

# Efecto depredador del parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyridae) sobre los estados inmaduros de *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) en condiciones de campo

.....

Depredatory effects of the parasitoid *Cephalonomia stephanoderis* on the immatures stages of *Hypothenemus hampei* in field conditions

.....

Luis F. Aristizábal A.<sup>1</sup>

Alex E. Bustillo P.<sup>2</sup>

Peter S. Baker<sup>3</sup>

Jaime Orozco H.<sup>2</sup>

Bernardo Chaves C.<sup>2</sup>

## Resumen

La broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) es la plaga de mayor importancia en las plantaciones de café en el mundo. En Colombia se está implementando un programa de manejo integrado de la broca (MIB), cuyos principales componentes son el control cultural, las prácticas agronómicas, el control biológico y, como última medida, el control químico. Uno de los enemigos naturales más promisorios para el control biológico de la broca es el parasitoide *Cephalonomia stephanoderis*. Además de la acción parasítica que presenta *C. stephanoderis* sobre los estados inmaduros de *H. hampei*, también se ha observado el efecto depredador del parasitoide sobre ellos; sin embargo, las pocas referencias que se tienen al respecto son observaciones importantes y no necesariamente investigaciones con la finalidad de evaluar dicho efecto. Por tanto, el objetivo de esta investigación fue determinar el efecto depredador del parasitoide *C. stephanoderis* sobre

todos los estados biológicos de *H. hampei* en condiciones de campo.

El experimento se realizó en la Subestación Experimental "Rafael Escobar" de Cenicafé, localizada en Supía, Caldas, a 1320 msnm, 21,9 °C de temperatura media anual, 2020 mm de precipitación anual y 75% de humedad relativa, en un lote de café variedad Colombia de tercer año de cosecha. Se seleccionaron ramas con frutos sanos, los cuales se infestaron artificialmente con *H. hampei* mediante la utilización de mangas entomológicas. Se evaluaron nueve tratamientos, conformados por tres tiempos de infestación: 5, 10 y 15 días; en tres condiciones diferentes se liberaron los parasitoides: dentro de las mangas entomológicas, en campo abierto y los controles. Se realizaron cuatro evaluaciones a los 3, 10, 20 y 30 días después de la liberación de los parasitoides.

En los tratamientos testigo los promedios de estados biológicos de *H. hampei* durante las cuatro evaluaciones fueron de 10, 13 y 15 estados por fruto, para los 5, 10 y 15 días de infestados, mientras que, en los tratamientos de liberación en mangas los promedios fueron de 3, 5 y 6 estados por fruto y para los tratamientos con liberaciones a campo abierto los promedios fueron de 4, 7 y 8 estados por fruto, siendo significativamente menores con respecto a los testigos. Según estos resultados, el parasitoide *C. stephanoderis* logró reducir en promedio el 65% de la población de *H. hampei* cuando fue liberado dentro de mangas entomológicas y el 49% cuando fue liberado a campo abierto, comprobándose la

eficacia que presenta como depredador de estados biológicos de *H. hampei*. Por lo tanto, la mortalidad adicional que ocasiona *C. stephanoderis* como depredador, aumenta la eficacia del parasitoide como control biológico en un programa de manejo integrado.

**Palabras claves:** *Cephalonomia stephanoderis*, Control biológico, *Hypothenemus hampei*, Broca del Café, Parasitoides, Depredación.

## Summary

The coffee berry borer (CBB, *Hypothenemus hampei*) is the world's most important coffee pest. In Colombia an Integrated Pest Management Programme is being developed for this pest, whose principal components are cultural control, biocontrol and when absolutely necessary, chemical control. One of the most promising natural enemies of the CBB is the parasitoid *C. stephanoderis*. Apart from its parasitic action on the immature stages, it has also been observed to act as a predator. As there are no experimental studies on this aspect, the aim of this study was to quantify the predator action of this wasp under field conditions.

The experiments were carried out in the Rafael Escobar experimental substation at Supía, Caldas, 1320 m above sea level, 21,9 °C mean annual temperature, 2020 mm rainfall and 75% RH, in a plot of 3 year old *Coffea arabica* var. Colombia. Previously uninfested berries were infested artificially with CBB in entomological sleeve cages around the branches. Wasps were released for treatments of 5, 10 and 15 days after infestation either (a) inside the sleeves, (b) free field release or (c) control. Four destructive samples were taken at 3, 10, 20 and 30 days after wasp release. For the controls, there were means of 10, 13 and 15 CBB stages per berry at 5, 10 and 15 days after infestation. For the sleeve cages there were 3, 5 and 6 stages and for the open field treatment, 4, 7 and 8 stages per berry. These latter two were significantly lower than the controls. The wasps reduced the CBB population by 65% in the cages and 49% in open field conditions, demonstrating their effectiveness as predators. The extra mortality caused by predation may thus significantly enhance their effectiveness as control agents of CBB.

