélez-Hoyos, M., A.E. Bustillo-Pardey y F.J. Posada-Flórez. 2006. Depredación de *Hypothenemus hampei* por hormigas durante el secado solar del café. *Cenicafé* 57: 198-207.

Villacorta, A., A.F. Possagnolo, R.Z. Silva e P.S. Rodrigues. 2001. Um modelo de armadilha com semioquímicos para o manejo integrado da broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) no Paraná. En: Il Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Vitória, ES, p. 2093-2098.

Villaseñor Luque, A. 1987. Caficultura moderna en México. Ed. Futura, S.A. México. 469 p.

Waterhouse, D.F. and K.R. Norris. 1989. *Hypothenemus hampei* (Ferrari), pp. 56-75. In: Biological control pacific prospects. Supplement 1. Australian Centre for International Agricultural Research.

Canberra, Australia.

SIAP-SAGARPA. 2018. Cierre de producción agrícola por cultivo. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Disponible en: http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/. Fecha de consulta: mayo de 2018.

Forma recomendada de citar:

SENASICA. 2018. Broca del Café *Hypotenemus hampei* (Ferrari). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Dirección General de Sanidad Vegetal - Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Última actualización: mayo, 2018. Ficha Técnica No. 73. 61 p.