

PRODUCCIÓN MASIVA Y USO DE PARASITOIDES PARA EL CONTROL DE LA BROCA DEL CAFÉ EN COLOMBIA

Alex Enrique Bustillo-Pardey*, Jaime Orozco-Hoyos*, Pablo Benavides-Machado*,
Maribel Portilla-Reina*

RESUMEN

BUSTILLO P., A. E.; OROZCO H., J.; BENAVIDES M., P.; PORTILLA R., M. Producción masiva y uso de parasitoides para el control de la broca del café en Colombia. Cenicafé 47(4): 215-230. 1996.

La broca del café, *Hypothenemus hampei*, es la plaga más importante del cultivo del café en Colombia y para su control se está desarrollando un programa de manejo integrado cuyos principales componentes son el control cultural, las prácticas agronómicas, el control biológico y como último recurso el control químico con insecticidas de baja toxicidad según recomendaciones técnicas. El programa de introducción, el desarrollo de métodos de producción masiva y las evaluaciones de campo con los parasitoides *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta* ha sido exitoso. Entre octubre de 1995 y septiembre de 1996 se liberaron 365 millones de avispitas en cafetales infestados con broca para lograr su establecimiento y posterior diseminación a otros predios cafeteros. Estos dos parasitoides han logrado establecerse en todos los sitios donde se han liberado y se espera que jueguen un papel importante como reguladores naturales, especialmente en aquellos sitios de las fincas donde se encuentren concentradas las poblaciones de broca.

Palabras claves: Colombia, Control biológico, *Coffea arabica*, *Hypothenemus hampei*, *Cephalonomia stephanoderis*, *Prorops nasuta*, parasitoides, cría masiva, liberaciones.

ABSTRACT

The coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*, is the most important pest of coffee crops in Colombia and for its control an integrated pest management approach is being investigated, whose main components are cultural control, agronomical practices, biological control, and as a last resource the use of low toxicity insecticides according to technical recommendations. Results on the introduction, mass production and field evaluations of *Cephalonomia stephanoderis* and *Prorops nasuta* parasitoids have been successful. Between October 1995 and September 1996, 365 million parasitoids were released in coffee crops infested with the borer to get establishment and subsequent dissemination into neighboring crops. These two parasitoids are now been established in all areas where they have being released and it is hoped that they could play an important role as natural regulators, specially in those places in the farm where coffee berry borer populations are concentrated.

Keywords: Colombia, Biological control, *Coffea arabica*, *Hypothenemus hampei*, *Cephalonomia stephanoderis*, *Prorops nasuta*, parasitoids, mass rearing, releasing.

* Investigador Principal I, Investigador Científico 1, Asistente de Investigación e Investigador Científico 1, respectivamente. Entomología, Cenicafé, Chinchiná, Caldas, Colombia.

La broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae), es un insecto introducido del Africa al continente americano, al cual ingresó sin sus enemigos nativos (11). Los enemigos más importantes están compuestos por cuatro parasitoides y el hongo *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (3, 18). Las especies himenópteras de la familia Bethyilidae, *Prorops nasuta* Waterston y *Cephalonomia stephanoderis* Betrem, se han podido criar en laboratorio (1, 6, 9, 12, 13, 19), pero aún no ha sido posible mantener colonias en laboratorio de *Phymastichus coffea* La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) y *Heterospilus coffeicola* Schneideknecht.

Los intentos de control biológico de la broca en otros países utilizando parasitoides han sido muy escasos. *P. nasuta* se introdujo al Brasil desde Uganda en 1929 (14) y después del desarrollo de una metodología sencilla de cría se liberó en el estado de São Paulo en 1930. A pesar de ser considerada exitosa su introducción al Brasil, el programa de control biológico con *P. nasuta* se abandonó en la década del 40 con el surgimiento de los insecticidas clorados en el mercado. Sin embargo, a pesar del uso continuado de insecticidas para el control de la broca, en 1978 se recuperó *P. nasuta* en el Brasil en cafetales de la zona de Mata, Minas Gerais, observándose niveles de parasitismo entre el 27 y 33,2%. En cafetales de Piracicaba en São Paulo se recuperó en 1975, sobreviviendo esta especie a sequías severas y a la helada de ese año, cuando murieron la mayor parte de los cafetos (22); recientemente Benassi (7) lo recuperó de cafetales del norte de Espírito Santo. La especie *P. nasuta* también fue llevada a Sri Lanka en 1928 y al Perú desde el Brasil en 1963, pero se desconoce si se estableció en esos lugares (11).

En 1987 *P. nasuta* se introdujo al Ecuador y en 1988 a México e Indonesia desde Kenya después de una cuarentena establecida en Inglaterra (4, 11, 18). En el Ecuador se reprodujo en

laboratorio y mediante las liberaciones en el campo permitieron su establecimiento. Cisneros y Tandazo (12) registran niveles iniciales de parasitismo del 25 al 28% en lugares con infestaciones de 74-78% de broca. Las colonias de laboratorio se perdieron, pero lograron establecerse de nuevo en 1990 mediante colecciones de campo. En México no se pudo mantener la colonia de laboratorio, ni se han hecho liberaciones en el campo con este parasitoide (4), actualmente se planea reintroducirlo. Aparentemente este insecto es difícil de mantener en laboratorio y las colonias en ocasiones no prosperan, lo cual limita las liberaciones masivas en el campo.

En cuanto a *C. stephanoderis* a pesar de su descubrimiento en 1960 por Ticheler (21) en Costa de Marfil, sólo hasta hace poco fue considerado en programas de control biológico. Colonias de este insecto mantenidas bajo cuarentena en Inglaterra y obtenidas en Kenya por el IIBC, sirvieron para introducirlo a México y Ecuador en 1988 (18) e Indonesia, Jamaica y Nueva Caledonia en 1989. A finales de 1990 se registró su movilización desde México a varios países centroamericanos (Guatemala, Honduras, El Salvador) en donde se organizaron laboratorios para su cría (5); Bolivia y Perú recientemente han solicitado la ayuda de la JUNAC (15) para establecer laboratorios de cría. A Colombia se introdujo desde Inglaterra y Ecuador entre 1989 y 1990 con la colaboración de las instituciones IIBC y ODA.

En Costa de Marfil, Ticheler (21) registra un parasitismo natural en la broca por *C. stephanoderis*, en árboles no cosechados, de 27% en cerezas rojas y 50% en las negras, mientras que Koch (16) encontró reducciones en las poblaciones de *H. hampei* del 20 al 30% en épocas de cosecha, pero en el período entre cosechas la reducción fue sólo de un 5%.

