

INVESTIGACIÓN SOBRE LA BROCA DEL CAFÉ EN MÉXICO: LOGROS, RETOS Y PERSPECTIVAS

Coffee berry borer research in Mexico: achievements, challenges and perspectives

JUAN F. BARRERA

Departamento de Entomología Tropical, El Colegio de la Frontera Sur, Carretera Antiguo Aeropuerto km 2.5, Tapachula, Chiapas, México; Correo electrónico: jbarrera@tap-ecosur.edu.mx

Palabras Clave: *Hypothenemus hampei, control biológico, manejo integrado, café, Chiapas, México*

INTRODUCCIÓN

Hacia finales de la década de 1990 se hicieron varias revisiones sobre el estado que guardaban los avances en la investigación y control de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), particularmente en Centroamérica (Dufour *et al.* 1999), Colombia (Baker 1999) y México (Barrera *et al.* 2000). Tales revisiones se refieren sobre todo a los avances en control biológico. Desde entonces, han habido avances interesantes en varios temas, véase por ejemplo las memorias del *Workshop Internacional sobre Manejo de la Broca del Café* celebrado en Brasil (WIMBC, 2004), que hacen necesario analizar nuevamente, en el caso de México, el estado del conocimiento de la biología y manejo de *H. hampei*.

México ha tenido un lugar protagónico en la generación de nuevos conocimientos sobre *H. hampei* en los últimos 20 años (Barrera, 2001). Los avances más sobresalientes se referían entonces al control biológico con los parasitoides *Cephalonomia stephanoderis* Betrem y *Prorops nasuta* Waterston (Hymenoptera: Bethyilidae), mientras que las investigaciones con entomopatógenos trataban en su mayor parte a *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Deuteromycetes: Moniliaceae). Ahora, se ha logrado profundizar en la biología de los parasitoides betilidos, sus interacciones y su uso en el manejo integrado de la broca (MIB). Se investigaron también los conocimientos y percepciones de los cafecultores con relación a la plaga y sus métodos de control, y nuevos temas de investigación emergieron, como fueron las investigaciones con *Phymastichus coffea* LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae), el parasitoide de adultos, el uso de trampas para la captura masiva de broca y la relación de la broca con las arvenses. Asimismo, se descubrieron nuevos enemigos naturales de la broca y se avanzó en el estudio e identificación de microorganismos asociados a esta plaga. El objetivo de este trabajo es hacer una revisión sobre la información más reciente generada sobre broca del café con énfasis en las investigaciones realizadas en México, a fin de analizar los logros y delinear retos y perspectivas para los próximos años.

SITUACIÓN DE LA BROCA EN MÉXICO

Distribución e importancia económica

El primer reporte de la presencia de la broca en Mesoamérica fue dado para una finca de Chicacao, Suchitupéquez, Guatemala en 1971 (Hernández & Sánchez, 1972). En 1978, la broca invadió México desde Guatemala a través del Soconusco, Chiapas. De acuerdo con Villaseñor Luque (1987), el insecto fue detectado en agosto de ese año en una cereza recogida 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. Un estudio reciente de huellas dactilares genéticas a través de la técnica AFLP (Polimorfismo de Longitud de Fragmentos Amplificados), encontró que la broca de México (Chiapas) estuvo cercanamente relacionada a la broca de Brasil, y ésta a su vez estuvo relacionada con la broca de Camerún (África del Oeste) (Benavides *et al.* 2005); esto sugiere que la broca que invadió Guatemala y posteriormente México provino de Brasil.

La plaga se dispersó con rapidez por el Soconusco no obstante las acciones de control emprendidas por el gobierno a través del el Instituto Mexicano del Café (INMECAFÉ), notablemente el uso del control químico con endosulfan. 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 Instituto Mexicano del Café (INMECAFÉ), en el ciclo de cultivo 1981-1982; en 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 & Enkerlin, 1983). Más tarde, Ortiz-Persichino (1991) estimó que las pérdidas causadas directamente por la broca al café del Soconusco, representaron aproximadamente US \$1.5 millones 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 litros de endosulfan (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 operativos, la broca se expandió rápidamente a otros estados cafetaleros (Cuadro 1). El Consejo Mexicano del Café (CMC), organismo que vino a reemplazar al INMECAFÉ, informó en 1998 que la broca se encontraba presente en Chiapas, Oaxaca, Veracruz, Puebla, Guerrero, Hidalgo y Nayarit, en una superficie de 172,246 ha equivalente al 22.6% de la superficie cafetalera total del país (Castillo, 1998). Más tarde, la broca fue reportada en San Luis Potosí y Querétaro, quedando Colima sin presencia y en fase de prevención (SENASICA, 2004). De acuerdo con información proveniente de la Tercera Reunión de la Campaña Nacional de Sanidad Vegetal celebrada en 2000 (Ramírez & Reyes, 2000), a nivel nacional la plaga afectaba 367,779 ha (48.3%) y 114,170 productores (40.6%) (Cuadro 2). Para el Soconusco, la Junta Local de Sanidad Vegetal reportó niveles de infestación de 1.0 a 3.9% para el periodo 1994-2000 (Ceja, 2000). No existen informes recientes publicados sobre la situación que guarda la broca en México, sin embargo, creemos que es más grave que la reportada en el año 2000.

CUADRO 1. DISEMINACIÓN DE LA BROCA DEL CAFÉ EN MÉXICO

Estado	Año de primer reporte	Fuente
Chiapas	1978	Ramírez & Reyes (2000)
Oaxaca	1989	Ramírez & Reyes (2000)
Veracruz	1991	Velasco <i>et al.</i> (1999)
Puebla	1991	Ramírez & Reyes (2000)
Guerrero	1991	Infante <i>et al.</i> (1994)
Hidalgo	1995	Ramírez & Reyes (2000)
Nayarit	1998	Ramírez & Reyes (2000)
San Luis Potosí	2000	Ramírez & Reyes (2000)
Querétaro	2003	SAGARPA (2003)
Colima	Libre	SENASICA (2004)

De acuerdo al último censo cafetalero (2001-2002), el número de productores se incrementó de manera notable. En efecto, con respecto al Censo Cafetalero de 1992 que reportaba 761,166 ha sembradas con café y 367,779 productores a nivel nacional, el censo de 2001-2002 reportó una disminución de alrededor de 10% en la superficie (690,000 ha) y un incremento de 64% en el número de productores (464,000) (CMC, 2003). Para Chiapas, el censo de 1992 indicaba la existencia de 228,254 ha y 73,742 productores, en tanto que el último censo señalaba que la superficie sembrada se mantuvo más o menos igual (240,515 ha) pero el número de productores se incrementó 2.4 veces (174,835) (COMCAFÉ, 2004).

Acciones de control

A raíz de la confirmación de la broca en territorio mexicano, la Secretaría de Agricultura publicó en el Diario Oficial de la Federación la declaratoria en la que estableció 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. Como consecuencia de la diseminación de la broca por otras zonas cafetaleras del país, en 1997 se publicó la Norma Oficial Mexicana NOM-002-FITO-1995 por la que se estableció 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, la norma anterior 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).

CUADRO 2. SUPERFICIE Y PRODUCTORES AFECTADOS POR LA BROCA DEL CAFÉ EN MÉXICO PARA EL AÑO 2000

Estado	Superficie (ha)			Número de productores		
	Total ¹	Afectada ²	%	Total ¹	Afectado ²	%
Chiapas	228,254	228,254	100.0	73,742	73,742	100.0
Oaxaca	173,765	47,500	27.3	55,291	11,850	21.4
Veracruz	152,457	40,437	26.5	67,227	7,000	10.4
Puebla	62,649	25,667	41.0	30,973	12,833	41.4
Guerrero	50,773	10,378	20.4	10,497	3,359	32.0
Hidalgo	42,403	6,000	14.1	25,630	3,000	11.7
Nayarit	18,731	7,960	42.5	3,730	2,297	61.2
San Luis Potosí	23,702	1,583	6.7	12,920	629	4.9
Otros	8,432	0	0.0	2,583	0	0.0
Total	761,166	367,779	48.3	282,593	114,710	40.6

¹= De acuerdo con el Censo INMECAFÉ 1992; ²= Datos obtenidos de la Tercera Reunión Nacional de la Campaña contra la Broca del café (Ramírez & Reyes, 2000).

