
RESULTADOS DE VARIOS ESTUDIOS EFECTUADOS CON *Prorops nasuta* y *Cephalonomia stephanoderis* PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE LA BROCA DEL CAFÉ *Hypothenemus hampei*, EN ECUADOR

Jorge Mendoza Mora; Raúl Quijije Pinargote; Marcelo Patiño; David Delgado

PALABRAS CLAVES: Broca del café, *Hypothenemus hampei*, control biológico, *Prorops nasuta*, *Cephalonomia stephanoderis*, método de cría, parasitoides, adaptación, establecimiento.

RESUMEN

En este documento se presentan los resultados de las investigaciones realizadas entre 1987 y 1994, en la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP, con los entomófagos *Prorops nasuta* Waterston y *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Hymenoptera: Bethyridae) en la lucha biológica contra la broca del café, *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae), en Ecuador.

En el laboratorio se desarrollaron los métodos de cría para la broca del café (BC) y sus parasitoides (entomófagos). Para la cría de la BC se utilizaron frutos de café maduro (cereza), y café pergamino lavado. Para la cría de los parasitoides se emplearon frutos de café brocado, en un estado que tuvieran huevo, larva, pupa y adulto de la BC (aproximadamente. 18 días después de la infestación del fruto). En estas condiciones, el ciclo biológico de *P. nasuta* y *C. stephanoderis* tuvo una duración aproximada de 27 días, desde la oviposición hasta la emergencia del adulto ($24 \pm 3^{\circ}\text{C}$ y $70 \pm 10\%$ HR.).

Las pruebas de adaptación y establecimiento de ambos entomófagos se efectuaron en varias zonas cafetaleras del país. Se utilizaron mangas y fundas entomológicas, y liberaciones en campo abierto; lo cual determinó que los dos parasitoides se establecieron en el Ecuador, siendo *C. stephanoderis* el más eficiente en el control biológico de la BC. En condiciones de campo, se consiguió hasta 82,8% de parasitación con *C. stephanoderis* y 22,5% con *P. nasuta*. En términos generales, los niveles de parasitismo no fueron considerablemente altos; sin embargo, los mayores porcentajes de parasitismo ocurrieron en la época seca en los frutos remanentes de la cosecha (frutos secos); lo que coincide con el periodo de escasez de alimento para la BC (poca disponibilidad o ausencia de frutos de café en el árbol).

Al realizar los análisis de correlación estadística entre los parasitoides y algunos factores ambientales (precipitación pluviométrica, temperatura y humedad relativa), se demostró poca asociación entre sí ($p = 0,05$).

1. ANTECEDENTES

La broca del café, *Hypothenemus hampei* Ferrari, 1867 (Coleoptera: Scolytidae), fue detectada por primera vez en Ecuador en 1981, en cafetales de la provincia de Zamora Chinchipe (zona sur del país). En ese entonces, las acciones de cuarentena interna y la existencia de barreras naturales (cordilleras) permitieron mantener confinada la plaga en esta zona hasta 1986, en que se detectó un nuevo foco en Santo Domingo de los Colorados. De este lugar, la plaga se diseminó rápidamente hacia las demás zonas cafetaleras del país, exceptuándose la región Insular o Galápagos, donde hasta ahora no ha sido reportada.

La broca (BC) ataca al fruto del café en sus diferentes fases de desarrollo. Tanto adultos como larvas se alimentan de los cotiledones del fruto, provocando la caída y pudrición de los frutos atacados, disminución de peso y baja calidad del producto cosechado. Por ende, la suma de estos efectos, llega a ocasionar pérdidas económicas significativas para el productor y la economía nacional.

El estado precario de las plantaciones de café en el país y las condiciones ecológicas favorables para la BC, permitieron un rápido desarrollo de las poblaciones de esta plaga, alcanzando niveles muy altos de infestación. Según Klein, Molinari y Tandazo, en 1987 el promedio de infestación en las provincias del Sur oriente del país (café arábigo), alcanzó 35%; mientras que, en la zona de Santo Domingo de Los Colorados (café robusta), la infestación se situó alrededor del 70%. En esta última zona - en algunos casos - los niveles de infestación sobrepasaron el 90% (Mendoza, 1994).

Ante esta situación, las opciones de combate de la BC en Ecuador eran muy limitadas. Por una parte, el manejo precario de las plantaciones y los niveles bajos de productividad (160 Kg café oro/ha), no permitían cubrir los costos de aplicación de prácticas fitosanitarias comúnmente recomendadas para el manejo de esta plaga (culturales y químicos). Por otra parte, fue necesario preservar la estabilidad de los sistemas de producción en que se asocia el café y evitar perturbaciones ecológicas que pudieran ocurrir por el uso indiscriminado de insecticidas.

Siendo así, se consideró que una alternativa ecológica válida para el combate de la BC en los agro ecosistemas cafetaleros del país, era el control biológico. Al principio, entre los agentes de control natural de la BC en el país, el único que se destacaba era el entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Deuteromycete: Moniliaceae), que en condiciones favorables (zonas húmedas, cálidas y sombrías) llegó a causar hasta 35% de mortalidad en los adultos de BC; mientras que, en zonas más secas y soleada, su acción era casi nula (Mendoza, 1992). Pero, en vista de la poca efectividad y variabilidad constante de este patógeno, y a la ausencia de otros enemigos naturales de la BC, fue necesario emprender un proyecto de control biológico clásico, que consistió en la introducción de los parasitoides *Prorops nasuta* Waterston y *Cephalonomia stephanoderis* Betrem, ambos procedentes de África, recolectados en Kenya y Togo, respectivamente, el cual contó con la colaboración de la Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ), la Junta del Acuerdo de Cartagena (JUNAC) y el INIAP. Los objetivos de este proyecto fueron:

- 1.1. Desarrollar una metodología de crianza y multiplicación de la broca del café (*H. hampei*) y sus parasitoides (*P. nasuta* y *C. stephanoderis*), en condiciones de laboratorio.
- 1.2. Determinar la biología y etología de *P. nasuta* y *C. stephanoderis* en laboratorio y campo.
- 1.3. Conocer la adaptación y establecimiento de ambos parasitoides en diferentes zonas cafetaleras del país.
- 1.4. Estimar la eficiencia de ambos entomófagos en el control biológico de la broca del café.