En el Ecuador se ha recuperado *C. stephanoderis* de los lugares de liberación. Los niveles de parasitismo obtenidos en la época de postco-

secha son relativamente altos: en la provincia de Pichincha del 72%, en Manabi variaron entre 12 y 43%, en los Ríos 40% y en Pichilingue entre 48 y 52% (15).

En México se ha liberado en pequeñas cantidades en varios sitios registrándose su establecimiento después de seis meses y los niveles de parasitismo variaron de 20 hasta 80% en los sitios de liberación. Sin embargo, éstos se redujeron considerablemente después de la cosecha debido a la escasez de frutos (4).

El parasitoide de adultos de la broca, *P. coffea*, fue descubierto en Togo en 1987 y posteriormente en Kenya (10, 17). En Togo se registran mortalidades en adultos de broca del 29,6% por esta especie. Por su hábito de ataque a la broca se constituye en un buen prospecto de control biológico, complementario de la acción que ejercen los betílidos.

La anterior revisión muestra que se han llevado a cabo múltiples intentos de introducción de parasitoides contra la broca en varios países cafeteros pero sin continuidad. Los registros son muy puntuales y no se han desarrollado métodos de producción masiva; por tanto, las evaluaciones de campo no se han hecho en cafetales con áreas representativas para evaluar el verdadero impacto de estos reguladores biológicos.

En este artículo se presentan los resultados más sobresalientes acerca de la introducción, cría masiva, liberación y comportamiento en el campo de la especie *C. stephanoderis* en Colombia. Información preliminar sobre cría de los betílidos y su efecto sobre poblaciones de broca en cafetales ha sido registrada por Orozco (20), Portilla y Bustillo (19) y Benavides *et al.* (8). Como objetivo inicial de este programa en la zona cafetera colombiana se espera introducir los parasitoides en áreas infestadas por la broca a manera de un control biológico clásico y al final se busca determinar si los parasitoides pueden jugar un papel importante en un esquema de manejo integrado de la plaga.

En la Figura 1 se presenta el flujograma de las actividades de investigación planeadas con *C. stephanoderis* y *P. nasuta*, que comprenden desde la introducción de este parasitoide desde Africa después de cuarentenas en Inglaterra y Ecuador, hasta su liberación en campo. Los especímenes se recibieron y se trasladaron inicialmente a laboratorios regionales en Nariño (Ancuyá) y Antioquia (El Nus), tan pronto como se detectó la broca del café en Colombia. En estos laboratorios se desarrolló una metodología de cría de la broca para poder mantener las colonias de los parasitoides. Posteriormente las técnicas se adecuaron para la producción masiva, la cual se realizó en Unidades de Cría de Parasitoides en cuatro sitios del país (Sandóná, Medellín, Chinchiná y Gigante) con el fin de producir suficientes parasitoides para llevar a cabo estudios de eficiencia, dispersión, recuperación sobre poblaciones de broca en campo y, a la vez, estudios de compatibilidad con otros métodos de control como son el uso de entomopatógenos, insecticidas químicos y las prácticas de control cultural.

Finalmente la información sobre producción masiva del parasitoide *C. stephanoderis* se transfirió a laboratorios particulares para su producción comercial y uso en la introducción de esta avispa a las zonas cafeteras infestadas con la broca; un programa similar se está llevando a cabo con *P. nasuta*.

Biología de la broca. Inicialmente se llevaron a cabo estudios sobre el ciclo de vida de *H. hampei* bajo condiciones de laboratorio con el fin de establecer parámetros necesarios en el proceso de cría masiva; para esto se colectó material de campo y se determinó la duración de cada uno de sus estados, la relación de sexos, los períodos de preoviposición y el número de individuos que constituyen la progenie. También se evaluaron diversos sustratos de café para su reproducción, la relación broca/grano para ob-