La secuencia de las propuestas de proyectos y las respectivas publicaciones de las normas, se presenta en el Cuadro 3.

CUADRO 3. PRINCIPALES ACCIONES LEGALES CONTRA LA BROCA DEL CAFÉ EN MÉXICO

Fecha	Acción
27/oct/1978	Se publica la Cuarentena Interior No. 12 contra la Broca del Café
22/ago/1995	Se publica el proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-002-FITO-1995 que establece la Campaña contra la Broca del café
30/ago/1996	Se publican las respuestas y comentarios al proyecto de norma Mexicana NOM-002-FITO-1995
08/ene/1997	Se publica la Norma Oficial Mexicana NOM-002-FITO-1995
07/may/1999	Se publica el proyecto de modificación a la NOM-002-FITO-1995
27/mar/2000	Se publican las respuestas y comentarios al proyecto de modificación
18/abr/2001	Se publica la Norma Oficial Mexicana NOM-002-FITO-2000 que establece la Campaña contra la Broca del café

Las medidas preventivas, de confinamiento y combate de la broca del café enunciadas en la NOM-002-FITO-2000 se presentan en el Cuadro 4. 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.

El control de la broca en cada uno de los estados cafetaleros afectados, aunque se basa en la NOM-002-FITO-2000, su aplicación ha dependido de los recursos disponibles y las prioridades que cada uno de éstos ha establecido; aparentemente, algunas acciones también han dependido de la antigüedad con que la broca ha sido reportada. Por ejemplo, Ramírez & Reyes (2000) reportaban que si bien todos los estados realizaban muestreos y control manual, algunos habían establecido puntos de verificación pero otros no (Cuadro 5).

También se reportaba que la mayoría usaba trampas para monitoreo de la plaga, pero solo en algunos estados con reciente detección de la broca asperjan insecticidas químicos. En cuanto al control biológico, la mayoría de los estados reportaron el uso de *B. bassiana* y solo algunos usan tanto el hongo como el parasitoide *C. stephanoderis* (Cuadro 5).

CUADRO 4. MEDIDAS PREVENTIVAS, DE CONFINAMIENTO Y COMBATE DE LA BROCA DEL CAFÉ EN MÉXICO (NOM-002-FITO-2000)

Medida	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>Cephalonomia stephanoderis</i> y producción y aplicación de <i>Beauveria bassiana</i>
Control químico	Aplicar productos autorizados para nuevos brotes de la plaga y en zonas bajo control fitosanitario cuando se rebasa el 5% de infestación

CUADRO 5. ACCIONES DE CONTROL DE LA BROCA DEL CAFÉ REALIZADAS EN LOS ESTADOS CAFETALEROS DE MÉXICO ¹

Estado	Puntos de verificación	Muestreo	Control manual	Control biológico	Trampeo	Control químico
Chiapas	Sí	Sí	Sí	Bb, Cs ²	No	No
Oaxaca	Sí	Sí	Sí	Bb, Cs	No	No
Veracruz	No	Sí	Sí	Bb	Sí	No
Puebla	Sí	Sí	Sí	Bb, Cs	Sí	No
Guerrero	Sí	Sí	Sí	Bb, Cs	Sí	No
Hidalgo	No	Sí	Sí	Bb	Sí	Sí
Nayarit	No	Sí	Sí	Bb	Sí	Sí
S. Luis Potosí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	No

¹ Datos obtenidos de la 3ª Reunión Nacional de la Campaña contra la Broca del café (Ramírez & Reyes, 2000); ² Bb= *Beauveria bassiana*, Cs= *Cephalonomia stephanoderis*.

CUADRO 6. PRINCIPALES INSTITUCIONES QUE HAN ESTADO INVOLUCRADAS EN ACCIONES DE INVESTIGACIÓN SOBRE BROCA DEL CAFÉ EN MÉXICO

Nombre	Ubicación	Principales acciones de investigación en broca
Colegio de Posgraduados	Montecillo, Estado de México con representación en Veracruz	Evaluación de neem (<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.); evaluación y caracterización de cepas de <i>B. bassiana</i>
El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) ¹	Tapachula, Chiapas	Estudios de bioecología y comportamiento de la plaga y sus enemigos naturales; fluctuación poblacional; evaluación de control biológico con parasitoides y patógenos; métodos de muestreo; percepciones de productores; evaluación de trampas con atrayentes; evaluación del MIB; relación de infestación con arvenses
Instituto Mexicano del Café (INMECAFÉ) ²	Jalapa, Veracruz, con representaciones en los estados cafetaleros	Métodos de muestreo; evaluación de insecticidas; evaluación de control manual; estudios de fluctuación poblacional; valoración de residuos de endosulfan en grano; evaluación de daños
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)	Rosario Izapa, Chiapas con representaciones en los estados cafetaleros	Fluctuación poblacional; determinación de pérdidas; evaluación de prácticas culturales; evaluación de endosulfan; evaluación de <i>B. bassiana</i> ; evaluación de <i>Bacillus thuringiensis</i>
Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca No. 23 (ITAO)	Oaxaca, Oaxaca	Producción y evaluación de cepas de <i>B. bassiana</i> ; estudios de biología
Universidad Autónoma Chapingo (UACH)	Huatusco, Veracruz	Evaluación de <i>B. bassiana</i> ; evaluación de trampas con atrayentes; evaluación de integración de métodos

¹ Antes Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste (CIES); ² Desaparecido en 1992.

INVESTIGACIÓN SOBRE BROCA EN MÉXICO

Instituciones involucradas

En México, la investigación sobre broca del café la han realizado diversas instituciones, particularmente de carácter gubernamental. Esto se ha debido, por un lado, a las limitantes de recursos humanos, infraestructura y presupuesto para operar que han tenido las instituciones dependientes de la Secretaría de Agricultura para cubrir las necesidades de una cafeticultura tan extensa, dispersa y diversa como la mexicana; por otro lado, las universidades y centros de investigación, han estado involucrados desde hace al menos 50 años, en la formación de capacidades humanas y de infraestructura para la investigación, que les ha permitido desarrollar conocimientos y tecnología para coadyuvar a la solución de un problema tan relevante como el que representa la broca. Las principales instituciones que han desarrollado programas y proyectos formales de investigación sobre la broca del café de mediano o largo plazos han sido el Colegio de Posgraduados, El Colegio de la Frontera Sur, el INMECAFÉ, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, el Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca y la Universidad Autónoma Chapingo (Cuadro 6). Otras instituciones que han desarrollado algunas investigaciones puntuales son el Instituto de Ecología (Jalapa, Veracruz) con estudios de microorganismos asociados a la broca (Carrión & Bonet, 2004) y el Centro de Investigaciones Avanzadas del Instituto Politécnico Nacional (Guanajuato,

Guanajuato) que ha participado en la evaluación de cepas de *Bacillus thuringiensis* Berliner contra la broca (Méndez-López *et al.* 2003). En general, las instituciones han estado colaborando en proyectos diversos a fin de complementarse y evitar la duplicación.

Gran parte de la información generada sobre *H. hampei* en México proviene de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), antes Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste (CIES). Incluso, ECOSUR sobresale a nivel internacional pues 40% (39) de las publicaciones indexadas por el *Institute of Scientific Information* (ISI) en los últimos 28 años (1975-2003) han sido firmadas por investigadores de esa institución (Barrera, 2004). La Fig. 1 presenta los principales temas de investigación desarrollados sobre broca del café en CIES-ECOSUR. A continuación se reportan algunos logros sobresalientes de estos estudios.