2. REVISION DE LITERATURA

Los registros de enemigos naturales de la BC en su lugar de origen (África), mencionan entre otros, a los parasitoides *Prorops nasuta*, *Cephalonomia stephanoderis*, *Heterospilus coffeicola* (Le Pelley, 1973) y *Phymastichus coffea* (La Salle, 1990). De éstos entomófagos, *P. nasuta* ha sido la especie mejor conocida, seguida de *C. stephanoderis*, la cual en los últimos años ha recibido considerable atención.

La especie *H. coffeicola* Schmied (Hymenoptera: Braconidae), es un depredador de los estadios jóvenes de la broca. Fue enviada a Java en 1923, y en 1931, se desconoció su destino en ese lugar. Entomólogos brasileños decidieron no importarlo a su país, por cuanto el control sobre la BC en Uganda, no era eficiente (Le Pelley, 1973).

El parasitoide *Phymastichus coffea* La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) es una especie recientemente descubierta y actúa en adultos de la BC (La Salle, 1990 y Feldhege, 1992). Fue introducido a Colombia en 1990, sin lograrse resultados positivos¹.

2.1. LA AVISPITA DE UGANDA, *Prorops nasuta* Waterston (Hymenoptera: Bethyidae)

Es una especie registrada en Uganda, Zaire y Camerún. La larva de *P. nasuta* es un parasitoide externo solitario, y los adultos son depredadores de huevos y larvas causando una mortalidad adicional significativa de la BC (CIBC, 1978).

Le Pelley (1973) menciona que *P. nasuta* fue inicialmente importada en Java (1920), Brasil (1929) y Ceilán (1938); posteriormente se introdujo a Perú (1962), Ecuador (1987), Jamaica (1987), México (1988) y Colombia (1990) (Molinari, 1988; Klein *et al*, 1988; Bustillo, 1991). En Java, esta especie se estableció con rapidez y en 1926 se observó que se había incrementado notablemente; en cambio, en Ceilán hasta 1940 no se había establecido de modo firme.

En Brasil, a pesar de haberse introducido en 1929, recién en 1933, después de una larga fase de adaptación, se logró recuperar sus especímenes en las fincas donde se habían realizado liberaciones (Hempel, 1933). En este país, *P. nasuta* es considerado como un parasitoide eficiente en la regulación poblacional de la BC, habiendo sido capaz de sobrevivir a las sequías y heladas de 1975, que destruyó la mayoría de los cafetos en Piracicaba, Estado de Sao Paulo (Yokoyama *et al*, 1978).

Estudios realizados por Ferreira (1980) en Minas Gerais - Brasil, entre 1978 a 1980, determinó hasta el 27% de parasitismo en la primera cosecha, y 33% en la segunda cosecha del mismo año.

Las dificultades de la cría artificial de la BC durante los meses sin producción de café, y el resultado desigual de adaptación alcanzado con *P. nasuta* en las zonas cafetaleras más importantes; a más del uso masivo de pesticidas organoclorados, determinaron el abandono

¹ Comunicación personal del Ing. Héctor Arévalo. FENACAFÉ, Bogotá - Colombia. 1991

parcial de la lucha biológica de la BC en Brasil, al terminar la segunda guerra mundial (Ferreira y Batistela, 1987). Sin embargo, este país ha demostrado nuevamente interés en proyectos de este tipo (Klein, com. pers., 1988).

En Perú se introdujo *P. nasuta* en 1962, pocos meses después de haberse comprobado la presencia de la BC en la región de Satipo. Aparentemente, la avispa no logró adaptarse; aunque, el número de liberaciones realizadas parece haber sido muy escaso (Ingunza, 1964).

De acuerdo con los estudios de dinámica poblacional, realizados por el Commonwealth Institute of Biological Control (CIBC) en Kenya, las máximas poblaciones de la BC coinciden con las dos épocas de mayor oferta de cerezas maduras. Sin embargo, la mayor población de *P. nasuta* ocurre después de realizar la cosecha principal, alcanzando 18% de parasitismo en los frutos remanentes de cosecha (Klein *et al*, 1988).

2.2. LA AVISPITA DE TOGO, *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Hymenoptera: Bethyridae)

Este betílido es reportado como el parasitoide más importante de la BC en Costa de Marfil (Ticheler, 1963). Es un ectoparasitoide del último instar larval de la BC, y los adultos de esta avispa también se alimentan de los adultos de la BC. Hasta 50% de larvas de la BC que infestan las cerezas maduras son parasitadas por este entomófago (Le Pelley, 1973). De las investigaciones realizadas por Koch (1973) en Costa de Marfil, concluye que *C. stephanoderis* reduce la población de broca entre 20 a 30% en épocas de cosechas; más este efecto, no pasa del 5% en las intercosechas.

A pesar de la eficiencia observada de este parasitoide en su lugar de origen, no había sido utilizado en programas de control biológico de la broca antes de 1988. Pero, a partir de esta fecha, varios países han importado esta avispa; entre ellos, Ecuador (1988), México (1988), Colombia (1990), Guatemala, Honduras, El Salvador (1990) (Klein *et al*, 1988; Delgado *et al*, 1990; Benavides y Portilla, 1990; Barrera *et al*, 1991; Vega, Gonzáles y Rauda, 1991; Cárdenas, 1991 y Gálvez, 1992) y Bolivia, que importó esta especie desde Ecuador, en 1993.