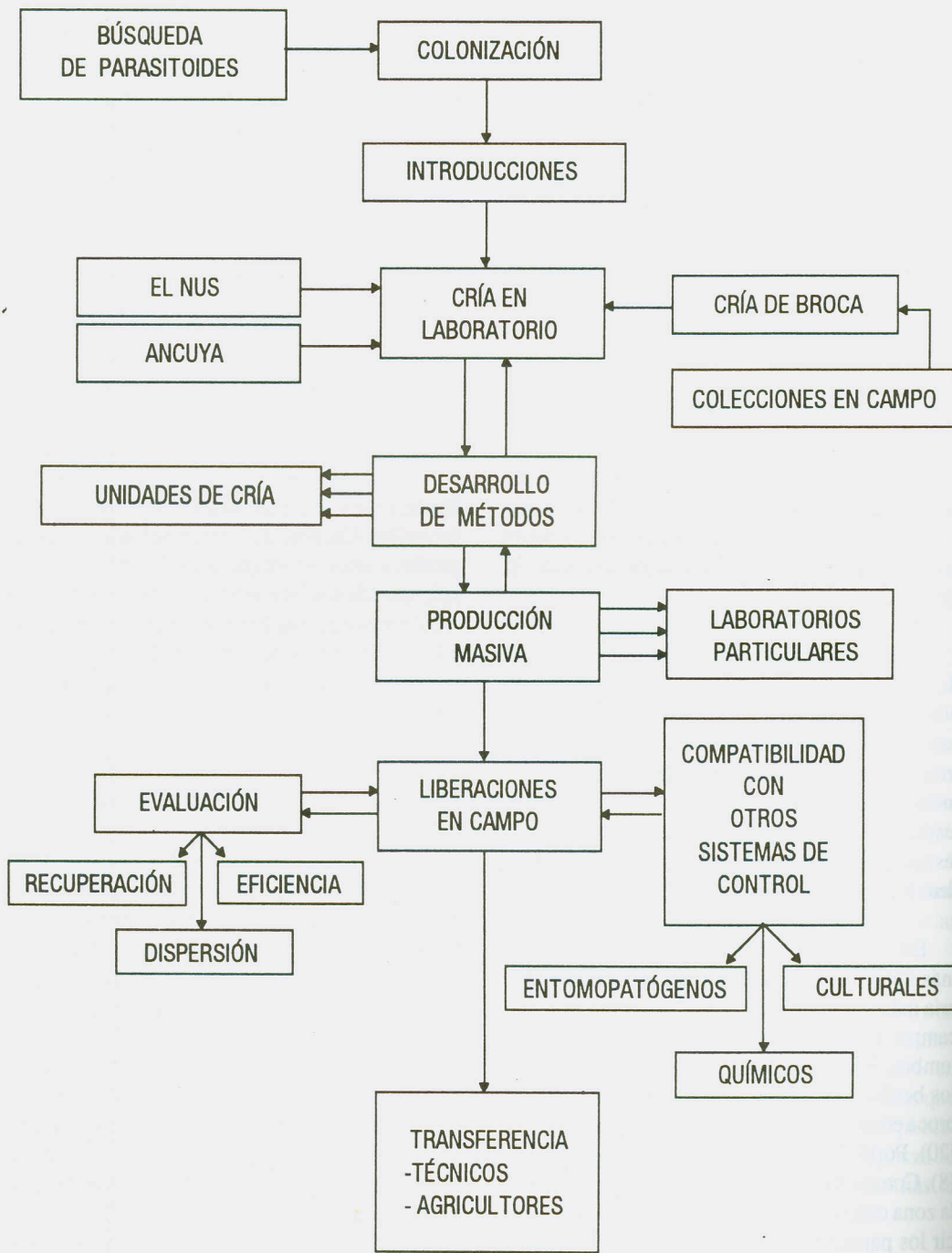


Figura 1. Flujograma de investigaciones con parasitoides para el control de la broca del café en Colombia. Cenicafé.

tener la infestación óptima y el número de estados inmaduros de broca producidos en los granos de café en el transcurso del tiempo.

Biología de los parasitoides. Una vez establecido un proceso de cría de laboratorio para la broca del café, se hicieron observaciones sobre el desarrollo y comportamiento de *C. stephanoderis* y *P. nasuta* criado sobre broca en café pergamino, para lo cual se estudió el porcentaje de granos parasitados, el número de estados desarrollados por grano y el número de adultos emergidos en función del tiempo de desarrollo de la broca en el interior de los granos pergamino. Este estudio se llevó a cabo bajo condiciones de laboratorio (T=23,7°C y HR=79%) utilizando una unidad experimental compuesta por un frasco de conserva con 200 granos de café y 300 parasitoides (relación 1:1,5) y cinco

repeticiones para cada edad de desarrollo: 16, 18, 20, 22, 24 días de infestados los granos con broca, para el caso de *C. stephanoderis* y 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 días de infestados para *P. nasuta*. Al someter los granos brocados al parasitismo se evaluó el número de estados de la broca al cabo de los 12 días de ocurrida la parasitación, disecando 30 granos por tratamiento para determinar el porcentaje de parasitismo, y al final se registró el número de adultos emergidos por unidad experimental.

Desarrollo de un método de cría masiva.

Con los resultados de los anteriores experimentos se diseñó un método masal de cría de la broca y sus parasitoides, cuyo modelo conceptual (Figura 2) ha permitido orientar el desarrollo del proceso y determinar las necesidades de estimación de parámetros y optimizar el sistema de producción (19).

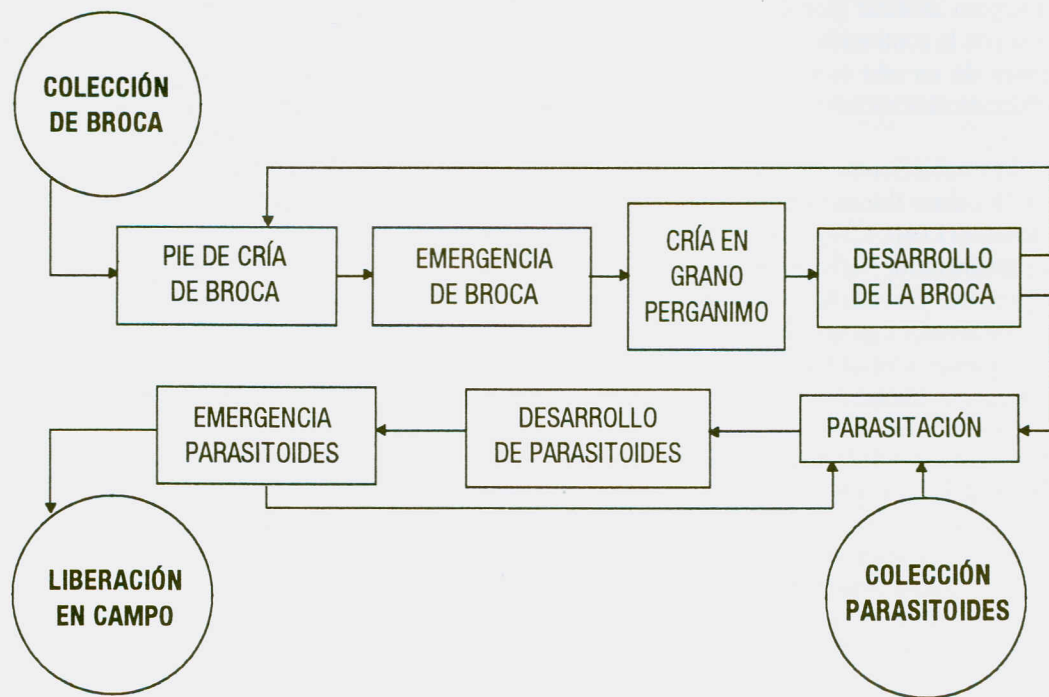


Figura 4. Conceptualización del sistema de producción de parasitoides de la broca del café en Colombia. Cenicafé.

En términos generales el proceso de cría requiere un suministro de frutos de café infestados con broca, que proporcionan un pie de cría de la plaga para establecer una colonia en grano pergamino, en la cual se desarrollan los estados inmaduros necesarios para la reproducción de los parasitoides. Una vez que el sistema de producción se pone en marcha, se incrementa hasta los niveles necesarios y se inicia el proceso de parasitación. En la producción de adultos de parasitoides una proporción se selecciona para sostener el sistema de cría y otra se utiliza para la liberación en cafetales infestados.

Liberación de parasitoides en el campo. *Cephalonomia stephanoderis*. Una vez iniciada la producción de parasitoides se empezaron estudios para medir su impacto en parcelas infestadas con la broca del café (8). El proceso experimental de este estudio se describe a continuación para analizar globalmente esta información con la continuidad en las observaciones a través de un año más, en dos de las fincas seleccionadas inicialmente.