Bioecología de la broca

De 1983 a 1988, se investigaron aspectos básicos de la plaga bajo las condiciones agroclimáticas del Soconusco, Chiapas. Se estudió la distribución espacio-temporal de la infestación, muestreo, desarrollo de la población en granos de café, relación del ataque con la sombra del cafetal y con frutos de diversas fechas de floración (Baker *et al.*, 1989; Baker *et al.*, 1992a; Baker & Barrera, 1993; Barrera, 1994). También se estudió la relación de la sobrevivencia y emergencia del insecto bajo diferentes condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa (Baker *et al.*, 1992b; 1994).

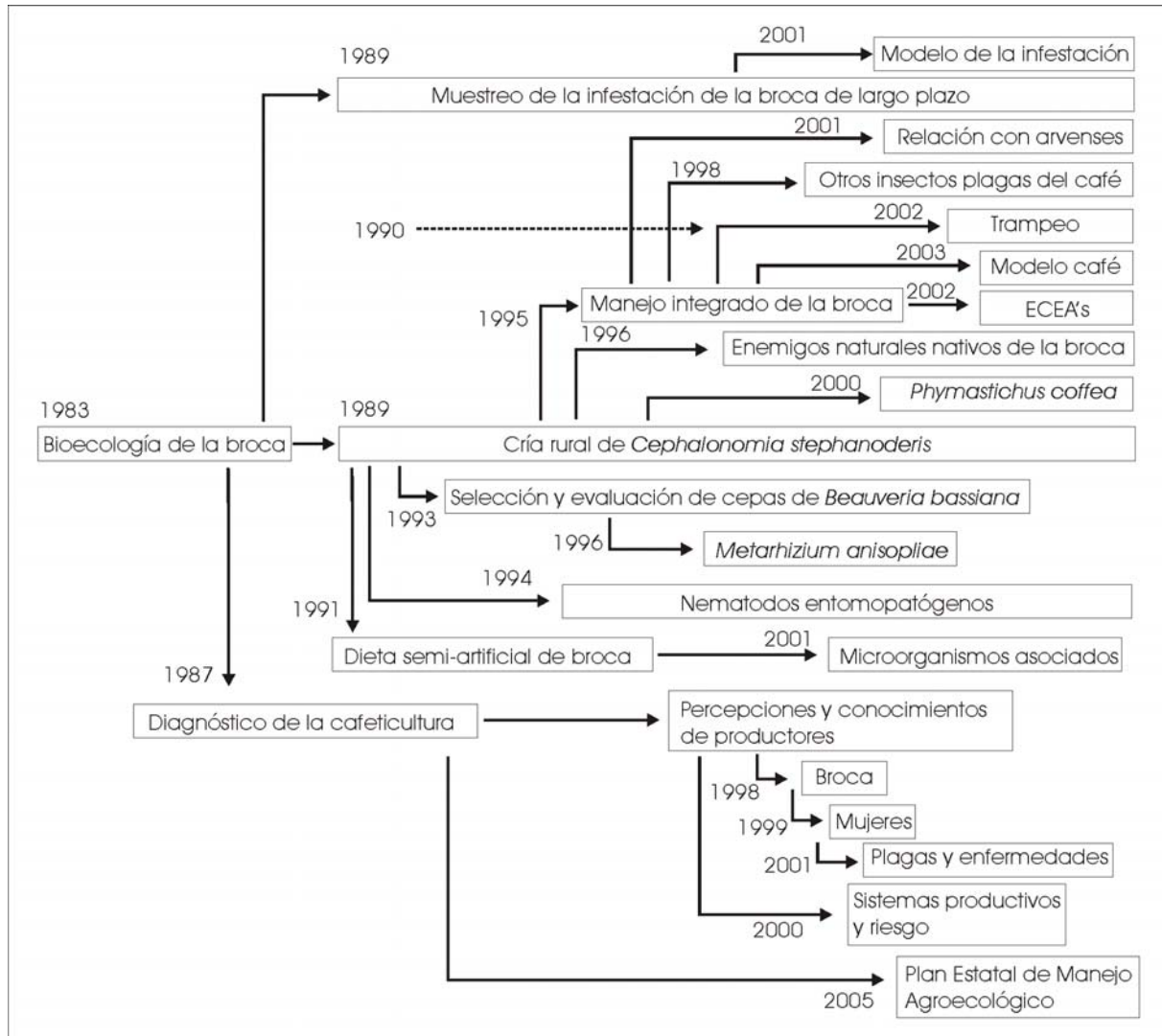


FIG. 1. PRINCIPALES TEMAS DESARROLLADOS POR EL "PROYECTO BROCA DEL CAFÉ" Y SU RELACIÓN CON OTROS TEMAS ABORDADOS POR LA LÍNEA MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS DE ECOSUR. MAYO DE 2005.

Estas investigaciones tuvieron el objetivo de "preparar el terreno" con información bio-ecológica de la plaga, a fin de apoyar el programa de control biológico que estaba en puerta. Un resultado relevante fue que la mortalidad "natural" de la broca era menor a 5% (Baker *et al.*, 1992a; Barrera, 1994), lo cual permitió tener un punto de comparación para evaluar a los parasitoides.

De estos estudios se concluyó lo siguiente:

- **Clima.** La humedad fue el factor más importante en las condiciones del Soconusco. Una sequía durante el periodo inter cosecha era causa de alta mortalidad de las poblaciones, mientras que lluvias esporádicas provocan la emergencia masiva de la broca y el ataque de los frutos de la nueva cosecha.
- **Alimento.** La naturaleza monófaga de la broca hace que los frutos de café sean indispensables para su sobrevivencia y multiplicación. Así, la presencia de frutos en los cafetos, sobre todo de floraciones

tempranas o locas, permite que el insecto incremente sus poblaciones, pero la cosecha detiene este crecimiento y la escasez de frutos en la intercosecha se encarga de disminuirlo.

- **Otros organismos.** En el Soconusco, la broca no tenía enemigos naturales importantes antes de la introducción de agentes de control biológico. Solo se presentaba la competencia intraespecífica, al interior del fruto, después que la progenie comenzaba a desarrollarse. Esta competencia era importante durante el periodo intercosecha debido a la escasez de frutos.
- **Refugio.** La broca habita en los frutos de café casi toda su vida; en éstos, encuentra el alimento, pero también, el refugio que le permite escapar a la mayoría de los factores de mortalidad. Inclusive, los frutos negros sin las semillas sobre las que se alimenta, le permiten sobrevivir en el periodo intercosecha.

CUADRO 7. SITUACIÓN DE LOS PARASITOIDES DE AFRICANOS DE LA BROCA DEL CAFÉ EN EL SOCONUSCO, CHIAPAS, MÉXICO (2005)

Nombre, Orden: Familia	Origen ¹	Huésped	Fecha de introducción y disponibilidad ²	Resultado de la introducción
<i>Cephalonomia stephanoderis</i> Betrem, Hymenoptera: Bethyilidae	Togo, Costa de Marfil, Camerún	Depreda todas las etapas de desarrollo de broca y es ectoparásito de larvas desarrolladas, prepupas y pupas	1988, 1989, 1991 ECOSUR	Establecido, bajas poblaciones de manera natural (<5%); hasta 30% de parasitismo natural en la inter cosecha; hasta 80% de parasitismo después de la liberación (Barrera, 1994)
<i>Prorops nasuta</i> Waterston, Hymenoptera: Bethyilidae	Togo, Kenia, Brasil	Depreda todas las etapas de desarrollo de broca y es ectoparásito de larvas desarrolladas, prepupas y pupas	1988, 1989, 1992 ECOSUR	No establecido; no se le recupera después de la cosecha (Infante, 1998)
<i>Phymastichus coffea</i> LaSalle, Hymenoptera: Eulophidae	Togo vía Colombia y Guatemala	Endoparásito de adultos	1992, 2000 ECOSUR	En evaluación; hasta 55% de parasitismo después de la liberación; no se le ha recuperado después de la cosecha (Castillo, 2005b)

¹ Previamente bajo cuarentena en Inglaterra; ² Tapachula, Chiapas.