**Key words:** *Cephalonomia stephanoderis*, Biological Control, *Hypothenemus hampei*, Coffee berry borer (CBB), Parasitoids, Predation.

## Introducción

La broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari), es sin duda la plaga de mayor importancia económica en el cultivo del café, a nivel mundial, ya que afecta directamente al

1 I. A. Programa de Jóvenes Investigadores COLCIENCIAS - CENICAFÉ - BID. CENICAFÉ, Chinchiná, Colombia.

2 Investigador Principal I, Líder Disciplina de Entomología; Investigador Científico I e Investigador Principal I, Líder Disciplina de Biometría, respectivamente. CENICAFÉ, A. A. 2427. Manizales, Colombia.

3 Coordinador Convenio Cooperativo Internacional IIBC - ODA - CENICAFÉ. CENICAFÉ, Chinchiná, Colombia.

fruto (Cenicafé 1990). Para su control en Colombia, el Centro Nacional de Investigaciones del Café - Cenicafé- está implementando un programa de manejo integrado de la broca (MIB), con énfasis en control biológico, mediante el uso de parasitoides de origen africano y algunos hongos entomopatógenos (Bustillo 1990).

Los parasitoides *Cephalonomia stephanoderis* Betrem y *Prorops nasuta* Waterston, ambos (Hymenoptera: Bethyridae), que actúan como ectoparásitos de estados inmaduros de *H. hampei* y *Phymastichus coffea* (La Salle) (Hymenoptera: Eulophidae), que actúa como endoparásito de adultos de la broca, son los enemigos naturales más opcionados para el control biológico de la plaga en Colombia (Orozco y Aristizábal 1996). De los tres parasitoides introducidos, *C. stephanoderis* es el que mejores resultados ha presentado en cuanto al desarrollo de una metodología de cría masiva, lográndose una producción de más de 384 millones de parasitoides, lo suficiente para llevar un programa de introducción de *C. stephanoderis* en las diferentes zonas cafeteras del país con presencia de la plaga (Bustillo *et al.* 1996).

Los estudios en Colombia sobre adaptación, establecimiento, técnicas de liberación, dispersión, efecto controlador, compatibilidad con otras medidas de control y capacidad de búsqueda de frutos infestados con *H. hampei*, permiten confirmar la eficacia del parasitoide *C. stephanoderis* y su importancia como agente de control biológico de las poblaciones de la broca en los agroecosistemas cafeteros del país (Benavides *et al.* 1994; Aristizábal 1995; Bustillo *et al.* 1996, Aristizábal *et al.* 1997).

Benavides *et al.* (1994) evaluaron las primeras liberaciones masivas de *C. stephanoderis* en Colombia, en plantaciones de café con altos niveles de infestación de *H. hampei*; encontraron parasitismos entre 22 y 65% y comprobaron su establecimiento después de 2 años de haber sido liberada en el campo. Liberaciones de *C. stephanoderis* demostraron que el parasitoide logró establecerse en cafetales con bajos niveles de infestación de *H. hampei* (inferiores al 5%), registrando parasitismos entre 3.64 y 18.20%; se observó una reducción significativa de la población plaga y se demostró que el parasitoide puede ser utilizado dentro del programa de manejo integrado de la broca (Aristizábal, 1995; Aristizábal *et al.* 1997). Sin embargo, los actuales costos de la producción de los parasitoides pueden ser un obstáculo para que los caficultores puedan adquirirlos en grandes cantidades (Bustillo *et al.* 1996).

Además del efecto parasítico que presenta *C. stephanoderis* sobre larvas, prepupas y pupas de *H. hampei*, algunos autores han observado

su efecto depredador sobre todos los estados biológicos de *H. hampei*, (Ticheler 1963; Abraham *et al.* 1990; Murphy y Moore 1990; Barrera *et al.* 1991; Benavides *et al.* 1994). Sin embargo estas observaciones fueron realizadas como complemento de investigaciones de laboratorio y campo que no necesariamente tenían el objetivo de evaluar el efecto depredador del parasitoide. La presente investigación tuvo como objetivo principal determinar el efecto depredador de *C. stephanoderis* sobre todos los estados biológicos de *H. hampei* en condiciones de campo, establecer si la población de la plaga se puede reducir por la acción depredadora del parasitoide y conocer la preferencia de estados inmaduros de *H. hampei* sobre los cuales se pueda alimentar el betflido.