Se establecieron ocho campos experimentales en cuatro fincas localizadas en diferentes altitudes (1.080, 1.240, 1.485 y 1.630 m) en el departamento de Nariño, municipios de Consacá y Sandoná. En cada finca se ubicaron dos lotes de 200 árboles y en uno de ellos se liberaron los parasitoides y el otro sirvió como testigo sin liberación. Inicialmente se censaron todos los árboles para conocer la infestación por árbol y el número total de frutos. Se hicieron tres liberaciones de *C. stephanoderis* en los diferentes lotes: la primera a los 140 días (oct.-nov./91) de formación de los frutos de la travesía, en relación 1:1 (parasitoide:fruto brocado); la segunda cuando los frutos de la cosecha principal tenían alrededor de 90 a 130 días (enero-marzo/92) en relación 1:2; y la tercera durante la cosecha principal (mayo - junio/92) en relación 1:3. El total de parasitoides liberados en los cuatro

lotes fue de 504.800 especímenes de *C. stephanoderis*. En estos lotes no se recolectó ningún fruto durante el período que duró el experimento (2 años), ni se aplicaron insecticidas químicos o biológicos. Las evaluaciones de parasitismo se hicieron cada dos meses en el 30% de los árboles infestados con broca y de cada árbol se tomó como muestra la sexta parte de los frutos brocados maduros y secos. Estos frutos se disecaron para establecer la presencia de *C. stephanoderis*.

Este estudio se extendió por tres años, seleccionando las parcelas localizadas a 1.080 y 1.240 m.s.n.m., con el fin de conocer la dinámica del parasitoide en relación con la de su hospedante, la broca.

Prorops nasuta. Un programa de producción masiva similar al de *C. stephanoderis*, pero en menor escala se llevó a cabo también con *P. nasuta*. Los parasitoides se liberaron en los municipios de Sandoná, Consacá y Ancuyá (Nariño) durante 1991, en cuantía de 35.000 especímenes. Las liberaciones se hicieron en predios de zonas medianamente tecnificadas, con densidades de siembra entre 1.500 a 7.000 cafetos/ha y con altos niveles de infestación de broca (>40,0%).

Producción de parasitoides por laboratorios particulares. Una vez desarrollados los métodos de producción masiva de parasitoides se hicieron contactos con laboratorios interesados en la producción de agentes biológicos, para que se encargaran de la producción masiva con el fin de llevar a cabo la introducción de las avispidas a las diferentes zonas cafeteras afectadas por la broca del café. Se proporcionó información sobre la metodología de cría, requerimientos de infraestructura y materiales, y se proporcionó entrenamiento al personal de los laboratorios, asesoría permanente entregando un pie de cría de *C. stephanoderis* para iniciar las colonias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Biología de la broca. En la Tabla 1 se presenta el resumen de la información sobre el ciclo de vida de *H. hampei* cuyo ciclo de huevo a adulto, a una temperatura promedio de 26°C, se completó en 26 días. El número de huevos por hembra fue de 35 ± 5 , el período de preoviposición de 2 - 3 días y la relación de sexos de 9 a 10 hembras por cada macho.

El sustrato más apropiado para el desarrollo de la broca fue el café pergamino seco de agua que tiene una humedad del 45% (Tabla 2). La relación más apropiada para lograr altos niveles de infestación en el grano pergamino fue de 3:1 (Tabla 3) y el tiempo óptimo para someter los granos brocados a parasitismo se encontró entre 20 y 24 días (Tabla 4); tiempo en el cual se

TABLA 1. Duración de los diferentes estados de la broca del café (*Hypotenemus hampei*) bajo condiciones de laboratorio ($26^\circ \pm 1^\circ\text{C}$) y de campo ($27^\circ \pm 5^\circ\text{C}$). (San José de El Nus, Antioquia. 1990).

ESTADOS	N°	Duración promedio en días \pm DE	
		Laboratorio	Campo
Huevo	156	6 \pm 2	6 \pm 4
Larva	138	14 \pm 3	16 \pm 6
Prepupa	129	2 \pm 1	3 \pm 1
Pupa	125	6 \pm 2	8 \pm 3
Adulto hembra	30	120 \pm 30	--

TABLA 2. Infestación y contaminación por hongos de diferentes tipos de café evaluados como sustrato de reproducción de la broca del café *H. hampei*. (Sandóná, Nariño. 1991).

Tipos de café	N° de granos por frasco	N° de brocas por frasco	N° de granos brocados	N° de granos contaminados	% de infestación por broca	% de contam. por hongo
Cereza pintón	200	400	111	83	55,50	74,77
Trillado humedecido	900	1800	498	412	55,33	82,73
Pergamino seco humedecido	700	1400	548	115	78,28	20,98
Pergamino seco de agua	700	1400	615	25	87,86	4,06

TABLA 3. Infestación de grano pergamino seco de agua por la broca del café, usando varias relaciones insecto: grano. (Sandóná, Nariño. 1991).

Relación broca: grano de café	N° de granos por frasco	N° de brocas por frasco	N° de granos infestados por broca	% infestación
1:1	700	700	415	59,28
2:1	700	1.400	620	88,57
3:1	700	2.100	635	90,71

alcanza el mayor número de estados biológicos en el interior de los granos: larvas de segundo ínstar y prepupas. Para mantener el grano se usaron con éxito las bandejas rectangulares de zinc (90 x 30 x 6 cm) con orificios en los lados para permitir la aireación.

Biología de los parasitoides. La biología y el comportamiento de *C. stephanoderis* y *P. nasuta* son muy similares a lo descrito por Abraham *et al.* (1), Cenicafé-CABI-ODA (11), Y Ticheler (20). La hembra del parasitoide penetra el fruto infestado por la broca, paraliza la hembra adulta de la broca que cuida la colonia, luego se ali-

menta de los huevos y larvas de primer ínstar y deposita sus huevos sobre larvas de segundo ínstar, prepupas y, en menor proporción, sobre pupas de la broca.

El ciclo de vida de ambas especies es muy similar y lo completan en aproximadamente 22 días a temperatura de 24°C en cuartos oscuros (Tabla 5). La eficiencia del parasitismo de *C. stephanoderis* sobre la broca se incrementa a medida que se le ofrece un grano brocado con mayor número de estados inmaduros (Tablas 4 y 6). Cuando el grano brocado alcanzó 24 días se obtuvieron en promedio 10,5 individuos de

TABLA 4. Estados de broca del café después de varios días de desarrollo de una colonia en el interior de granos de café pergamino (T=23,7°C y HR=79%).

Grano infestado (días después)	N° de granos observados	Promedio de estados de broca				
		Huevo	Larva 1	Larva 2	Prepupa	Pupa
16	10	15,4	5,8	0	0	0
18	10	11,0	6,1	0	0	0
20	10	4,1	11,3	1,6	0	0
22	10	1,3	16,5	4,5	0	0
24	10	0,8	6,7	8,4	0,5	0,2

Desviación estándar.

TABLA 5. Ciclo de vida del parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* bajo condiciones de laboratorio (T=24°C y HR=70%).