Control biológico con parasitoides

El control biológico de la broca con parasitoides de origen africano ha sido el programa medular de la investigación de ECOSUR (Fig. 1). Los estudios sobre *C. stephanoderis* y su evaluación como agente de control biológico, dieron origen a las investigaciones sobre otros enemigos naturales de la broca y fueron la base de la estrategia MIB impulsada por ECOSUR, que a últimas fechas se difunde y capacita a través de las Escuelas de Campo y Experimentación para Agricultores.

El programa de control biológico con parasitoides fue iniciado en 1985 en colaboración tripartita entre la Dirección General de Sanidad Vegetal (a través del Programa Moscamed), los productores de la Unión Regional de Productores de Café "Tacaná" (URPCT) y el entonces CIES, con apoyo técnico del *International Institute of Biological Control* (Inglaterra) y con financiamiento del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá (Barrera *et al.*, 1987). El proyecto incluyó la colecta de los parasitoides en África, el estudio de su biología bajo condiciones de su hábitat natural y su cuarentena en Inglaterra (Murphy & Moore, 1990). Como parte de este esfuerzo internacional, en 1988 y 1989 se introdujeron a México los parasitoides, *C. stephanoderis* y *P. nasuta* (Barrera *et al.*, 1990a) (Cuadro 7). Posteriormente, pines de cría de *C. stephanoderis* fueron enviados de Tapachula a otras regiones cafetaleras de Chiapas, a otros estados de la República Mexicana como Oaxaca, Veracruz, Puebla y Guerrero (Barrera *et al.*, 2000), a Centroamérica (Barrera *et al.*, 1990c), la India (Barrera & Chiu, 1996) y Cuba (Vázquez-Moreno, 2005).

En los años siguientes a la introducción, se realizaron investigaciones para desarrollar la cría en laboratorio y la evaluación de su impacto sobre la broca en campo (Barrera, 1994). De estos estudios iniciales (1988-1994),

se encontró que *P. nasuta* no tenía capacidad de establecimiento en la región (Cuadro 7), mientras que *C. stephanoderis* poseía atributos de alto valor como agente de control biológico (y que han quedado plasmados en Dufour *et al.* (1999) y Barrera *et al.* (2000). Entre estos atributos destacan:

- Alta capacidad de adaptación a las condiciones de los cafetales de la región del Soconusco (Cuadro 7).
- Facilidad de cría en laboratorio y manejo en campo, incluso bajo condiciones rústicas (cría rural).
- Alto impacto sobre la broca bajo una estrategia de liberaciones periódicas en la inter cosecha.

Asimismo, fue evidente que para incrementar el impacto sobre la broca sería necesario hacer liberaciones del parasitoide en cada ciclo de cultivo. De acuerdo con lo anterior, uno de los retos más importantes para los años por venir sería bajar los costos de producción del parasitoide en laboratorio.

Las crías rurales de *C. stephanoderis* fueron la estrategia de ECOSUR para, por un lado, bajar los costos de producción de la cría y, por otro, hacer disponible la tecnología (Barrera *et al.*, 1991; Barrera *et al.*, 1992). En el Soconusco se han tenido experiencias interesantes con las crías rurales. Entre 1989 y 1993, los cafecultores orgánicos de Indígenas de la Sierra Madre de Motozintla San Isidro Labrador (ISMAM), y productores socios de la URPCT establecieron crías rurales en sus comunidades y fincas con la asesoría técnica de nuestro proyecto. De acuerdo con Jorge Aguilar Reyna (com. pers. 2004), quien fuera asesor de ISMAM, esta organización logró comercializar café orgánico con valor de varios millones de dólares con el apoyo del control biológico de la broca del café con crías rurales de *C. stephanoderis*.

CUADRO 8. NUEVOS ENEMIGOS NATURALES DE LA BROCA NATIVOS DEL SOCONUSCO, CHIAPAS Y POSIBILIDADES DE USO EN CONTROL BIOLÓGICO

Nombre	Grupos taxonómicos	Tipo de enemigo natural	Estado de la broca que ataca	Posibilidades en control biológico
<i>Cephalonomia hyalinipennis</i> Ashmead	Hymenoptera: Bethyilidae	Parasitoide	Todos menos el adulto; ectoparásito de prepupas y pupas	No recomendable, hiperparásito facultativo de <i>C. stephanoderis</i> y <i>P. nasuta</i> (Pérez-Lachaud <i>et al.</i> 2004)
<i>Metaparasitylenchus hypothernemi</i> Poinar <i>et al.</i>	(Nematoda: Allantonematidae)	Nematodo patógeno	Particularmente adultos; reduce fecundidad	En evaluación, sin embargo, puede dañar a inmaduros de <i>P. coffea</i> (Castillo, 2005a)

En 1994, en la época del levantamiento del Ejército Zapatista de Liberación Nacional, la Junta Local de Sanidad Vegetal (JLSV) del Soconusco fue el organismo receptor y transmisor a los productores de la tecnología de control biológico con parasitoides desarrollada por el CIES. Este programa facilitó al personal técnico de la JLSV entrar a la zona de conflicto con la anuencia de los cafecultores para realizar el control de la broca (Ing. Efraín Ceja, JLSV, com. pers.).

Más recientemente, desde 2002, el Programa Moscamed ha estado utilizando la estrategia de cría rural de *C. stephanoderis* como un medio de apoyar a los productores en el control de la broca, a cambio de obtener su cooperación en el combate de la mosca del mediterráneo *Ceratitis capitata* Wiedemann.

En Guatemala se tienen experiencias de largo plazo muy exitosas del uso de *C. stephanoderis* para el control biológico de la broca a nivel de fincas de producción comercial (Campos-Almengor, 2005), trabajo que pone de manifiesto el gran valor que tiene este parasitoide.

Otra estrategia impulsada por ECOSUR fue la producción masiva o industrial de parasitoides. Esta estrategia comenzó a tomar forma a partir del desarrollo en 1991 de una dieta semiartificial para broca en colaboración con el Dr. Amador Villacorta del Instituto Agronómico de Paraná (IAPAR), Brasil (Villacorta & Barrera, 1993). Las investigaciones culminaron con el desarrollo de la dieta ECOBROVILL en 1995, la cual permitía multiplicar a la broca a costo relativamente bajo. Esta dieta impulsó el desarrollo de dietas similares en otros países e inspiró la idea sobre la producción industrial de parasitoides (Villacorta & Barrera, 1996).

El trabajo con dietas también impulsó los estudios sobre la nutrición de la broca y su relación con microorganismos. Estas investigaciones han mostrado la existencia de una gran diversidad de hongos asociados a la broca (Pérez *et al.* 2003). Algunos de estos hongos se encuentran ampliamente representados en la naturaleza, pero otros han sido especies nuevas para la ciencia como *Penicillium brocae* Peterson *et al.* aislado de muestras del Soconusco (Peterson *et al.* 2003).

A la fecha, seguimos pensando que la única forma de producir masivamente parasitoides para cubrir las necesidades de grandes regiones cafetaleras a costos

razonablemente bajos, es a través de la producción industrial. Desafortunadamente, en México no se ha logrado obtener el interés ni financiamiento que permita desarrollar y poner en la práctica el concepto de producción industrial de parasitoides. Tal idea es factible como lo han demostrado investigadores de Colombia, que con el apoyo de la OIC y del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, lograron desarrollar una tecnología de producción masiva de *P. coffea* en ese país. Esta tecnología emplea dietas para criar las brocas adultas que posteriormente serán usadas como sustrato para la producción de cerca de un millón de ejemplares de *P. coffea* por mes (Portilla & Streett, 2004).