Según Ticheler (1963), este parasitoide es más importante en plantaciones descuidadas o abandonadas; aunque, no puede sobrevivir en condiciones húmedas y con exceso de sombra. En México (Barrera *et al*, 1993), después de 13 a 19 meses de liberación de *C. s*

tephanoderis, lograron niveles de parasitismo de 3 y 23%, respectivamente. En tanto que, en El Salvador, los niveles de parasitismo en el campo han alcanzado hasta 42% (Vega, Gonzáles y Rauda, 1991). Sin embargo, en vista del corto tiempo que ha transcurrido desde que este parasitoide está siendo utilizado en programas de control biológico en los países citados, existe poca información que de cuenta de los resultados obtenidos sobre el control de la BC, particularmente en Ecuador.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. IMPORTACIÓN DE LOS ENTOMÓFAGOS DE LA BROCA DEL CAFÉ AL ECUADOR

Los primeros especímenes de *P. nasuta* se recibieron en la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP) del INIAP, el 08 de junio de 1987. En total se recibieron cuatro envíos, dos de Kenya y dos de Togo, que sumaron 87 especímenes, de los cuales solo 13 se lograron recuperar y sirvieron para iniciar el proceso de cría y multiplicación de este parasitoide.

En el caso de *C. stephanoderis*, los primeros especímenes se recibieron el 15 de marzo de 1988. En total se recibieron dos envíos procedentes de Togo que sumaron 57 especímenes, la mayoría de los cuales llegaron en buen estado (51 avispietas).

La introducción de estos entomófagos al Ecuador se efectuó con el auspicio la Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ), quien a su vez contrató los servicios del CAB International, a través del Commonwealth Institute of Biological Control (CIBC), para el proceso de búsqueda, recolección y cuarentena. Esta última se realizó en Silwood Park, Londres, Inglaterra.

3.2. CRÍA Y MULTIPLICACIÓN DE LA BROCA DEL CAFÉ Y SUS ENTOMÓFAGOS

Este trabajo se realizó en el laboratorio de cría de insectos de la EETP, cuyas condiciones climáticas preponderantes fueron de $24 \pm 3^{\circ}\text{C}$ de temperatura y $70 \pm 10\%$ de humedad relativa.

3.2.1. Proceso de cría y multiplicación de la broca

Para la cría y multiplicación de la BC se utilizaron frutos pintones (amarillos) y maduros (rojos) de *Coffea canephora* y *Coffea arabica*. Estos fueron lavados con agua corriente y posteriormente desinfectados con una solución de fungicida (daconil) y acaricida (propargite), a razón de 1,0 gramo de cada producto por litro de agua. Los frutos tratados se mantuvieron bajo sombra por un período de 3 a 4 días para disminuir el contenido de humedad de la pulpa y reducir la incidencia de hongos saprófitos.

La infestación de los frutos de café con la broca, se efectuó en bandejas plásticas de 26 x 19 x 7 cm, cubiertas con tela organdí para permitir una adecuada aireación. Se colocó una proporción de 2,0 brocas adultas por cada fruto. Después de 3 días se realizó la separación de frutos brocados y sanos, algunas veces reutilizando éstos últimos.

Las brocas adultas antes de ser utilizadas para la infestación de los frutos, fueron desinfectadas con la solución indicada anteriormente. Para esto se colocó en el fondo de una caja Petri un papel filtro saturado con esta solución, permitiendo que las brocas caminen y permanezcan sobre el papel tratado por espacio de 2 a 3 horas.

Un factor importante para el desarrollo de la BC, fue el contenido de humedad de los frutos de café. Para compensar la pérdida de humedad que ocurre progresivamente en los frutos de café, entre los 12 a 15 días después de la infestación, se colocó en el fondo de la bandeja plástica una pequeña lámina de agua, esponja o arena húmeda, y los frutos de café se colocaron sobre una malla de alambre para mantenerlos separado del substrato húmedo.

Además para la obtención de poblaciones masivas de la BC se utilizaron recipientes metálicos de 55 cm de diámetro por 45 cm de altura (mitad de un tanque metálico de 200 litros de capacidad). En su interior se colocaron canastillas de malla metálica conteniendo frutos brocados, y en el fondo del tanque un embudo metálico con un frasco recolector de broca en el extremo inferior. Para este propósito se utilizaron frutos brocados provenientes del laboratorio y campo.

3.2.2. Proceso de cría y multiplicación de los entomófagos

Para la cría y multiplicación de *P. nasuta* y *C. stephanoderis* se utilizaron frutos de café brocados, conteniendo preferentemente todos los estadios biológicos de la broca (alrededor de 18 días después de la infestación). Estos frutos se caracterizaban por la emisión de un aserrín oscuro y abundante, en el orificio causado por el BC

Para la parasitación se utilizaron tarrinas plásticas - de forma cónica - de 11 cm de diámetro en la parte superior y 9 cm de diámetro en la parte inferior, por 8 cm de altura, cuyo fondo y tapa fueron perforada y cubiertas con tela organdí. En su interior se colocaron alrededor de 50 frutos brocados, utilizando una relación de 1,5 avispias por cada fruto brocado.

Para mantener la humedad adecuada del fruto y el ambiente interno de la tarrina, ésta se sobrepuso sobre otra tarrina del mismo tipo, la cual mantenía una lámina de agua o arena húmeda en el fondo. Después de 20 a 25 días de efectuada la parasitación, se iniciaba la emergencia de la nueva generación de parasitoides. Parte de esta población se utilizaba para mantener el pie de cría en condiciones de laboratorio y el resto se liberaba en el campo.

3.2.3. Biología de los entomófagos de la broca del café

Para determinar la biología de *P. nasuta* y *C. stephanoderis*, se efectuaron parasitaciones individuales en frutos de café brocados, los cuales fueron mantenidos en recipientes plásticos y bajo las condiciones climáticas descritas en la metodología para la cría y multiplicación de la broca y sus entomófagos. Cada 2 días se efectuó la disección de 10 frutos brocados-parasitados, con el propósito de determinar el estado de desarrollo de los parasitoides y, conocer algunas características comportamentales y morfológicas de los mismos. De esta

manera se logró determinar el tiempo que tarda una generación de estos parasitoides, desde huevo hasta adulto.