## Materiales y Métodos

El experimento se realizó en la Subestación Experimental "Rafael Escobar" de Cenicafé localizada en el municipio de Supía, Caldas, ubicada a 1320 msnm, 21,9°C de temperatura media anual, 2020 mm de precipitación anual acumulada y 75% de humedad relativa, en un lote de café variedad Colombia de tercer año de cosecha, con 0,3 hectáreas de extensión aproximadamente.

### Infestación artificial de *H. hampei*.

Se realizaron infestaciones artificiales de *H. hampei* sobre frutos sanos de café mayores a 20 semanas de desarrollo fisiológico, mediante la utilización de mangas entomológicas. Se infestaron artificialmente 32 ramas de café por tratamiento, para un total de 288 ramas infestadas, utilizando una relación de 4:1 (adultos de *H. hampei* por fruto de café sano). Posteriormente, se realizó una liberación del parasitoide *C. stephanoderis* en relación 5:1 (avispa por fruto infestado).

Se realizaron tres tiempos de infestación (5, 10 y 15 días) logrando suministrar a los parasitoides diferentes estados biológicos de *H. hampei* en forma simultánea, de tal manera que el parasitoide pudiera escoger el sustrato más conveniente para alimentarse.

### Descripción de tratamientos

El experimento se realizó bajo un diseño completamente aleatorio con arreglo factorial de 3 x 3, correspondiente a tres tiempos de infestación con *H. hampei*: 5, 10 y 15 días y la liberación del parasitoide en tres condiciones diferentes: Dentro de las mangas entomológicas, sin mangas y los controles, conformando nueve tratamientos (Tabla 1).

En los tratamientos control 1, 2 y 3 y en los tratamientos en los cuales se liberaron los parasitoides dentro de las mangas entomo-

lógica 4, 5 y 6 se dejaron las mangas puestas en las ramas durante todo el tiempo de evaluación, 30 días. En los tratamientos 7, 8 y 9 se retiraron las mangas antes de la liberación de los parasitoides para evaluar el efecto depredador del parasitoide bajo condiciones de campo abierto.

Se realizaron cuatro muestreos de frutos infestados a los 3, 10, 20 y 30 días después de la liberación de los parasitoides, para hacer un seguimiento del comportamiento del parasitoide y del insecto plaga a través del tiempo. Se colectaron 200 frutos por tratamiento, distribuidos en 8 repeticiones; en total se diseccionaron 7200 frutos durante el experimento.

En las disecciones de los frutos infestados se cuantificó el número de estados biológicos de *H. hampei* (huevos, larvas, pupas, adultos vivos y adultos muertos), se determinó el porcentaje de frutos colonizados por *C. stephanoderis*, el número de estados biológicos de *C. stephanoderis* y el porcentaje de frutos infestados con ausencias de adultos de *H. hampei*. Se calculó el análisis de varianza para las variables evaluadas y se realizó la comparación de medias utilizando la prueba de contrastes ortogonales, comparando los tratamientos testigo con los tratamientos con avispa.

## Resultados y Discusión

### Porcentaje de frutos colonizados por *C. stephanoderis*

El parasitoide *C. stephanoderis* prefiere colonizar en mayor proporción los frutos de mayor edad de infestación: de 15, 10 y 5 días, es decir, los frutos que, en este orden de edad, presentaron mayor cantidad de estados inmaduros de *H. hampei*; sin embargo, para todos los tiempos de infestación se evidenció la presencia del parasitoide. El porcentaje de frutos colonizados por *C. stephanoderis* presentó diferencias altamente significativas ( $P = 0.0001$ ) entre los tratamientos (Fig. 1 a).