Mientras las condiciones se dan para desarrollar la producción industrial de parasitoides en México, nosotros recomendamos una estrategia basada en la integración de crías centralizadas y crías rurales de *C. stephanoderis*. La idea consiste, como primer paso, en establecer una cría centralizada en Tapachula que tendría el objetivo de producir el parasitoide todo el año, y cuya producción se destinaría a dotar con pies de cría al mayor número posible de unidades de cría rural manejadas por organizaciones de productores. En un segundo paso, las crías rurales producirían el parasitoide en las comunidades cafetaleras y se encargarían de hacer las liberaciones de campo. Un tercer paso, y como consecuencia de bajar la disponibilidad de frutos infestados en campo después de la cosecha, las crías rurales liberarían toda la producción y esperarían a que la cría centralizada las dotara de nuevos pies de cría para continuar con el control de la broca en el siguiente ciclo de cultivo. Esta estrategia fue puesta en la práctica con éxito por productores de ISMAM hace unos años.

En 1997, investigadores de ECOSUR descubrieron a *C. hyalinipennis* parasitando a la broca en muestras de frutos de café colectados en el Soconusco (Pérez-Lachaud, 1998). Este ectoparasitoide betilido es gregario y ha sido reportado atacando a coleópteros en Europa, América del Sur, Canadá y Estados Unidos. Inicialmente fue considerado como un prospecto en el control biológico de *H. hampei*, sin embargo, éste actúa como parásito secundario de *C. stephanoderis* y *P. nasuta* (Pérez-Lachaud *et al.*, 2004) (Cuadro 8). Estudios recientes hechos en nuestro laboratorio han demostrado

el potencial deletéreo de *C. hyalinipennis* sobre los otros betilidos, por lo cual, se recomienda no utilizarlo en el control biológico de la broca (Batchelor *et al.*, 2005).

Un acontecimiento que vino a impulsar y completar el control biológico de la broca fue la introducción en el año 2000 de *P. coffea* (Castillo, 2005a, b). Previamente (1992), se había intentado la introducción de este parasitoide a México sin éxito (Infante *et al.*, 1994). A diferencia de los parasitoides betilidos que parasitan estados inmaduros y utilizan al huésped para alimentarse, el eulófido *P. coffea* parasita exclusivamente a los adultos (Cuadro 7). La introducción de *P. coffea* a México se realizó como parte de un proyecto internacional financiado por el Fondo Común de Productos Básicos (FCPB) a través de la Organización Internacional del Café, en el cual participaron países de América (Colombia, Ecuador, Guatemala Honduras Jamaica y México), Asia (India) y Europa (Inglaterra) (Baker, 1999). Varios aspectos de la biología de este parasitoide y su evaluación en campo han sido investigados (Castillo, 2005a, b). Estos estudios han mostrado que *P. coffea* tiene importantes atributos como agente de control biológico, en particular:

- Mata a la broca antes de penetrar al grano.
- Altos índices de parasitismo en los meses posteriores a la liberación en campo.
- Facilidad de cría en laboratorio.
- Buen complemento de la acción de *C. stephanoderis*.

Un aspecto a considerar es la interacción negativa que puede darse entre *P. coffea* y el hongo *B. bassiana* (Castillo 2005a), ya que este último es el agente de control biológico más usado por los productores. Otro aspecto que preocupa es la capacidad de adaptación de *P. coffea* en campo, la cual ha sido mucho más baja que la observada con *C. stephanoderis*. En los próximos años habrá de obtenerse mayor información al respecto.

Control biológico con entomopatógenos

En 1993 se iniciaron estudios con entomopatógenos de broca del café, particularmente con *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin y *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin (de la Rosa *et al.*, 1995; 1997a; 2000a). En ambos casos, varias cepas fueron evaluadas en laboratorio y las más promisorias por su virulencia se evaluaron en campo. Por lo general las cepas de *B. bassiana* fueron más agresivas contra la broca que las cepas de *M. anisopliae*. La susceptibilidad de los parasitoides *C. stephanoderis* y *P. nasuta* a estos hongos también fue estudiada en laboratorio a fin de valorar las posibilidades de usarlos integradamente; los resultados indicaron que los parasitoides fueron susceptibles a estos patógenos, sin embargo, usándolos en tiempos diferentes pueden ser compatibles en el control de la broca (de la Rosa *et al.* 1997b; 2000b). También se desarrolló una tecnología de producción de *B. bassiana* usando como sustrato arroz (de la Rosa & Barrera, 1997). Los resultados de estas investigaciones fueron

luego empleados por la JLSV y varios laboratorios en Chiapas para multiplicar masivamente a *B. bassiana*.

William de la Rosa (QEPD), investigador del proyecto, transfirió las tecnologías desarrolladas sobre *B. bassiana* capacitando a personal técnico de los laboratorios de la organización SSS *Timelonlá Nich K' Lum'* y del Instituto Tecnológico de Comitán (ITC); este último producía el hongo para productores de Unión de Ejidos de La Selva.

En la actualidad, *B. bassiana* es el agente de control biológico más usado contra broca en México (Cuadro 5). Las características que hacen del hongo favorito entre productores y agencias gubernamentales son:

- Mata a la broca antes de penetrar al grano.
- Facilidad para producir en laboratorio grandes cantidades del entomopatógeno, lo que incrementa su disponibilidad y reduce su costo.
- Facilidad para aplicar el hongo en campo a través del equipo convencional usado para asperjar productos químicos.

La patogenicidad de nematodos de las familias Steirnermatidae y Heterorhabditidae fueron evaluados en laboratorio (Castillo & Marbán, 1996), encontrando que son capaces de infectar a la broca. Sin embargo, estos nematodos no han sido reportados atacando a la broca en ambientes naturales. No fue hasta 1997 que investigadores de ECOSUR descubrieron a un nematodo parásito de *H. hampei* en una muestra de campo procedente del Soconusco (Castillo & Barrera, 1998). Tentativamente identificado como *Sphaerulariopsis* sp. (Tylenchida: Sphaerularioidea) (Castillo *et al.* 2002), este nematodo fue nombrado *Metaparasitylenchus hypothenemi* Poinar *et al.* (Nematoda: Allantonematidae) (Poinar *et al.* 2004). El nematodo se encuentra ampliamente distribuido en el Soconusco (I. Chávez *et al.*, datos sin publicar) y ha sido observado también en Honduras. Se encuentra viviendo como parásito en el interior de brocas adultas y puede causar esterilidad parcial o total (Cuadro 8). Existe la posibilidad que *M. hypothenemi* afecte a *P. coffea* (Castillo 2005a), por lo cual, se deberá evaluar el riesgo que representa para el control biológico de la broca con parasitoides.

La toxina de varias cepas de *B. thuringiensis* también ha sido evaluada por su efecto patogénico contra la broca (de la Rosa *et al.* aceptado). Los estudios mostraron que la toxina disuelta en la dieta fue tóxica a larvas de *H. hampei* de primera fase de desarrollo. Este estudio llevó posteriormente a encontrar que *B. thuringiensis* serovar *israelensis*, normalmente tóxico para mosquitos, fue altamente tóxico a la broca del café (Méndez-López *et al.*, 2003). Estas investigaciones abren la puerta al desarrollo de variedades transgénicas de café con propiedades insecticidas a la broca.

Muestreo y control con trampas

En 1984 se realizaron los primeros estudios en el CIES para encontrar respuestas a las causas de agregación de la broca en campo (Esquinca & Barrera, 1985), pero no

fue hasta 1990 que se realizaron las primeras investigaciones con trampas que demostraban la atracción de la broca a la mezcla de metanol- etanol (Gutiérrez-Martínez *et al.*, 1993). Tras una discontinuidad de estas investigaciones, y a la luz de los adelantos logrados en El Salvador por Dufour (2002), en 2002 se retomaron de manera sistemática en ECOSUR los estudios de trapeo de broca (Barrera *et al.*, 2003; 2004a,b; 2005). Estos estudios han dado lugar a una trampa muy barata y altamente eficaz para capturar broca durante el periodo inter cosecha, la cual ha sido denominada ECOIAPAR en alusión a la colaboración de ECOSUR con el Dr. A. Villacorta de IAPAR.