Estado	DURACIÓN EN DÍAS		
	Promedio	Mínimo	Máximo
Huevo	3,50	3	4
Larva	4,50	4	5
Prepupa	0,70	1	1
Pupa	15,00	13	17
Total a adulto	23,70	21	27

C. stephanoderis por grano (Tabla 6). En cuanto a la especie *P. nasuta*, es más exigente en cuanto al estado de la broca que parasita, prefiriendo casi exclusivamente larvas de segundo ínstar, lo cual se refleja en las producciones menores en laboratorio, si se compara con *C. stephanoderis* (Tabla 7). La emergencia de los parasitoides se logra proporcionando temperaturas más altas al del cuarto de cría y luminosidad.

Desarrollo de un método de cría masiva. El éxito en la cría masiva de *H. hampei* y de su parasitoides *C. stephanoderis* está principalmente en el control de las condiciones de humedad y temperatura en cada proceso con el uso de deshumificadores, humificadores y calentadores debidamente controlados con higrotermógrafos. Las condiciones de asepsia diaria en todos los procesos del laboratorio son indispensables, así como la obtención diaria de suficien-

TABLA 6. Parasitismo, número de estados y emergencia de *Cephalonomia stephanoderis* según el desarrollo de la broca en café pergamino (T=23,7°C y HR=79%). n=30 granos, infestación broca/grano 3:1 y relación parasitoides/broca 2:1.

Granos infestados (días después)	% de granos parasitados	N° de estados por grano parasitado	Emergencia de adultos por recipiente con 200 granos
16	3,30	1,00	38
18	63,30	5,20	132
20	53,30	6,40	1197
22	46,60	7,90	492
24	56,60	10,50	1402

TABLA 7. Porcentaje de parasitismo, número de estados y emergencia de *Prorops nasuta* según el desarrollo de la broca en café pergamino (23,7°C y 79% HR).

Granos infestados (días después)	% de granos observados	% de granos parasitados	N° de estados por grano parasitado	Emergencia de adultos por recipiente con 200 granos
17	30	20,00	2,00	105
18	30	20,00	9,30	189
19	30	35,00	3,90	113
20	30	40,00	4,80	77
21	30	20,00	3,30	104
22	30	20,00	8,00	58
23	30	30,00	4,00	171
24	30	70,00	5,00	321

tes adultos vigorosos de broca y un suministro permanente de grano pergamino proveniente de frutos de café sanos y bien maduros. La administración y planeación de las actividades es también de gran importancia; se debe registrar toda la información de los lotes de producción para poder analizar cualquier problema que surja en el proceso.

La producción de parasitoides se inicia con el establecimiento de una cría masiva de broca, para lo cual se utilizan frutos de café totalmente maduros y brocados. Una vez se reciben en el laboratorio, los granos se extienden sobre bandejas de madera con fondo en malla metálica, y con la ayuda de ventiladores se reduce su humedad a los niveles deseados. Este proceso puede tomar 20 días y a la vez que se seca el fruto se logra el desarrollo de los estados inmaduros de la broca. Al momento del ingreso del material ó al cabo de 8 días es conveniente hacer una desinfección con fungicidas como tiabendazol 0,3% o benomil 0,2%. Si se observan ácaros, se pueden controlar con propargite al 0,3% o tetradifon al 0,3%. Una vez este material está seco y las brocas alcanzan el estado adulto, se traslada a armarios de madera de 1,8 m de alto, 0,6 m de ancho y 0,4 m de largo, cuyo frente está compuesto de una lámina de acrílico transparente con su parte basal en forma de cono a la cual se adhiere una caja plástica para coleccionar las brocas en emergencia. La parte posterior del armario está cubierta por una tela de color negro que permite aireación a los frutos secos. En el interior del armario se colocan bandejas de madera sobre las cuales se deposita el fruto infestado y seco listo para la emergencia de las brocas adultas.

Para inducir la emergencia de la broca, diariamente se remoja el material; esta también se puede lograr en cuartos grandes encerrados con una malla (casetas), dejando el grano brocado en las bandejas para que la broca vuele libremente y se pueda coleccionar en las paredes de la tela con un colector de rodillo hecho de PVC. El

material de frutos brocados de campo se debe mantener a una humedad ambiental cercana al 85% y 22°C de temperatura para almacenarlo por largos periodos (3-4 meses), si los niveles de infestación de este material son bajos se pueden incrementar reinfestando con el sobrante diario de las emergencias de broca.

Para la cría de la broca se utiliza café pergamino seco de agua, el cual se adquiere en cantidad suficiente para las necesidades de una semana. El café se puede mantener en buena forma almacenándolo en tanques con agua, cambiándola frecuentemente para mantenerla limpia. Este grano pergamino se seca a la sombra con la ayuda de ventiladores durante un día aproximadamente, hasta alcanzar una humedad del 45%. El grano utilizado para el proceso de cría se selecciona manualmente para asegurar un grano de alta calidad, libre de defectos y así minimizar las contaminaciones.

Las brocas colectadas diariamente de los cuartos de emergencia se utilizan para infestar este grano pergamino en proporción de 3-4 brocas/grano, que se han depositado previamente en bandejas metálicas rectangulares (90 cm de largo x 30 cm de ancho x 6 cm de alto), con 16 orificios laterales de 2,5 cm de diámetro en los lados para permitir la aireación. En estas bandejas se colocan 4.000 granos pergamino los cuales se infestan con brocas; las bandejas se dejan una encima de otra en un cuarto oscuro a una temperatura de 24°C y una humedad relativa del 80%. Al cabo de 12 días se realiza una limpieza del material; para ello el grano se deposita sobre bandejas con fondo de malla y con una brocha se barre el aserrín, una alternativa que minimiza la acción de los agentes contaminantes es el uso de aspiradoras para esta limpieza.

El grano brocado se coloca de nuevo en las bandejas metálicas (4.000 granos por bandeja) y se lleva a otro cuarto para continuar el desarrollo de los estados inmaduros (T=23-25°C,

HR=80%). Al cabo de 20 - 22 días después del brocado, cuando aparecen las primeras pupas, se limpia nuevamente el aserrín producido por la broca y se retiran los granos no infestados y los contaminados por hongos. Mediante disecciones del grano se establece el número de estados inmaduros de la broca, que no debe ser inferior a 30 estados; algunos laboratorios comerciales tienen promedios entre 50 y 60 estados. La humedad del grano se determina diariamente en el transcurso del proceso, con el fin de hacer los correctivos necesarios para mantenerla en el óptimo, o sea que al principio del proceso esté en 45% y al momento de someterse a parasitismo esté alrededor del 30%. Es indispensable contar en cada laboratorio con un equipo apropiado para determinar con exactitud la humedad de los granos de café.