Bajo condiciones de campo se ha observado que *C. stephanoderis* coloniza y parasita frutos de café infestados de todos los estados de desarrollo fisiológico (verdes consistentes, pintones, maduros, sobre maduros y secos), siempre y cuando existan estados inmaduros de la broca dentro de ellos; sin embargo, prefiere aquellos frutos que presentan mayor cantidad de estados inmaduros de la plaga, observándose parasitismos más altos en los frutos maduros, sobre maduros y secos con respecto a los demás (Aristizábal *et al.* 1996), ya que estos frutos, por tener mayor edad fisiológica y mayor peso seco, presentan condiciones más favorables para el desarrollo de las poblaciones de la broca (Ruiz 1996). Esto sugiere la posibilidad de que exista una hormona producida por las larvas de *H. hampei* que atrae al parasitoide.

**Tabla 1.** Descripción de tratamientos del experimento sobre el efecto depredador de *C. stephanoderis* sobre *H. hampei*

Tratamientos Nos.	Días después de infestados con <i>H. hampei</i>	Especificación de la liberación de <i>C. stephanoderis</i>
1	5	Testigos (Sin liberación)
2	10	Testigo (Sin liberación)
3	15	Testigo (Sin liberación)
4	5	En mangas entomológicas
5	10	En mangas entomológicas
6	15	En mangas entomológicas
7	5	Sin mangas entomológicas
8	10	Sin mangas entomológicas
9	15	Sin mangas entomológicas

**Tabla 2.** Promedio de huevos de *H. hampei* después de la liberación de *C. stephanoderis*

Promedio de Huevos de <i>H. hampei</i> después de la liberación de <i>C. stephanoderis</i>					
Tratamientos	3 DDL	10 DDL	20 DDL	30 DDL	Promedio
1 (T 5 días)	4,79	7,74	4,07	1,82	4,60
2 (T 10 días)	7,95	7,51	4,53	1,83	5,45
3 (T 15 días)	5,12	4,29	2,04	0,69	3,03
4 (CM 5 días)	3,74	2,17	0,36	0,20	2,16
5 (CM 10 días)	4,36	1,78	0,18	0,51	1,70
6 (CM 15 días)	4,58	1,17	0,33	0,08	1,54
7 (SM 5 días)	2,49	4,20	1,31	0,88	2,22
8 (SM 10 días)	8,25	3,26	1,19	0,87	3,39
9 (SM 15 días)	5,41	2,59	0,52	0,52	2,26

DDL = Días después de la liberación de *C. stephanoderis*. T= testigos, CM = con mangas, SM = sin mangas

### Estados inmaduros de *H. hampei*

Con respecto al número de huevos de *H. hampei* encontrados en los frutos durante los cuatro muestreos: 3, 10, 20 y 30 días después de la liberación de las avispas, los diferentes análisis de varianza presentaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos ( $P = 0.0001$ ) (Tabla 2). Según la prueba de contrastes ortogonales, para los tratamientos en los cuales se liberaron las avispas, se presentó una reducción significativa en el número de huevos, con respecto a los testigos, especialmente en las evaluaciones de los 3 y 20 días después de la liberación de los parasitoides. Esta reducción evidencia el efecto depredador que presenta el *C. stephanoderis* sobre huevos de *H. hampei*.

Los tratamientos con liberación de avispas en mangas y en campo abierto fueron significativamente menores en el número promedio de huevos de *H. hampei* respecto a los tratamientos control. Se observó reducción en el número de huevos de  $57\% \pm 8,4$  y  $38,3\% \pm 10,7$  en promedio, para los tratamientos con liberación en mangas y en campo abierto respectivamente, como consecuencia de la acción depredadora del parasitoides.

Se presentó mayor cantidad de larvas de *H. hampei*, en la medida en que los frutos infestados tenían mayor edad de infestación; esta tendencia fue observada en los tratamientos. Sin embargo, los análisis de varianza presentaron diferencias altamente significativas ( $P = 0.0001$ ). Según la prueba de contrastes

ortogonales, se encontró menor cantidad de larvas en los tratamientos con avispas frente a los tratamientos testigo (Tabla 3). La reducción en el número de larvas de *H. hampei* fue de  $68,7\% \pm 13,2$  y  $52,8\% \pm 10,5$  en promedio, para los tratamientos con liberación en mangas y en campo abierto, respectivamente.

Con respecto a las pupas de *H. hampei* los análisis de varianza presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ( $P = 0,0001$ ). En los tratamientos en los cuales se liberaron las avispas se observaron valores inferiores a 0,65 pupas por fruto, resultando ser significativamente menores a los testigos. Es factible que en el consumo de huevos y larvas de primer ínstar por parte de *C. stephanoderis* evitó el desarrollo de pupas y por tanto la cantidad fue muy baja con respecto a los tratamientos testigo y no como consecuencia del consumo de ellas por parte del parasitoides. Por lo anterior se deduce que el parasitoides prefiere consumir principalmente larvas y huevos.