Actualmente se está evaluando el potencial de la trampa para reducir la infestación de la broca y su incorporación al MIB, pero también, para desarrollar métodos de muestreo y estudiar a las poblaciones de brocas adultas en vuelo; este último un aspecto de la ecología de la broca poco investigado, a pesar de las implicaciones que posee en manejo de la plaga.

Estudios sobre la ecología química de la broca, sus enemigos naturales y el cafeto, la planta hospedera, también se están realizando en ECOSUR (Rojas, 2005), y se espera que en los próximos años los resultados refuercen el trapeo de la broca.

MIB y ECEA's

En ECOSUR nos ha preocupado enormemente que los resultados de las investigaciones que realizamos no sean adoptados ni adaptados por nuestros usuarios los productores y las agencias gubernamentales y no gubernamentales del sector cafetalero. Esto nos ha llevado, por un lado, a estudiar las percepciones y conocimientos de los agricultores a fin de encontrar explicaciones a la baja adopción de la tecnología MIB (Jiménez *et al.* 2000; Segura *et al.* 2004). Por otro lado, hemos venido adoptando y adaptando modelos de capacitación y difusión que permitan atender el problema de la baja adopción de tecnología entre los agricultores; uno de estos modelos ha sido las Escuelas de Campo para Agricultores (del inglés *Farmer Field Schools*) desarrollado por la FAO (Williamson, 1998).

En 1995 se iniciaron investigaciones para validar el Manejo Integrado de la Broca (MIB) con participación de productores (Jarquín *et al.*, 1999). Las investigaciones dieron inicio con la colaboración de la Unión de Ejidos y Comunidades del Beneficio Majomut de Polho, Chenalho en Los Altos de Chiapas, y en 1998, se continuaron con la participación de productores del Soconusco, principalmente asociados a la Unión de Ejidos General Lázaro Cárdenas del Río (UELCR) de Cacahoatán (Jaquín *et al.*, 2002). Estos estudios demostraron que el MIB basado en métodos de control no químico como el control cultural y biológico, abaten la infestación de la plaga. Asimismo, han permitido demostrar que la capacitación y difusión del MIB empleando procedimientos participativos para fortalecer la toma de decisiones de los productores, favorece la adopción de la tecnología. Posteriormente, estos esfuerzos permitieron

proponer las Escuelas de Campo y Experimentación para Agricultores (ECEA's) (Barrera *et al.*, 1999) y su implementación en colaboración con cafecultores de Ángel Albino Corzo asociados a Conservación Internacional México (Jarquín, 2005b); en la actualidad, una experiencia con ECEA's también se está desarrollando con productores asociados al Centro de Agroecología San Francisco de Asís (CASFA) con financiamiento de la Fundación Produce Chiapas (Jarquín, 2005a) y con el apoyo del Grupo de Investigación de ECOSUR en Zonas Cafetaleras (GIEZCA) (Pohlan *et al.* 2004). Estas experiencias con productores están dando resultados excelentes en la capacitación, difusión y adopción de la tecnología MIB, no obstante las crisis recurrentes del precio del café en los últimos años.

EN CONCLUSIÓN: UN ENFOQUE HOLÍSTICO PARA EL CONTROL DE BROCA

No obstante las ventajas que puede ofrecer el MIB, existen algunos factores que han contribuido a un uso muy modesto de esta tecnología:

- **Bajos precios del café.** Desde la introducción de los parasitoides en 1988, el precio del café ha sufrido considerables caídas que han afectado negativamente la cafecultura a nivel mundial. Esto ha provocado que muchísimos productores no hayan tenido los recursos necesarios para invertir en el control de la broca.
- **Dificultad para organizarse.** Debido en parte a los bajos precios del café, pero también a la desconfianza que tiene el sector cafetalero en sí mismo, son pocos los grupos de productores con capacidad para organizarse alrededor de acciones que mejoren la productividad de sus cafetales.
- **Falta de seguimiento técnico.** La falta en el país de un sistema consolidado de extensión agrícola ha impedido dar la asistencia técnica necesaria para dar seguimiento y capacitación sobre MIB. A diferencia del control químico, el MIB requiere un seguimiento técnico de mayor esfuerzo y de mejor calidad.
- **Impacto al mediano y largo plazo.** A los productores se les ha acostumbrado al uso de "balas mágicas" (léase insecticidas químicos) en cuestión de control de plagas. Estas soluciones, supuestamente "rápidas, simples y para siempre", disuaden a los agricultores en el uso de tecnologías que como el control biológico son de efectos menos contundentes, aunque más amigables con la naturaleza.
- **Paternalismo.** Ampliamente usado en buena parte del siglo XX, el paternalismo sigue moldeando el pensamiento del sector productivo en estos tiempos de libre mercado. Así, las iniciativas novedosas como el MIB, se encuentran entre el fuego cruzado de la galopante globalización y el anquilosado paternalismo.

La problemática que se delinea renglones arriba y los años de experiencia en la investigación de la broca del café, nos han llevado a entender que esta plaga representa una situación tan compleja que debe ser tratada bajo un enfoque holístico. Ello nos obliga a buscar la multi e interdisciplina como base de la solución, pues factores socioeconómicos y biológicos están íntimamente imbricados. Pero también, hace que sea indispensable que todos los sectores del café trabajen vinculados en redes de colaboración a fin de unir capacidades y recursos para enfrentar a la plaga.

Para impulsar estas ideas, hemos conducido estudios sobre plagas de un corte más socioeconómico (Jiménez *et al.* 2000; Segura *et al.* 2004), tratando de analizar otras plagas (Barrera, 2002), las interacciones con otras partes del sistema como las arvenses (Pohlan, 2005) y la sombra del cafetal (Romero *et al.* 2002) (Fig. 1). También hemos emprendido investigaciones con un enfoque integral del cultivo (Pohlan, 2002) e impulsado las redes de colaboración (Pohlan *et al.* 2004).

En un contexto más amplio, se deben tener en cuenta los cambios estructurales que está sufriendo el mercado del café y que están modificando la cafecultura mundial (Lewin *et al.* 2004; Segura & Barrera, 2004). Estos cambios empujan al sector productivo a ser más competitivo al ofrecer una mejor calidad de bebida a costos bajos de producción, pero también, más equitativo socialmente hablando y más conservador de los recursos naturales. Actualmente no se puede hablar de calidad de café sin pretender mejorar la calidad de vida de las zonas cafetaleras.

A un plazo más corto, es evidente que los sistemas productivos de café deben evolucionar para ser más diversificados, tanto por los productos que generan como por los mercados que establecen, a fin de lograr la sostenibilidad. "El cafetal del futuro", como bien lo denominan J. Pohlan y colaboradores (en preparación), plantea nuevas oportunidades, pero también, nuevos retos para enfrentar a la broca. Por fortuna, los productores y otros miembros del sistema producto café, cuentan con un amplio y sustancioso bagaje de conocimientos, tecnologías y estrategias para el manejo integrado de la broca, los cuales se han generado como una contribución desde la investigación científica y tecnológica.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es una contribución del proyecto "Bioecología y manejo de plagas del café en el Soconusco y Sierra de Chiapas" que se realiza con apoyo de ECOSUR y la Fundación Produce Chiapas.