Para conocer la duración de cada uno de los estadios biológicos de las avispidas, se separaron 30 larvas y pupas de BC parasitadas en una misma fecha, las cuales fueron colocadas en cajas Petri, conteniendo un substrato de aserrín fino de café, producido por la broca. Diariamente se efectuaron observaciones con ayuda de un estereomicroscopio para determinar el estado de desarrollo y los cambios morfológicos mostrados por los parasitoides.

3.2.4. Liberación y colonización de los entomófagos

Estos trabajos se realizaron siguiendo tres metodologías: mangas, jaulas y campo abierto.

3.2.4.1. Mangas entomológicas

Las liberaciones de *P. nasuta* se iniciaron el 14 de septiembre de 1987 y las de *C. stephanoderis* el 05 de septiembre de 1988. Las mangas consistían de una armazón metálica (alambre N° 10), de 25 cm de diámetro por 45 cm de alto, cubierto con tela organdí. Estas mangas sirvieron para confinar ramillas de café conteniendo frutos brocados, dentro de las cuales se liberaron (parasitoides).

3.2.4.2. Jaulas entomológicas

Las liberaciones de *P. nasuta* en las jaulas, se iniciaron el 29 de diciembre de 1987 y las de *C. stephanoderis* el 19 de septiembre de 1988. Las jaulas fueron construidas con una armazón de madera y cubiertas con tela organdí. El tamaño de estas jaulas fue de 2,5 x 2,5 x 2,5 m., de largo, ancho y alto, respectivamente, lo que permitió encerrar un árbol de café con frutos brocados y liberar en su interior a los parasitoides adultos.

3.2.4.3. Campo abierto

Las liberaciones a campo abierto de *P. nasuta* se iniciaron el 16 de agosto de 1988 y las de *C. stephanoderis* el 30 de septiembre de 1988. Para este efecto se seleccionaron áreas que comprendían 16 a 25 árboles de café conteniendo frutos brocados. Cada uno de estos sitios se constituyó en un punto de colonización de las avispidas. Las liberaciones de ambos entomófagos se efectuaron utilizando avispidas adultas emergidas y/o distribuyendo frutos brocados-parasitados, obtenidos en el laboratorio. Estos frutos se colocaron en canastillas de malla metálica, construidas de 10 x 10 x 10 cm de largo, ancho y alto, respectivamente. Estas canastillas se colgaron de las ramillas que contenían frutos brocados y con diferentes estados biológicos de la broca (huevos, larvas, pupas y adultos).

Este programa de liberaciones y evaluaciones de ambas especies de entomófagos, se realizó separadamente en los lugares de prueba. La especie *P. nasuta* se liberó en Fumisa (Km. 23, vía Quevedo - Santo Domingo de los Colorados, provincia de Los Ríos) y en la Finca "La Macarena" (sitio El Copal, en el cantón El Carmen, provincia de Manabí); y la especie *C. stephanoderis* se liberó en la Finca "Las Animas" (Mocache) y "La Esperanza" (Los Vergeles,

Quevedo) en la provincia de Los Ríos. Posteriormente se establecieron nuevos puntos en diferentes zonas cafetales del país de liberación y colonización de ambos parasitoides (especialmente con *C. Stephanoderis*).

3.3. EVALUACIÓN DE VARIABLES

3.3.1. Biología y comportamiento de *P. nasuta* y *C. stephanoderis*

Siguiendo la metodología descrita en el punto 3.2.4. se determinó el período de incubación, número y duración de los instares larvales, duración del estadio pupal y algunos aspectos del comportamiento de ambos parasitoides, en laboratorio y campo.

3.3.2. Registro de parasitismo

La recuperación de los entomófagos y la evaluación del parasitismo sobre la BC se inició 30 días después de la primera liberación, y se continuó con este intervalo hasta que la disponibilidad de los frutos lo permitiera.

La muestra consistió en evaluar 200 frutos brocados, maduros, sobremaduros y preferentemente secos, en razón de que en éstos es más probable encontrar la BC en todos sus estadios biológicos y consecuentemente a los parasitoides.

En el laboratorio, con ayuda de un estereoscopio, se realizó la clasificación de los frutos brocados no parasitados y los frutos brocados parasitados. Estos últimos se distinguen por la presencia de avispidas adultas, "cocones" o capullos algodonosos (pupas) y larvas o pupas de la BC parasitadas.

Para determinar el porcentaje de parasitación de la BC, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% P = \frac{\text{FBP}}{\text{FBP} + \text{FBNP}} \times 100$$

Donde:

- % P = Porcentaje de parasitación
- FBP = Número de frutos brocados parasitados por avispidas
- FBNP = Número de frutos brocados no parasitados por avispidas (presencia de broca viva). Se excluyeron los frutos brocados vanos, podridos o con presencia de *bassiana*.

3.3.3. Datos meteorológicos

Con el fin de correlacionar los datos biológicos (variable biótica) con factores climáticos, se tomaron los datos de temperatura, humedad relativa y precipitación registrados en mini estaciones meteorológicas instaladas en los lugares de estudio o de las estaciones meteorológicas más cercanas.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. BIOLOGÍA Y HÁBITOS DE *Prorops nasuta* Y *Cephalonomia stephanoderis*

Ambas especies presentaron características biológicas y comportamientos similares. Las hembras de estas especies actúan como depredadoras y son eficientes parasitoides de la BC, se alimentan de huevos y larvas de la broca, y parasitan larvas desarrolladas, prepupas y pupas jóvenes de la BC. Las avispidas hembras entran en los frutos brocados por el mismo orificio construido por la broca. En su interior matan primeramente a las brocas adultas, eliminando de esta manera cualquier acción de defensa que puedan ejercer sobre sus descendientes. Posteriormente eliminan huevos y larvas jóvenes de la BC y progresivamente inician la paralización y parasitación de las larvas desarrolladas y pupas jóvenes de la broca.