Estos resultados demuestran el efecto depredador que presenta *C. stephanoderis* sobre los estados inmaduros de *H. hampei*, lo anterior concuerda con Bustillo *et al.* (1996), quienes afirman no haber encontrado huevos y larvas de primer ínstar en frutos parasitados. También con Barrera *et al.* (1991), quienes evaluaron el impacto del parasitoides sobre las poblaciones de broca, observando no sólo el efecto parasítico, sino también el efecto depredador de la hembra del betílido, la cual consume huevos y larvas de la broca durante su permanencia en el interior del fruto.

### Adultos de *H. hampei* vivos, muertos y ausentes

En los tratamientos testigo se encontraron  $1,3 \pm 0,2$ ;  $1,15 \pm 0,1$  y  $1,1 \pm 0,1$  adultos de *H. hampei* vivos en promedio, para los frutos de 5, 10 y 15 días de infestados respectivamente; en los tratamientos con parasitoides se observaron  $0,44 \pm 0,2$  adultos vivos por fruto. Para el número de adultos vivos se presentaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos ( $P = 0,0001$ ). Según la prueba de contrastes ortogonales fue significativamente menor el número de adultos vivos de los tratamientos con avispas respecto a los testigos, observándose una reducción de  $66,6\% \pm 5,5$  y de  $58,5\% \pm 6,2$  para los tratamientos con liberación en mangas y en campo abierto, respectivamente.

En relación con el número de adultos de *H. hampei* muertos, se presentaron diferencias altamente significativas ( $P = 0.0001$ ). Según la prueba de contrastes ortogonales fue mayor la cantidad de adultos muertos en los tratamientos con avispas respecto a los testigos. Se observaron en promedio  $0,12 \pm 0,002$  adultos de *H. hampei* muertos por fruto infestado

**Tabla 3.** Promedio de larvas de *H. hampei* después de la liberación de *C. stephanoderis*

Promedio de Larvas de <i>H. hampei</i> después de la liberación de <i>C. stephanoderis</i>					
Tratamientos	3 DDL	10 DDL	20 DDL	30 DDL	Promedio
1 (T 5 días)	0	2,39	4,46	8,79	5,21
2 (T 10 días)	2,29	7,53	8,68	8,27	6,69
3 (T15 días)	4,26	9,06	11,95	9,91	8,79
4 (CM 5 días)	0,05	0,87	0,60	1,09	0,65
5 (CM 10 días)	1,24	1,73	4,79	3,08	2,71
6 (CM 15 días)	3,05	5,64	3,17	2,46	3,58
7 (SM 5 días)	0	0,95	1,80	2,53	1,76
8 (SM 10 días)	1,05	4,28	4,39	3,12	3,21
9 (SM 15 días)	3,76	7,23	4,99	4,99	5,24

DDL = Días después de la liberación de *C. stephanoderis*. T= testigos, CM = con mangas, SM = sin mangas

**Tabla 4 .** Número total de estados inmaduros de *H. hampei* después de la liberación de *C. stephanoderis* durante los cuatros muestreos

Promedio de estados inmaduros de <i>H. hampei</i> después de la liberación de <i>C. stephanoderis</i>					
Tratamientos	3 DDL	10 DDL	20 DDL	30 DDL	Promedio
1 (T 5 días)	6,21	12,04	9,53	12,85	10,15
2 (T 10 días)	11,59	12,26	14,57	13,09	12,87
3 (T15 días)	10,69	14,34	17,31	17,45	14,94
4 (CM 5 días)	5,05	3,33	1,03	1,37	2,69
5 (CM 10 días)	6,50	3,91	5,40	4,42	5,05
6 (CM 15 días)	8,33	7,19	3,70	3,16	5,59
7 (SM 5 días)	3,17	5,85	3,52	3,81	4,08
8 (SM 10 días)	10,18	8,19	6,17	4,65	7,29
9 (SM 15 días)	9,84	10,30	7,19	5,69	8,25

DDL = Días después de la liberación de *C. stephanoderis*. T= testigos, CM = con mangas, SM = sin mangas

en los tratamientos testigo, mientras que en los tratamientos con liberación de avispas en mangas y en campo abierto se obtuvieron promedios de  $0,44 \pm 0,07$  y  $0,52 \pm 0,03$  adultos muertos respectivamente (Fig. 2a).