LITERATURA CITADA

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

- Baker, P.S. & 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 & 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 & A. Rivas. 1992a. Life history studies of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*, Scolytidae) on coffee trees in southern Mexico. *J. App. Ecol.* 29: 656-662.
- Baker, P.S., C. Ley, R. Balbuena & J.F. Barrera. 1992b. Factors affecting the emergence of *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) from coffee berries. *Bull. Ent. Res.* 82: 145-150.
- Baker, P.S., A. Rivas, R. Balbuena, C. Ley & J.F. Barrera. 1994. Abiotic mortality factors of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*). *Entomol. Exp. 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. 2001. Tendencias de la investigación sobre Broca del café (*Hypothenemus hampei*): un análisis de las publicaciones indexadas (1975-2000). *En: XXIV Congreso Nacional de Control Biológico*. Chihuahua, Chih., México, p. 101- 104.
- Barrera, J.F. (ed.). 2002. Tres plagas del café en Chiapas. El Colegio de la Frontera Sur, México. 198 p.
- Barrera, J. F. 2004. La broca del café: 20 años después. *En: Semana de Intercambio Académico*, El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.
- Barrera, J.F. & M. P. Chiu. 1996. Entomólogos indúes se capacitan sobre control biológico de la broca del café en ECOSUR, México. *El Entomófago*, SMCB, 5: 6-8.
- Barrera, J.F., P.S. Baker, A. Schwarz & J.E. Valenzuela. 1987. Control biológico de la broca del café mediante parasitoides: Problemas y perspectivas. *En: X Simposio sobre Caficultura Latinoamericana*. Tapachula, Chiapas, México. IICA, PROMECAFE, p. 187-199.
- Barrera, J.F. & D. Enkerlin. 1983. Un insecto que tiene en jaque a la cafecultura: la broca del grano del café. *Econoticias* 3: 3-6.
- Barrera, J.F., P.S. Baker, A. Schwarz & J.E. Valenzuela. 1990a. Introducción de dos especies de parasitoides africanos a México para el control biológico de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). *Folia Entomol. Mex.* 79: 245-247.
- Barrera, J. F., J. Herrera & L. Cruz. 2004a. Factores que influyen sobre la captura de la broca del café *Hypothenemus hampei* con trampas. *En: I Congreso Internacional sobre Desarrollo de Zonas Cafetaleras*. Tapachula, Chiapas, México, p. 50.