Los huevos son de forma elíptica, de color blanco translúcido y brillantes. El período de incubación es de 2 a 3 días. Las larvas recién eclosionadas conservan su color blanco translúcido y en la medida que van desarrollándose toman una coloración blanco cremoso. Este período dura de 4 a 5 días, durante los cuales pasan por tres instares, éstos se desarrollan como ectoparasitoides. Una vez completado su desarrollo larval, se inicia la formación de un “cocón” o capullo sedoso, dentro del cual empupa. Esta nueva fase de desarrollo, dura de 16 a 19 días. En el caso de *P. nasuta*, los cocones se los encuentra dentro de las galerías construidas por la BC en las almendras del fruto de café; mientras que, los de *C. stephanoderis*, se agrupan preferentemente, en la pared interna del pergamino del fruto de café.

En condiciones de laboratorio (24 ± 3 °C y $70 \pm 10\%$ HR.), el ciclo biológico de *P. nasuta* y *C. stephanoderis*, desde la oviposición hasta la emergencia del adulto, es de $26,5 \pm 3,5$; y $27,5 \pm 2,5$ días, respectivamente (Cuadro 1), lo cual concuerda con los resultados reportados por Hempel (1931); Hernández (1979); Ferreira (1980) y Barrera *et al* (1993).

La proporción sexual en ambas especies, fue de 5 hembras para 1 macho. Esto difiere de lo observado por otros autores (Koch, 1973 y Ferreira, 1980), quienes reportaron una proporción de 2,7 y 3,0 hembras por cada macho, en *C. stephanoderis* y *P. nasuta*, respectivamente. Adicionalmente, Koch (1973) y Hempel (1931), manifiestan la ocurrencia de reproducción partenogénica del tipo arrenotoquia en ambas especies.

Respecto a la longevidad de las avispidas adultas, Hempel (1933), Ferreira (1980) y Hernández (1979), manifiestan una duración aproximada de 70 días.

Cuadro 1. Ciclo biológico de *Prorops nasuta* y *Cephalonomia stephanoderis*, en condiciones de laboratorio. EET-Pichilingue, 1989 - 1990.

FASE DE DESARROLLO	TIEMPO (Días)					
	<i>P. nasuta</i>			<i>C. stephanoderis</i>		
	Mínimo	Máximo	Media	Mínimo	Máximo	Media
Huevo	2,0	3,0	2,5	4,0	5,0	4,5
Larva	3,0	5,0	4,0	4,0	5,0	4,5
Pre - pupa	1,0	2,0	1,5	1,0	1,0	1,0
Pupa	17,0	20,0	18,5	16,0	19,0	17,5
Huevo - adulto	23,0	30,0	26,5	25,0	30,0	27,5

Los adultos de éstos parasitoides son avispietas de color negro, de 2,5 mm de largo. La diferencia morfológica más marcada entre los adultos de estas dos especies es la proyección frontal de la cabeza a manera de una "nariz" en *P. nasuta* y una apariencia cuadrada de la cabeza de *C. stephanoderis*.

4.2.. ADAPTACIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE *P. nasuta* Y *C. stephanoderis*

4.2.1. Liberación en mangas entomológicas

Los resultados obtenidos en las mangas entomológicas tanto para *P. nasuta* y *C. stephanoderis*, se presentan en el Cuadro 2. Con la metodología aplicada, el máximo nivel de parasitismo con *P. nasuta* fue de 15,0% en la Finca La Macarena, y 4,3% en Fumisa; mientras que, en la Colonia Velasco Ibarra (Sto. Domingo), no hubo recuperación de este parasitoide. Con la especie *C. stephanoderis* el nivel de parasitismo alcanzó 59,0% en la Finca Las Animas; en tanto que, en Fumisa fue de 2,9 por ciento.

De hecho, las diferencias en los niveles de parasitismo entre las localidades, se atribuyen a las condiciones ecológicas de cada lugar. Al respecto, Melville (1959) manifiesta que *P. nasuta* tiende a ser menos activa en años secos; y, Toledo (1948) indica que el parasitismo es mayor cuando los árboles de café están con sombra, a diferencia de aquellos expuestos a pleno sol. Por otro lado, Fonseca, citado por Clausen (1978), señala que el exceso de humedad es un detrimento para *P. nasuta*; características que corresponden a las observadas en la Colonia Velasco Ibarra y Fumisa.

Cuadro 2. Porcentaje de frutos brocados parasitados por *Prorops nasuta* y *Cephalonomia stephanoderis* en mangas entomológicas. EET - Pichilingue, 1988.

<i>P. nasuta</i>			<i>C. stephanoderis</i>		
LOCALIDAD	EVALUACIÓN N°	PARASITISMO (%)	LOCALIDAD	EVALUACIÓN N°	PARASITISMO (%)
Colonia Velasco Ibarra (Sto.Domingo)	1	0,0	Fca. Las Animas (Mocache)	1	5,3
				2	59,0
La Macarena (El Carmen)	1	12,3	Fumisa (Buena Fe)	1	2,9
	2	15,0			
Fumisa (Buena Fé)	1	1,1			
	2	4,3			

La recuperación de estas avispidas y los niveles de parasitismo obtenidos, en las mangas entomológicas, constituyeron una respuesta positiva de adaptación de estos parasitoides en varios de los ecosistemas probados, lo cual concuerda con los trabajos realizados por Vivas (1991).

4.2.2. Liberaciones en jaulas entomológicas

Los resultados obtenidos en las jaulas entomológicas con *P. nasuta* y *C. stephanoderis* se presentan en los Cuadros 3 y 4, respectivamente. En el caso de *P. nasuta*, los niveles de parasitismo en La Macarena fluctuaron entre 2,3 y 38,0%; y, en Fumisa varió entre 3,0 y 38,0%. Referente a *C. stephanoderis*, el nivel de parasitismo fluctuó entre 69,0 y 86,1% en Las Animas, y entre 7,0 y 87,0% en La Macarena.

El parasitismo observado en frutos de café colectados en el suelo no expresó un comportamiento definido de la capacidad de búsqueda y parasitación de la avispidas sobre éstos frutos; pues, éste hábito no ha sido verificado. Se asume que muchos frutos caen al suelo ya parasitados y las avispidas regresan a las ramillas donde se encuentran los frutos brocados.