Los granos previamente seleccionados que tengan más de dos perforaciones, se utilizan para realizar el parasitismo colocándolos en frascos de conserva en proporción de 200 granos infestados por 400 adultos de la avispa por frasco; a estos recipientes se les facilita la ventilación colocando una tela fina de organdí en la boca, que impida el escape de las avispas. Estos recipientes se mantienen en un cuarto oscuro a 25°C y una HR=70%. Una alternativa que permite el almacenamiento de mayor cantidad de material en el mismo espacio es el uso de cajas rectangulares con orificios circulares en los lados, en las cuales se pueden depositar 333 granos brocados con 600 avispas para una proporción de 1:1.8; sin embargo se deben establecer las condiciones de humedad que pueden ser diferentes para este tipo de recipientes.

Al cabo de 8 días se hace una revisión de los recipientes de parasitación para detectar y detener posibles ataques de hongos y ácaros; a los 12 días de parasitación se revisa de nuevo el material y se estima el porcentaje de parasitismo y el número de estados de la avispa por grano. Al final de los 25 días todo el material se transporta a otro cuarto de emergencia cuya temperatura es

ligeramente más alta (27°C) y con una humedad relativa del 70%. Este material se acomoda en cajones de madera con bandejas en su interior en cantidades de 20.000 a 25.000 granos y que tienen en su base frascos grandes de vidrio o plástico transparente iluminados con luz fluorescente para atraer las avispas que inician su emergencia. De estos frascos se colectan diariamente las avispas con la ayuda de un aspirador eléctrico y se dispensan en recipientes pequeños en cantidades exactas (previamente taradas por volumen) para luego utilizarlas en el proceso de parasitación.

Dependiendo de la eficiencia del proceso cerca de un 75% del grano brocado parasitado se utiliza para liberaciones en el campo y el resto se deja para continuar el proceso de cría. Periódicamente es conveniente obtener parasitoides del campo para "revitalizar" las colonias de laboratorio. Un objetivo de los laboratorios particulares debe ser producir las cantidades necesarias de broca sin necesidad de recurrir a colecciones de frutos brocados en el campo.

Liberación de parasitoides en el campo. *Cephalonomia stephanoderis*. Los resultados de este estudio aparecen en las Figuras 3, 4 y 5. Se demostró que el parasitoide se estableció en todos los lugares donde se liberó. El parasitismo ocasionado por *C. stephanoderis* es dependiente de las densidades de *H. hampei* y aumenta cuando la altura sobre el nivel del mar es menor (mayor temperatura) y cada vez que se realizan nuevas liberaciones de la avispa. Es así como a 1.630 m.s.n.m y una temperatura media de 19,9°C, se encontraron niveles máximos de parasitismo del 29% y a 1.080 m con 23,4°C, éstos alcanzaron hasta un 65%, en el momento en que ya se habían realizado todas las liberaciones de las avispas y la plaga se encontraba en altas poblaciones (Figura 3). Lo anterior es explicable porque en sitios más cálidos el desarrollo de la broca es más rápido y alcanza mayores poblaciones que quedan como en este caso a disposición del parasitoide para su reproducción.

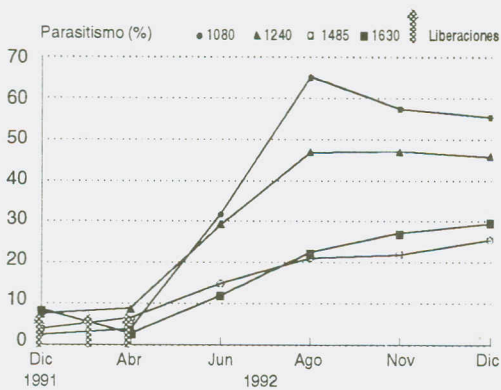


Figura 3. Parasitismo ocasionado por *C. stephanoderis* sobre broca del café después de tres liberaciones en cuatro fincas seleccionadas por altitud (8).

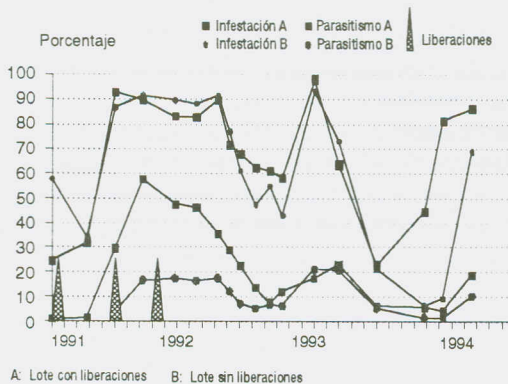


Figura 4. Evolución de la Infestación de *H. hampei* y el parasitismo de *C. stephanoderis* sobre la broca del café. Finca en Sandoná, Nariño, ubicada a 1080 msnm.

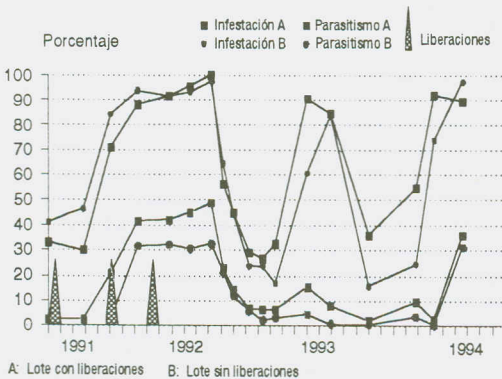


Figura 5. Evolución de la infestación de *H. hampei* y el parasitismo de *C. stephanoderis* sobre la broca del café. Finca en Sandoná, Nariño, ubicada a 1240 msnm.

Se observó que además de su acción parasítica la avispa ejerce una acción depredadora bastante eficiente sobre los adultos de broca (93,8%) que se encontraban en el interior de los frutos, sugiriendo así una acción total sobre la población de todos los estados de la broca, en la cual se estimó una mortalidad del 94,8%. En ningún caso se encontraron huevos y larvas de primer ínstar en los granos parasitados observados, los cuales, según lo que se conoce de su comportamiento, son consumidos por el adulto de la avispa.

En cuanto al seguimiento del efecto del parasitoide sobre las poblaciones de broca en un período de tres años los resultados se presentan en las figuras 4 y 5. Las líneas de parasitismo en las figuras muestran la proporción de frutos brocados parasitados en relación con el total de la muestra analizada, tanto en los lotes donde se realizaron las liberaciones como en aquellos donde no se hicieron, éstos últimos colonizados al cabo de tres meses después de la primera liberación. Es importante resaltar que aún después de tres años de realizadas las liberaciones las avispias siguieron realizando un efecto de parasitismo sobre la broca en los lotes iniciales. El parasitismo es dependiente de la densidad del hospedante, o sea que fluctúa con la abundancia o escasez de la población de broca. Estos resultados muestran claramente que *C. stephanoderis* se puede establecer bajo las condiciones de los ecosistemas cafeteros colombianos; sin embargo su acción sola no es suficiente para reducir las poblaciones de broca a niveles que no causen daño económico (<5%).