Estos resultados indican que frutos infestados con *H. hampei* presentaron en promedio el  $10\% \pm 0,19$  de mortalidad natural en adultos, mientras que con la presencia del parasitoide, las mortalidades fueron significativamente mayores. Se obtuvo en promedio  $37,8\% \pm 6,4$  y  $44\% \pm 3,1$  de mortalidad para la liberación en mangas y en campo abierto, respectivamente. Se observaron hembras adultas de *H. hampei* sin cabeza, con mutilaciones en las

patas, mandíbulas y antenas, como consecuencia del ataque directo del parasitoide.

Según la prueba de contrastes ortogonales el porcentaje de adultos de *H. hampei* ausentes de los frutos infestados, en los tratamientos testigo, fue de  $7,5\% \pm 1$  en promedio; siendo significativamente menor a los tratamientos con parasitoides. Se presentaron promedios de  $35\% \pm 6,9$  y  $22\% \pm 1,1$  de ausencias para la liberación en mangas y en campo abierto, respectivamente (Fig. 2 b). Estos incrementos en el porcentaje de ausencias evidencia un ataque del parasitoide sobre los adultos de *H. hampei*, los cuales son eliminados y posiblemente sacados de los frutos.

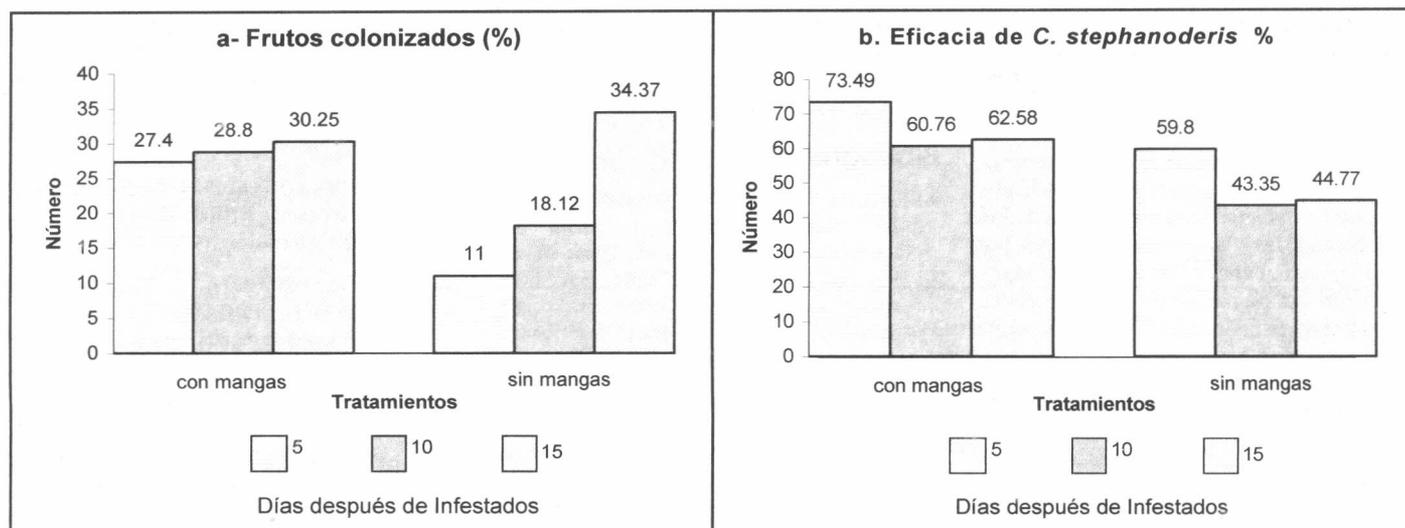
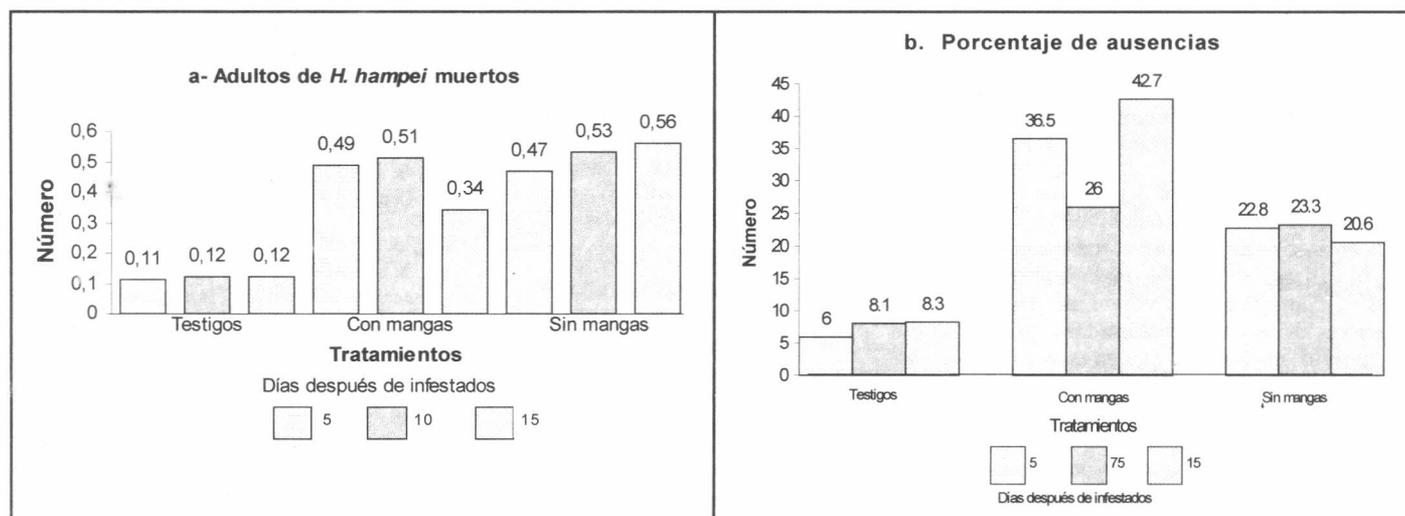
Es posible que el parasitoide con el fin de buscar frutos infestados con un buen número de estados inmaduros susceptibles de ser parasitados, haya penetrado a varios frutos eliminando los adultos de *H. hampei*, alimentándose de éstos y de algunos estados inmaduros como huevos y larvas de primer ínstar, hasta encontrar un fruto en condiciones óptimas para parasitarlo, explicando así mayor cantidad de adultos muertos y mayores porcentajes de ausencias en los tratamientos con avispas frente a los testigos.