Cuadro 3. Porcentaje de frutos brocados parasitados por *Prorops nasuta*, en jaulas entomológicas. EET – Pichilingue, 1988 - 1989.

LOCALIDAD	N° EVALUACIONES	PARASITISMO (%)		
		Media	Mínimo	Máximo
La Macarena	6	20,9	2,3	38,0
Fumisa	5	14,7	3,0	38,0

Cuadro 4. Porcentaje de frutos brocados parasitados por *Cephalonomia stephanoderis*, en jaulas entomológicas. EET - Pichilingue, 1988.

LOCALIDAD	N° EVALUACIONES	PARASITISMO (%)		
		Media	Mínimo	Máximo
Fca. Las Animas	3	77,6	69,0	86,1
La Macarena	3	46,9	7,0	87,0

La recuperación de estos parasitoides y los niveles de parasitación logrados en las jaulas entomológicas fueron superiores a los obtenidos en las mangas entomológicas, lo cual podría deberse a que las jaulas, por su amplitud ofrecen una condición más natural para el desempeño de las actividades de orientación y búsqueda de los parasitoides. Además, en las jaulas la incidencia del entomopatógeno *bassiana* fue menor.

La respuesta de *P. nasuta* y *C. stephanoderis* obtenidos en las jaulas entomológicas confirmaron la adaptación y establecimiento de estos parasitoides en los agro ecosistemas estudiados.

4.2.3. Liberaciones a campo abierto

Las primeras evaluaciones a campo abierto de *P. nasuta* se efectuaron en Fumisa y la Macarena y para *C. stephanoderis*, en Las Animas y La Esperanza. Estos resultados se presentan en los Cuadros 5 y 6, respectivamente.

Cuadro 5. Porcentaje de frutos brocados parasitados por *Prorops nasuta*, en campo abierto. EET - Pichilingue, 1988 - 1989.

LOCALIDAD	N° EVALUACIONES	PARASITISMO (%)		
		Media	Mínimo	Máximo
La Macarena	5	9,8	0,3	21,0
Fumisa	3	14,7	2,0	22,0

Cuadro 6. Porcentaje de frutos brocados parasitados por *Cephalonomia stephanoderis*, en campo abierto. EET - Pichilingue, 1988 - 1989.

LOCALIDAD	N° EVALUACIONES	PARASITISMO (%)		
		Media	Mínimo	Máximo
Fca. Las Animas	6	31,2	13,0	52,0
La Esperanza	3	9,0	3,0	15,0

El parasitismo causado por *P. nasuta* en La Macarena varió entre 0,3 a 21,0%; mientras que, en Fumisa fluctuó entre 2,0 y 22,0%. Con *C. stephanoderis* el parasitismo varió entre 13,0 y 52,0% en la Finca Las Animas, y entre 3,0 y 15,0% en La Esperanza. Estos resultados confirman la adaptación y establecimiento de ambas especies en las respectivas localidades.

Los mayores niveles de parasitación alcanzados por *C. stephanoderis* indicaron una mayor eficiencia y capacidad de adaptación de esta especie a los ecosistemas estudiados. Por otra parte, ambas especies mostraron mejor adaptación a los ecosistemas menos húmedos y menos sombríos. Esto guarda relación con lo expresado por Ticheler (1963), quien indica que *C. stephanoderis* no puede sobrevivir en plantaciones de café demasiado húmedo y con exceso de sombra.

4.3. SITUACIÓN ACTUAL DE *P. nasuta* Y *C. stephanoderis* EN VARIAS LOCALIDADES DEL PAÍS

Después de haberse conseguido resultados positivos en la fase de adaptación y establecimiento de estas especies de entomófagos, se continuó con un programa de liberaciones inoculativas de estas avispitas, que consistió en establecer puntos de colonización en diversos sectores cafetaleros del país. En vista de la superioridad demostrada por *C. stephanoderis*, tanto en laboratorio como en el campo, se consideró preferentemente el uso de esta especie en el programa de liberaciones a campo abierto. Un resumen de los resultados sintetizados de este programa de liberaciones se presentan en el Cuadro 7.

De los lugares evaluados, únicamente en La Macarena (El Carmen, provincia de Manabí), Valle Hermoso, El Esfuerzo y El Cóngoma (Sto. Domingo de Los Colorados, provincia del Pichincha), ha sido posible encontrar *P. nasuta*, especialmente en este último lugar, donde fue notorio una predominancia de esta especie. Estos lugares se caracterizan por presentar precipitaciones abundantes (2500 a 3000 mm anuales), régimen más prolongado de lluvias (6 a 7 meses), poca luminosidad (2,5 horas/día), temperatura promedio de 23 a 24 °C, y la especie de café cultivada es *Coffea canephora*, la cual presenta fructificaciones durante todo el año.

En los lugares restantes, los resultados corresponden a la actividad parasítica de *C. stephanoderis*. A diferencia de los anteriores, éstos lugares se caracterizan por presentar menores precipitaciones (500 a 1800 mm anuales), régimen más corto de lluvia (4 a 5 meses), mayor luminosidad (3,0 a 3,5 horas/día), temperatura de 25 a 28°C y en estos lugares se cultiva preferentemente *C. arabica*; aunque, en algunos sectores de las provincias de Los Ríos, Cotopaxi y Bolívar, también cultivan *C. canephora*, la cual exhibe, generalmente, una producción estacional.

Aunque los niveles de parasitismo alcanzados por estos parasitoides no son considerablemente altos, estos se presentan en una época crítica para la BC, como ocurre en las zonas de producción estacional del café, en que después de la cosecha no hay disponibilidad de nuevos frutos para la broca. En cambio, las avispidas encuentran mejores condiciones del hospedero (todos los estadios biológicos de la BC) en los frutos sobremaduros y secos que quedan después de la cosecha, lo que permite el aumento poblacional de las mismas y consecuentemente su actividad biológica en el control de la broca es más eficiente. En estos lugares, la población de la BC que escapa a este control biológico es reducida, y por tanto, los niveles de infestación en los años siguientes de fructificación han sido considerablemente bajos, como ocurrió en las cosechas de 1993 y 1994.