El parasitoide se recuperó de cafetales distantes a los sitios de liberación hasta 4,2 km, poco tiempo después de su liberación. Con el tiempo, los lotes testigo fueron colonizados por *C. stephanoderis*. Se concluye que esta especie se adapta a las condiciones ecológicas de la caficultura colombiana y que permite adelantar el programa de introducción del parasitoide a nivel nacional.

Estudios recientes (2) muestran que *C. stephanoderis* es muy promisorio para el control de la broca, aun cuando las poblaciones de ésta sean inferiores al 5%. Se encontró que el parasitoide tiene buena capacidad de búsqueda y es capaz de permanecer en sitios donde la broca esté concentrada en focos, lo cual hace posible la liberación de estos parasitoides en estos sitios como estrategia para reducir sus poblaciones.

Prorops nasuta. La cría de este parasitoide ha mostrado ser más difícil, ya que es más exigente en la selección del estado apropiado de la broca para su parasitación. Sin embargo, es posible obtener una producción masiva para realizar introducciones en cafetales. Actualmente en Cenicafé se tiene una de las pocas colonias en el mundo, en la que el pié de cría es de un millón de especímenes y en el mismo año se produjeron 3,9 millones. Se ha demostrado que este parasitoide también se establece en las distintas zonas cafeteras en donde se libera, en cafetales en Nariño cerca a Sandoná su recuperación de frutos brocados es frecuente después de tres años de realizar las primeras liberaciones (19). A pesar de las pequeñas cantidades liberadas se ha logrado evaluar su parasitismo, el cual varió entre 1,5 a 3,8% en zonas ubicadas a 1.380 - 1.750 m.s.n.m. Se registró un máximo de 36 capullos del parasitoide en un fruto brocado.

Producción de parasitoides por laboratorios particulares. Una vez desarrollados los métodos de producción masiva de los parasitoides, se entregó la tecnología a la industria privada para que proporcionara cantidades suficientes y así llevar a cabo un programa agresivo de introducción en las diferentes zonas cafeteras invadidas por la broca del café.

Inicialmente, los laboratorios presentaron muchos problemas de adopción de la tecnología y desarrollo de habilidades en el manejo de estos insectos. Los problemas más comunes fueron las pérdidas de las colonias debido a la

infestación de ácaros y la proliferación de hongos, que se originan normalmente por el uso de infraestructuras inadecuadas, las pobres condiciones de asepsia, la mala regulación de las condiciones ambientales, especialmente temperatura y humedad relativa. Sin embargo, con el tiempo y la experiencia han mejorado los parámetros de producción como: niveles de café brocado, el parasitismo y el número de avispidas por grano brocado (Tablas 8 y 9). En el período (oct./95-sept./96) se produjeron 384 millones y se liberaron 364 millones de *C. stephanoderis* en fincas afectadas por la broca en 10 departamentos cafeteros del país.

El uso de los parasitoides se ha enfocado en el marco de dos estrategias: la introducción de las especies *C. stephanoderis* y *P. nasuta* en la zona cafetera colombiana infestada con broca y el uso de estos parasitoides en un programa de manejo integrado, en el cual se puedan reducir las poblaciones de broca a niveles inferiores al 5%. La segunda estrategia corresponde a la situación de recomendación técnica del uso de avispidas en un programa de manejo integrado, en el cual el cafetero adquiriría este insumo directamente de los productores particulares. Los estudios recientemente llevados a cabo por Aristizábal (2) indican la posibilidad de este enfoque, pero los costos de producción de los parasitoides podrían ser un obstáculo para que el caficultor los pueda adquirir en grandes cantidades.

La liberación de los parasitoides se lleva a cabo por parte del Servicio de Extensión de la Federación Nacional de Cafeteros. Las avispidas producidas por los laboratorios se reciben en Cenicafé para expedir un certificado de control de calidad en relación a:

número de granos parasitados
número de parasitoides por grano
contaminación por ácaros y hongos.

TABLA 8. Parámetros de producción masiva de *Hypothenemus hampei* en los laboratorios particulares de producción de bio-insumos.

Laboratorio	Grano pergamino		Grano brocado %		Contaminantes %	
	Brocado / día	Broca : grano	Infestación	Útil en la cria	Hongos	Ácaros
Agrobiológicos	154.800	3 : 1	80,0	50,0	0,0	0,0
Biocafé	100.000	3 : 1	90,0	60,0	0,5	0,6
Bioccidente	120.000	3 : 1	85,0	75,0	3,0	1,0
Biomontenegro	60.000	3 : 1	95,0	70,0	3,0	0,0
Bionorte	300.000	3,5 : 1	75,0	50,0	5,0	1,0
Casa Biológica	180.000	3 : 1	93,0	60,0	1,0	0,6
Promedio	152.467	3 : 1	86,3	60,8	1,6	0,5

TABLA 9. Parámetros en la producción masiva de *Cephalonomia stephanoderis* en los laboratorios particulares.

Laboratorio	Grano brocado para parasitar		Parasitación		Material parasitado %	
	Parasitado/día	Relación paras. : grano	% parasitismo	Estados por grano	Entregas	Pie de cria
Agrobiológicos	77.000	1,8 : 1	86,0	11,0	75,0	25,0
Biocafé	50.000	2 : 1	67,0	12,8	50,0	50,0
Bioccidente	90.000	1,8 : 1	62,8	7,8	65,0	35,0
Biomontenegro	45.000	2 : 1	85,0	10,9	60,0	40,0
Bionorte	150.000	1,5 : 1	63,4	10,4	60,0	40,0
Casa Biológica	112.000	1,5 : 1	68,2	12,8	75,0	25,0
Promedio	87.333	1,8 : 1	72,1	10,5	62,5	37,5

Con lo anterior se garantiza la calidad del producto y el número de parasitoides por liberar.

En cada finca seleccionada para realizar las liberaciones se escogen como sitio de liberación los lotes problema. Estos por lo general corresponden a lotes de café mal tenidos, cafetales viejos en donde la recolección es mal hecha, o sitios donde la broca normalmente se localiza formando "focos".