- Barrera, J.F., J. Herrera & J. Valle. 2005. Efecto de la altura de la trampa en la captura de la broca del café: Implicaciones en dispersión y muestreo. *Entomología Mexicana* 4: En prensa.
- Barrera, J.F., F. Infante, J. Gómez, A. Castillo & 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, A. Castillo, J. Gómez & 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., F. Infante, W. de la Rosa, A. Castillo & J. Gómez. 2000. Control biológico de la broca del café. *En: M.H. Badii, A.E. Flores & L.J. Galán Wong (eds.), Fundamentos y Perspectivas de Control Biológico*. UANL, México, p. 211-229.
- Barrera, J.F., C. Junghans & R. Jarquín. 1999. Programa piloto de escuelas de campo para agricultores: una propuesta para México. *En: XXII Congreso Nacional de Control Biológico*. Montecillo, Estado de México, México, p. 258-261.
- Barrera, J.F., D. Moore, Y.J. Abraham, S.T. Murphy & 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., F. Infante, M. Vega, O. González, E. Carrillo, O. Campos, R. Muñoz, A. Serrano, J.J. Osorto, B. Decazy & D. Moore. 1990c. Introducción de *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyilidae) a Centroamérica para el control biológico de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Turrialba* 40: 570-574.
- Barrera, J.F., A. Villacorta & J. Herrera. 2004b. Fluctuación estacional de las capturas de La Broca del café (*Hypothenemus hampei*) con trampas de etanolmetanol e implicaciones sobre el número de trampas. *Entomología Mexicana* 3: 540-544.
- Barrera, J.F., A. Villacorta, J. Herrera, R. Jarquín & H. García. 2003. ECO-IAPAR el capturador de Broca del Café: Recicle botellas de plástico y gane contra la Broca. El Colegio de la Frontera Sur, Proyecto Manejo Integrado de Plagas, México. Folleto téc. No. 8, 16 p.
- Batchelor, T.P., I.C.W. Hardy, J.F. Barrera & G. Pérez-Lachaud. 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.
- Benavides P., F.E. Vega, J. Romero-Severson. A.E. Bustillo & 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.
- Campos-Almengor, O. 2005. Manejo integrado de la broca del café en una finca de producción comercial en Guatemala. *En: J.F. Barrera (ed.), Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México*. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México, p. 38-45.
- Carrión, G. & 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 parasitoida *Phymastichus coffea* en el manejo integrado de la broca del café. *En: J.F. Barrera (ed.), Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México*. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México, p. 31-37.
- Castillo, A. 2005b. Análisis posintrodutorio de *Phymastichus coffea* LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae), a México. Tesis doctoral. Colegio de Posgraduados, México. 150 p.
- Castillo, A. & J.F. Barrera. 1998. Primer registro de nematodo parasitando a la broca del café en cafetales de México. *En: II Reunión Intercontinental sobre Broca del Café*. Tapachula, Chiapas, México, p. 47.
- Castillo, A., F. Infante, J.F. Barrera, L. Carta & F. Vega. 2002. First field record of a nematode (Tylenchida: Sphaerularioidea) attacking the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) in the Americas. *Journal of Invertebrate Pathology* 79: 120-122.
- Castillo, A. & N. Marbán. 1996. Evaluación en laboratorio de dos nematodos Steinernematidos y Heterorhabditidos para el control biológico de la broca del café, *Hypothenemus hampei* Ferr. *Nematropica* 26: 101-109.
- Castillo F., R. 1998. Situación actual y acciones para el combate de la broca del café en México. *En: J.F. Barrera, A.A. Guerra, J.J. Menn & P.S. Baker (eds.), II Reunión Intercontinental sobre broca del café*. Tapachula, Chiapas, México, p. 23.
- Ceja I., E. 2000. Análisis de la situación actual de la campaña contra la broca del café y su importancia fitosanitaria en Chiapas. *En: Ramírez, M. & B. Reyes (eds.), 3ª Reunión Nacional de la Campaña contra la Broca del Café*. Tepic, Nayarit, México, p. 1-6.
- (CMC) Consejo Mexicano del Café. 2003. Correo Cafetalero, Número 57.
- (COMCAFÉ) Comisión para el Desarrollo y Fomento del Café de Chiapas. 2004. Censo Cafetalero. CD Rom.
- de la Rosa, W. & J.F. Barrera. 1997. Guía Práctica: Propagación masiva del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* para el combate biológico de la broca del café. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). 24 p.
- de la Rosa, W., W., R. Alatorre, J.F. Barrera & 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 (5): 1409-1414.
- de la Rosa, W., R. Alatorre, J. Trujillo & J.F. Barrera. 1997a. Virulence of *Beauveria bassiana* (Deuteromycetes) strains against the coffee berry borer (Coleoptera: Scolytidae). J. Econ. Entomol. 90: 1534-1538.
- de la Rosa, W., M. Figueroa & J. Ibarra. Selection of *Bacillus thuringiensis* Berliner strains native to Mexico, active against the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Ferr.) (Coleoptera: Scolytidae). Vedula. Aceptado.
- de la Rosa, W., J.A. Godínez, R. Alatorre & J. Trujillo. 1997b. Susceptibilidad del parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* a diferentes cepas de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*. Southwestern Entomol. 22: 233-242.
- de la Rosa, W., J.A. Godínez, R. Alatorre & J. Trujillo. 1995. Biological activity of five strains of *Metarhizium anisopliae*, upon the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Col.: Scolytidae). Entomophaga 40: 403-412.
- de la Rosa, W., H.R. Segura, J.F. Barrera & T. Williams. 2000b. Laboratory evaluation of the impact of entomopathogenic fungi on *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyilidae), a parasitoid of the coffee berry borer. Environ. Entomol. 29: 126-131.
- (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 & 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.
- Esquinca, H.A. & J.F. Barrera. 1985. Presencia de un atrayente en los frutos infestados, desechos alimenticios y fecales de *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). En: XX Congreso Nacional de Entomología. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, p. 34.
- Gutiérrez-Martínez, A., S. Hernández & A. Virgen. 1993. 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.
- Hernández, M. & A. Sánchez. 1972. La broca del fruto del café. Asociación Nacional del Café. Guatemala. Boletín No. 11.
- Infante, F. 1998. Biological control of *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) in Mexico, using the parasitoid *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyilidae). Tesis de doctorado. Imperial College, Inglaterra, 173p.
- Infante, F., S.T. Murphy, J.F. Barrera, J. Gómez, W. de la Rosa & 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.
- (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.
- Jarquín-Gálvez, R. 2005a. Formación de promotores comunitarios en diversificación y manejo agroecológico de cafetales. Proyecto de validación y Transferencia de tecnología. El Colegio de la Frontera Sur y Fundación Produce Chiapas. Tapachula, Chiapas, México, 11 p.
- Jarquín-Gálvez, R. 2005b. Escuelas de campo y experimentación para agricultores en la formación de promotores comunitarios sobre broca del café. En: J.F. Barrera (ed.), Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México, p. 62-66.
- Jarquín, R., J.F. Barrera, F. Guharay, L. Jiménez, L. García, M. Figueroa & R. Montes. 2002. Manejo Integrado de la Broca del Café bajo dos modelos de transferencia de tecnología. En: J.F. Barrera (ed.), Tres plagas del café en Chiapas. El Colegio de la Frontera Sur, México, p. 21-31.
- Jarquín, R., J.F. Barrera, K. C. Nelson & A. Martínez Quezada. 1999. Evaluación de métodos no químicos contra la broca del café y su transferencia tecnológica en Los Altos de Chiapas, México. Agrociencia 33: 431-438.
- Jiménez, L., J.F. Barrera, M. Rojas, J. Valle & A. Zamarripa. 2000. Tácticas y estrategias usadas por ejidatarios para combatir a la Broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae), en el municipio de Tapachula, Chiapas. En: XXIII Congreso Nacional de Control Biológico. Guanajuato, Guanajuato, México, p. 208- 210.
- Lewin, B., D. Giovannucci & P. Varangis. 2004. Coffee markets: new paradigms in global supply and demand. World Bank. Agricultural and Global Development Discussion Paper 3. 133 p.
- López-Méndez, I., R. Basurto-Ríos & J. E. Ibarra. 2003. *Bacillus thuringiensis* serovar *israelensis* is highly toxic to the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* Ferr. (Coleoptera: Scolytidae). FEMS Microbiology Letters 226: 73-77.
- Murphy, S.T. & 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: 107-117.
- 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. Infante, F.E. Vega, F. Holguín, J. Macías, J. Valle, G. Nieto, S.W. Peterson, C.P. Kurtzman & K. O'Donnell. 2003. Mycobiota associated with the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) in Mexico. *Mycol. Res.* 107: 879- 887.
- 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.
- Pérez-Lachaud, G., T.P. Batchelor & I. Hardy. 2004. Wasp eat wasp: facultative hyperparasitism and intra-guild predation by bethylid wasps. *Biol. Control* 30: 149- 155.
- Peterson, S.W., J. Pérez, F. E. Vega & F. Infante. 2003. *Penicillium brocae*, a new species associated with the coffee berry borer in Chiapas, Mexico. *Mycologia* 95: 141- 147.
- Pohlan, J. (ed.). 2002. México y la cafecultura chiapaneca; reflexiones y alternativas para los caficultores. Shaker Verlag, Alemania. 386 p.
- Pohlan H.A.J. . 2005. Manejo de la cenosis en cafetales y sus impactos sobre insectos, con especial énfasis en la broca del café. *En: J.F. Barrera (ed.), Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México.* Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México, p.22-30.
- Pohlan H.A.J., J.F. Barrera, R. Jarquín, B. Herrera, L. Soto & J.E. Sánchez. 2004. La Red GIEZCA-Proyecto estratégico para el desarrollo de zonas cafetaleras en Chiapas, México. *En: XIV Congreso Científico del INCA.* La Habana, Cuba, 59 p.
- Poinar, G. Jr., F.E. Vega, A. Castillo, I. E. Chavez & F. Infante. 2004. *Metaparasitylenchus hypothenemi* n. sp. (Nematoda: Allantonematidae), a parasite of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Curculionidae: Scolytinae). *J. Parasitol.* 90:1106-1110.
- Portilla, M. & D.A. Streett. 2004. Avances en el desarrollo de técnicas de cría masal de parasitoides de la broca del café. *En: Workshop Internacional sobre o Manejo da Broca-do-Café.* IAPAR, SEAB, Governó do Paraná. Londrina, Paraná, Brasil. 15 p.
- Ramírez, M. & B. Reyes. 2000. 3ª Reunión Nacional de la Campaña contra la Broca del Café. Tepic, Nayarit, México, 110 p.
- Rojas, J. 2005. Ecología química de la broca del café y sus parasitoides. *En: J.F. Barrera (ed.), Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México.* Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México, p. 14-21.
- Romero A., Y., L. Soto-Pinto, L. García-Barrios & J.F. Barrera. 2002. Coffee yields and soil nutrients under the shade of *Inga* sp. vs. multiple species in Chiapas, Mexico. *Agroforestry Systems* 54: 215-224.
- (SAGARPA) Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2003. Información coyuntural relevante con la implementación de acciones sectoriales federación-estado. http://www.sagarpa.gob.mx/dlg/queretaro/presentaciones/información_relevante_queretaro.htm
- Segura P., H.R. & J.F. Barrera. 2004. Productores indígenas de café orgánico en el sur-sureste de México: de la marginación a los mercados globales alternativos. *En: R. Wences, L. Sampedro & R. López V. (Coord.), Estudios Regionales en la Cuenca del Pacífico. 18th Pacific Regional Science Conference & 8º Encuentro Nacional de Desarrollo Regional en México.* Universidad Autónoma de Guerrero. México. CD Rom.
- Segura, H.R., J. F. Barrera, A. Nazar & H. Morales. 2004. Farmers' perceptions, knowledge and management of the coffee pests and diseases and their natural enemies in Chiapas, Mexico. *J. Econ. Entomol.* 97: 1491-1499.
- (SENASICA) Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. 2004. Campaña contra la broca del café. <http://web2.senasica.sagarpa.gob.mx/xportal/dgsv/cfito/Doc164/>
- Vázquez-Moreno, L. 2005. Experiencia cubana en el manejo agroecológico de plagas en cafeto y avances en la broca del café. *En: J.F. Barrera (ed.), Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México.* Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México, p. 46-57.
- Velasco P., H., B. Beristain & S. Díaz. 1999. Integración de métodos para el control de la broca *Hypothenemus hampei* Ferr. Del fruto del cafeto en zona Córdova-Huatusco, Veracruz, México. Informe final. Universidad Autónoma Chapingo, 98 p.
- Villacorta, A. & J.F. Barrera. 1993. Nova dieta meridica para criação de *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867). *An. Soc. Entomol. Brasil* 22: 405- 409.
- Villacorta, A. & J.F. Barrera. 1996. Techniques for mass rearing of the parasitoid *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyidae) on *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) using an artificial diet. *Vedalia*, 3: 45-48.
- Villaseñor Luque, A. 1987. Caficultura moderna en México. Ed. Futura, S.A. México. 469 p.
- Williamson, S. 1998. Understanding natural enemies; review of training and information in the practical use of biological control. *Biocontrol News Inf.* 19: 117N-125N.
- (WIMBC) *Workshop Internacional sobre o Manejo da Broca-do-Café.* 2004. IAPAR, SEAB, Governó do Paraná. Londrina, Paraná, Brasil. 27 p.