Cuadro 7. Porcentaje de frutos brocados parasitados por *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta*, en varios ambientes del Ecuador. EET - Pichilingue, 1988 a 1994.

LOCALIDAD			N°	PARASITISMO (%)		
PROVINCIA	CANTON	SITIO	Eval.	Media	Mínima	Máxima
Los Ríos	Quevedo	EET-Pichilingue	20	25,1	1,0	53,8
		Mocache (Las Animas)	18	24,4	2,5	82,8
Manabí	Ventanas	Quinzaloma Pasaje	8	17,4	1,3	47,8
	Jipijapa	La Prosperina El Cascabel, La Pita, La Naranjita	10	29,0	1,8	81,2
	24 de Mayo	La Planchada Los Ángeles, Caña Brava, Punta de Piedra	15	15,3	1,0	50,6
	Paján	Campuzano Cáscol	5	17,4	11,0	27,1
Pichincha	El Carmen	El Copal	33	17,0	1,4	55,9
		El Maicito				
		Valle Hermoso				
	Santo Domingo.	El Esfuerzo	15	11,0	1,0	53,0
Bolívar	Echeandía	El Cóngoma	17	7,4	1,9	22,5
			8	18,6	1,0	44,6
	Pto. Quito	24 de Mayo Sta. Marianita, La Bravo, Pto. Rico	4	20,0	9,5	29,9
		Sta. Rosa Alta; San Antonio de Guapara; Piedra de la Cruz	6	38,7	22,5	70,6

4.4. RELACIÓN ENTRE PARASITISMO Y LOS FACTORES CLIMÁTICOS ESTUDIADOS

Los análisis de correlación múltiple realizados entre la especie *C. stephanoderis* y los factores climáticos, mostraron poca relación o inconsistencia entre el parasitismo y los factores ambientales, representados por la precipitación (P), temperatura media (Tm) y humedad relativa (HR). Con los datos obtenidos en "Las Animas", se determinó la siguiente ecuación:

$$Y = 298,2 - 0,00362 P + 0,678 Tm - 3,575 HR.$$

Siendo, la humedad relativa y la temperatura media los factores más importantes de la ecuación. El coeficiente de determinación fue de 85,5%, con una $r = 0,9246^*$ ($p = 0,05$). Al explorar este modelo matemático, se determinó que las temperaturas ambientales superiores a 25°C y una humedad relativa inferior a 85% son favorables para la adaptación y establecimiento de este parasitoide.

5. CONCLUSIONES

Al cabo de ocho años de investigación, con estos parasitoides se puede emitir las siguientes conclusiones:

1. La biología de *P. nasuta* y *C. stephanoderis* fue similar en ambas especies. La duración del ciclo biológico, desde la oviposición hasta la emergencia del adulto, fluctuaron entre 23 a 30 días ($24 \pm 3^{\circ}\text{C}$ y $70 \pm 10\%$ HR.). El período de incubación fue de 2 a 3 días, la fase larval de 4 a 6 días y el período pupal de 16 a 19 días.
2. La metodología de cría y multiplicación de éstos parasitoides desarrollada en la EET - Pichilingue, permitió multiplicar eficientemente ambos entomófagos, lográndose promedios de 60% de parasitación y una descendencia de 8 avispitas por fruto brocado parasitado.
3. Ambas especies de entomófagos se encuentran establecidas en varias zonas cafetaleras del Ecuador, mostrando mejor adaptación en las zonas menos húmedas y menos sombrías.
4. La parasitación es mayor en la época seca y en los frutos que quedan después de la cosecha, siendo mas evidente en café arábigo y en zonas donde el café robusta tiene una producción estacional.
5. Al parasitismo que se presenta en los frutas secas o maduras que quedan después de la cosecha y la ausencia o poca disponibilidad de nuevas frutas durante la época seca especialmente donde se cultiva *C. Arábica* interrumpe los ciclos de multiplicación de la broca, reduciéndose las posibilidades de nuevas infestaciones en las siguientes fructificaciones
6. De las dos especies estudiadas en Ecuador, *C. stephanoderis* esta mejor adaptada y ha sido mas eficiente en el control de la broca del café. En condiciones de campo, con esta especie, se ha logrado hasta 82,8% de parasitación; mientras que, con *P. nasuta* se ha alcanzado 22,5 por ciento. Los niveles de parasitismo, aunque no han sido considerablemente altos, ocurren en una época crítica para la broca del café, por la ausencia o poca disponibilidad de nuevos frutos para el alimento de la plaga.

6. BIBLIOGRAFIA

- BARRERA, J.F.; INFANTE, F.; GÓMEZ, J.; CASTILLO, A.; DE LA ROSA, W. 1991. Cría y manejo de parasitoides para el control biológico de la broca del café en comunidades rurales. Tapachula, México. Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste. 31p.
- ; DE LA ROSA, W.; GÓMEZ, J.; INFANTE, F.; CASTILLO, A. 1993. Evaluación del impacto de *Cephalonomia stephanoderis* sobre la broca del café en campo. Ed. Hernández J.R. e Ibarra, E.L. Guatemala, IICA / PROMECAFE, Boletín PROMECAFE (Costa Rica). N° 61. 16 p.
- ; INFANTE, F.; CASTILLO, A.; GÓMEZ, J.; DE LA ROSA, W. 1993. Biología básica de *Cephalonomia stephanoderis* parasitoide de la broca del café. Ed. Hernández, J.R. e Ibarra, E.L. Guatemala, IICA / PROMECAFE, Boletín PROMECAFE (Costa Rica). N° 61. 16p.
- BENAVIDES, M.; PORTILLA, M. 1990. Uso del café pergamino para la cría de *Hypothenemus hampei* y de su parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* en Colombia. CENICAFE (Colombia). 41 (4): 114 - 116.
- BUSTILLO, A. 1991..... pendiente
- CÁRDENAS, R. 1991. Parasitoides de la broca del café. Medellín, Colombia. Sociedad Colombiana de Entomología. Miscelánea N° 18. pp. 21-26.
- CIBC (Commonwealth Institute of Biological Control). 1978. pendiente.
- CLAUSEN, 1978. pendiente.
- DELGADO, D.; SOTOMAYOR, I.; PÁLIZ, V.; MENDOZA, J. 1990. Cría, colonización y parasitismo de los entomófagos *Cephalonomia stephanoderis* Betrem y *P. nasuta* Waterston. Sanidad Vegetal (Ecuador). 5 (5): 51 - 66.
- FELDHEGE, M.R. 1992. Rearing techniques and aspects of biology of *Phymastichus coffea* (Hymenoptera: Eulophidae), a recently described endoparasitoid of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). Café, Cacao y Té. 36 (1): 45 - 54.
- FERREIRA, A.J. 1980. Observacoes sobre ocorrência da vespa de Uganda, *Prorops nasuta* Waterst em lavouras da Zona da Mata, infestadas pela broca do café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867). In Congreso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 8. Resumos. Campos do Jordao, 1980. Río de Janeiro, Brasil. IBC, 1980. pp. 194 - 196.