La liberación se hace utilizando pequeños costalillos de tela organdi que permiten la salida de las avispidas pero no de la broca, en la eventualidad de que no todo el material se encuentre parasitado (Figura 6); cada costalillo contiene 300 granos pergamino brocados y parasitados, se cubre con un plástico para protegerlo de las lluvias y se cuelga de las ramas de los árboles con un alambre. Este material se lleva al campo cuando están próximas a emerger las avispidas y se localiza en el árbol cerca a los frutos maduros brocados.

Los cafeteros reciben instrucción para que después de las liberaciones, al cabo de 45-60 días, recolecten los frutos brocados y parasitados, y los confinen en jaulas de exclusión con el fin de que emerjan las avispidas y se redistribuyan en el resto del cafetal.



Figura 6. Liberación de *C. stephanoderis* en cafetales infestados llevando los granos parasitados próximos a emerger y ubicándolos en costalillos cerca del área de producción del árbol.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su reconocimiento de gratitud a todo el personal profesional y auxiliares de laboratorio y de campo que contribuyeron a los estudios en las diversas Unidades de cría de Cenicafé y a los laboratorios particulares de cría de parasitoides por sus aportes para lograr los resultados aquí presentados.

Al IIBC y ODA por sus aportes en la introducción a Colombia de las especies estudiadas.

LITERATURA CITADA

1. ABRAHAM, Y. J.; MOORE, D.; GODWIN, G. Rearing and aspects of biology of *Cephalonomia stephanoderis* and *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyliidae) parasitoids of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). Bulletin of Entomological Research 30: 121-128. 1990.
2. ARISTIZÁBAL A., L. F. Efecto del parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* (Betrem) (Hymenoptera: Bethyliidae) sobre la broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) en condiciones de campo. Manizales, Universidad de Caldas, Facultad de Agronomía, 1995. 129p. (Tesis: Ingeniero Agrónomo).
3. BARRERA, J. F.; BAKER, P. S.; SCHWARZ, A.; VALENZUELA, J. E. Control biológico de la broca del café mediante parasitoides: Problemas y perspectivas. IICA-PROMECAFE, Seminario sobre caficultura Latinoamericana 10, 1987. Tapachula (México), 12-13 noviembre. 1987. pp. 187-199.
4. BARRERA, J. F.; MOORE, D.; ABRAHAM, Y. J.; MURPHY, S. T.; PRIOR, C. Biological control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*, in México and possibilities for further action. Brighton Crop Protection Conference - Pests and Diseases, 1990, pp. 391-396.

5. BARRERA, J. F.; CARRILLO, E.; MUÑOZ, R.; VEGA, M. Proyecto mesoamericano de control biológico de la broca del café con parasitoides. *In: Taller Regional sobre la broca del fruto del cafeto* 4. San Salvador, 9 -12 octubre 1990. Resúmenes. 1990.
6. BARRERA, J. F.; INFANTE, F.; CASTILLO, A.; DE LA ROSA, W.; GÓMEZ, J. Cría y manejo de *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta*, parasitoides de la broca del café. Medellín, SOCOLEN. 1991. pp.76-86. (Miscelánea No. 18).
7. BENASSI, V. L. R. M. Levantamento dos inimigos naturais da broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferr.) (Coleoptera: Scolytidae) no norte do Espírito Santo. *An. Soc. Entomol.*, 24(3): 635-638. 1995.
8. BENAVIDES M., P.; BUSTILLO P., A. E.; MONTOYA R., E. C. Avances sobre el uso del parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* para el control de la broca del café *Hypothenemus hampei*. *Revista Colombiana de Entomología* 20 (4): 247-253. 1994.
9. BENAVIDES G., M.; PORTILLA R., M. Uso del café pergamino para la cría de la broca del café, *Hypothenemus hampei* y de su parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* Betrem en Colombia. Medellín, SOCOLEN. 1991. pp.87-90. (Miscelánea No. 18).
10. BORBÓN M., O. Bioecologie d'un ravageur des baies de cafeier, *Hypothenemus hampei* (Ferr.) (Coleoptera: Scolytidae) et de ses parasitoides au Togo. Toulouse Cedex, L'Université Paul-Sabatier de Toulouse, 1989. 185p. (Thèse du Doctorat).
11. CENICAFE-CABI-ODA. Chinchiná. Manual de capacitación en control biológico. Ed., H. F. Ospina, 1990. 174p.
12. CISNEROS, P.; TANDAZO, A. Evidencias sobre el establecimiento del parasitoide *Prorops nasuta* W. en el suroriente de Ecuador. Medellín, SOCOLEN. 1991. pp.50-57. (Miscelánea No. 18).
13. DELGADO, D.; SOTOMAYOR, I. Algunos resultados sobre la cría, adaptación y colonización de los entomógenos *Prorops nasuta* Waterston y *Cephalonomia stephanoderis* Betrem, en la regulación de poblaciones de *H. hampei* en el Ecuador. Medellín, SOCOLEN. 1991. pp.58-75. (Miscelánea No. 18).
14. HEMPEL, A. *Prorops nasuta* Waterston no Brasil. *Arquivos do Instituto Biológico* 5: 197-212. 1934.
15. JUNAC. Informe final de la XXII Reunión del Comité Técnico Andino de la roya y la broca del café. Junta del Acuerdo de Cartagena. Manta, Ecuador, julio 7-14, 1991. s.p.
16. KOCH, V. J. M. 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, 84 p. 1973.
17. LA SALLE, J. A new genus and species of Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae) parasitic on the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). *Bulletin Entomological Research* 80: 7-10. 1990.
18. MOORE, D.; PRIOR, C. Present status of biological control of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei*. *In: Proceedings of Brighton Crop Protection Conference. Pests and diseases*, 3: 1119-1123. 1988.
19. PORTILLA R., M.; BUSTILLO P., A. E. Nuevas investigaciones en la cría masiva de *Hypothenemus hampei* y de sus parasitoides *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta*. *Revista Colombiana de Entomología* 21 (1): 25-33. 1995.
20. OROZCO H., J. El control biológico de la broca en América. *In: Congreso de Socolen* 20. Cali, julio 13-16, 1993. Memorias, Cali, 1993, pp. 125-136.
21. TICHELER, J. H. G. Estudio analítico de la epidemiología del escolítido de los granos de café, *Stephanoderis hampei* Ferr., en Costa de Marfil (Traducción G. Quiceno). *Cenicafé* 14 (4): 223-294. 1963.
22. YOKOYAMA, M.; NAKANO, O.; RIGITANO, R. L.; NAKAYAMA, L. Situação atual da vespa de Uganda, *Prorops nasuta* Waterston, 1923 (Hymenoptera: Bethyilidae) no Brazil. *Cientifica* 5(3): 394. 1977.