Los resultados obtenidos concuerdan con observaciones realizadas por Benavides *et al.* (1994), quienes observaron en frutos colonizados por la avispa, una mortalidad de la broca, en todos sus estados, del 94,84%. Ticheler (1963) encontró en frutos parasitados por la avispa un 89,2% de mortalidad de la broca y observó su capacidad depredadora. Sponagel (1994) afirma que en una cereza de café infestada con *H. hampei* y colonizada por *C. stephanoderis*, el 46,7% de las larvas estaban parasitadas (acción como parasitoide) y el 64,4% de los adultos de *H. hampei* estaban muertos (acción como depredador), confirmando tal efecto. Barrera *et al.* (1991) observaron en frutos parasitados, hembras adultas de la broca que aparecen sin cabeza o sin patas, registrando mortalidades en los adultos de la broca entre 80 y 100%. Koch (1973) resalta la condición parasítica y depredadora de *C. stephanoderis*, afirmando que la hembra adulta de la avispa se alimenta de la hemolinfa de brocas adultas, rompiendo con sus mandíbulas la membrana intersegmental de los tergitos proto- y mesotorácicos.

### Número total de estados inmaduros de *H. hampei*

Para el número total de estados inmaduros de *H. hampei* por fruto, se presentaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos ( $P=0.0001$ ). Según la prueba de contrastes ortogonales se observó menor número de estados inmaduros en los tratamientos con parasitoides respecto a los tratamientos testigo.

En los testigos se observaron promedios de  $10,2 \pm 2,5$ ;  $12,8 \pm 1,1$  y  $14,9 \pm 2,7$  estados de *H. hampei* por fruto, para los 5, 10 y 15 días de infestados respectivamente; mientras que, los tratamientos con liberación en mangas presentaron  $2,7 \pm 1,6$ ;  $5,1 \pm 0,9$  y  $5,6 \pm 2,2$  estados inmaduros, observándose reducciones significativas en el número de estados de 73,5; 60,7 y 62,5%, respectivamente; y en la liberación a campo abierto se encontraron  $4,1 \pm 1$ ;  $7,3 \pm 2,1$ ; y  $8,2 \pm 1,8$  estados de *H. hampei*, observándose reducciones significativas de 59,8; 43,3 y 44,7%, respectivamente (Fig. 1b). Estos resultados indican que el parasitoide *C. stephanoderis* presenta un efecto depredador sobre todos los estados