- ; BATISTELA SOBRINHO, I. 1987. A introducao da vespa de Uganda *Prorops nasuta* Waterst., parasita da broca de café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867), em regioes cafeeiras do estado de Mato Grosso. *In* Congreso Brasileiro de Pesquisas Caffeeiras. (14, 1987, Campinas, Brasil. SP, IBC / GERCA, 1987. pp. 259 - 260.
- GÁLVEZ, G.C. 1992. El control biológico de la broca como una alternativa viable para Centroamérica. Guatemala, PROMECAFE (Costa Rica). N° 57. pp. 6 - 11.
- HEMPEL. 1931. A *Prorops nasuta* Waterston no Brasil. Arquivos do Instituto Biológico, Brasil. 5: 197 - 212.
- . 1933. O combate da broca do café por meio da vespa de Uganda. Revista do Instituto do Café de Sao Paulo (Brasil). 8(80): 831 - 835.
- HERNÁNDEZ, C. 1979. La broca del café y la avispa de Uganda. Café de Nicaragua. N° 329: 20.
- INGUNZA, A. 1964. La "Broca del café" *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Col: Ipinae) en el Perú. Revista Peruana de Entomología. 7 (1): 88 - 98.
- KLEIN, C.; MOLINARI, P.; TANDAZO, A. 1987. Distribución y niveles de infestación de la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferr.) en Ecuador. Sanidad Vegetal, Ecuador. 2 (2): 4 - 12.
- ; ESPINOSA, O.; TANDAZO, A.; CISNEROS, P.; DELGADO, D. 1988. Factores naturales de regulación y control biológico de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferr.). Sanidad Vegetal, Ecuador. 3 (3): 5 - 30.
- KOCH, V.J. M. 1973. Abundance de *Hypothenemus hampei* Ferr., scolyte des graines de café, en fonction de su plante-hote et de son parasite *Cephalonomia stephanoderis* Betrem, en Cote d'Ivoire. Wageningen, Veenman and Zonen, 1973. 84p. (Medelingen Landbouwhogeschool, Wageningen. Nederland 73 - 16). Tesis de Doctorado.
- LA SALLE, J. 1990. A new genus and species of Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae) parasitic on the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). Bulletin of Entomological Research, London. 80: 7 - 10.
- LE PELLEY, R.H. 1973. Las plagas del café. Trad. José Cuello Subirana, Jordi Leonart A. y Pere Juan León. Barcelona, Labor. 693 p.
- MELVILLE, A.R. 1959. Control of agricultural pests. Kenya Coffee (Kenya).
- MENDOZA, J. 1992. La broca del café en el Ecuador. Boletín PROMECAFE (Costa Rica). N° 54 - 55: 17p.

- . 1994. Lucha biológica contra la broca del café: un logro importante del INIAP. Revista INIAP, Ecuador. N°4: 33 - 35.
- MOLINARI, P.A. 1988. Situación de la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: scolytidae) en Santo Domingo de los Colorados. Sanidad Vegetal, Ecuador. 3 (3): 31 - 40.
- TICHELER, J.H.G. 1963. Estudio analítico de la epidemiología del escolítido de los granos de café *Stephanoderis hampei* Ferr., en Costa de Marfil. CENICAFE, Colombia. 14 (4): 223 - 294.
- TOLEDO, A.A. DE. 1948. Comportamento da vespa de Uganda en cafezal sombreado. O Biologico, Brasil. 14 (8): 189 - 191.
- VEGA, M.I.; GONZALES, M.O.; RAUDA, A.M. 1991. Control biológico de la broca del café *Hypothenemus hampei* mediante parasitoides de origen africano en El Salvador. Boletín de PROMECAFE, Costa Rica. N° 50 - 51: 12 - 15.
- VIVAS, M.L. 1991. Evaluación de la capacidad parasítica de la avispa de Togo, *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethylidae) en la regulación de la broca, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) en tres agroecosistemas cafetaleros. Tesis Ing. Agr., Portoviejo, Ecuador. Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Agronomía. 42 p.
- YOKOYAMA, M.; NAKANO, O.; RIGITANO, R.L.; NAKAYAMA, K. 1978. The present situation regarding the Uganda wasp, *Prorops nasuta* Waterson, 1923 (Hymenoptera: Bethylidae) in Brasil. Científica 5 (3): 394.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento a la Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ) y a la Junta del Acuerdo de Cartagena (JUNAC) por el financiamiento otorgado a este proyecto sustentable; a los Doctores Carlos Klein Koch y Ferdinand Fliege,; a los Ing. Vicente Páliz S., Ignacio Sotomayor H., Luis Duicela y Leticia Vivas y al Sr. Luis Chiriboga, por su colaboración en la ejecución de este proyecto; y, a los caficultores que proporcionaron sus fincas y participaron en la realización de este trabajo.