Figura 1. a. Porcentaje de frutos colonizados. b. Eficacia de *C. stephanoderis*Figura 2. a. Número promedio de adultos de *H. hampei* después de la liberación de *C. stephanoderis*. b. Porcentaje de ausencias de adultos de *H. hampei* en los frutos infestados.

inmaduras de *H. hampei*, al reducir en promedio las poblaciones de la plaga en  $49,3\% \pm 7,4$  y en  $65,6\% \pm 5,6$  para campo abierto y en mangas, respectivamente (Tabla 4).

Gauld y Bolton (1988), al estudiar el comportamiento y las formas de vida de los parasitoides himenopteros, afirman que los hábitos de depredación son una especialización de algunos ectoparásitos cuyas hembras adultas, para suplirse de proteínas, presentan un comportamiento conocido como "host - feeding" el cual esta exactamente relacionado para la producción de huevos, aunque si bien, su importancia muchas veces no es apreciada. La mayoría de los parasitoides que practican el "host - feeding", se alimentan de los estados del hospedero que no van a ser usados

para la parasitación (Gauld y Bolton 1988). Con respecto a *C. stephanoderis* varios autores han observado este comportamiento sin referirse a él directamente, al afirmar que el parasitoide se alimenta de huevos, larvas de primer instar y adultos de *H. hampei* (Ticheler 1963; Klein *et al.* 1988; Abraham *et al.* 1990; Barrera *et al.* 1991; Bustillo *et al.* 1996), estados que el parasitoide no puede parasitar.

Stehr (1990) afirma que la depredación es común entre los insectos y los casos de mayor éxito en el control biológico han tenido que relacionarse con la depredación; también comenta que los principios básicos de la depredación (relación presa - depredador) se aplican a los parasitoides, considerándolos como un tipo especializado de depredadores,

ya que los parasitoides adultos atacan a la presa de diferente forma, observándose casos en donde el parasitoide mata al hospedero para alimentarse (depredación). Este comportamiento puede ser aplicado directamente al parasitoide *C. stephanoderis*, ya que las observaciones realizadas por diferentes autores y los resultados encontrados en esta investigación así lo demuestran.

Para la población del hospedero, el "host - feeding" puede ser un factor adicional de mortalidad, con el cual el parasitoide puede causar una mortalidad más alta en el hospedero que la misma parasitación (Gauld y Bolton 1988). Barrera *et al.* (1990) afirman que la eficacia inmediata de *C. stephanoderis* en el control de las poblaciones *H. hampei* en el

interior de los frutos, se refleja, no sólo en el efecto del parasitismo, sino también en el efecto de depredación de la avispa sobre todos los estados biológicos de *H. hampei*. Sponagel (1994) afirma que *C. stephanoderis* es más efectivo en su acción depredadora que como parasitoide. La reducción de 49% de los estados biológicos de *H. hampei* encontrada en esta investigación demuestra la eficacia de *C. stephanoderis* como depredador, corroborando las afirmaciones anteriores, por lo tanto, para el control de *H. hampei* la acción depredadora parece ser más importante que la acción parasítica.

De otra parte, liberaciones de *C. stephanoderis* en un cafetal con bajos niveles de infestación de *H. hampei* (inferior al 5%) redujeron significativamente las poblaciones de la plaga. Se observó mayor cantidad de adultos de *H. hampei* muertos, menor cantidad de adultos vivos y menor cantidad de estados inmaduros de la plaga con respecto a un lote testigo (Aristizábal 1995; Aristizábal *et al.* 1997), lo cual obedece al efecto parasítico y depredador que presenta el parasitoide sobre las poblaciones de *H. hampei*. Se comprobó técnicamente la viabilidad de utilizar a *C. stephanoderis* dentro del programa de manejo integrado de la broca (MIB); sin embargo, el costo actual del parasitoide sería un limitante para que el caficultor pueda adoptarlo (Bustillo *et al.* 1996).

Al comprobarse el efecto depredador de *C. stephanoderis* sobre los estados biológicos de *H. hampei* se podría plantear, como estrategia, la utilización del parasitoide dentro del MIB en cafetales con niveles de infestación inferiores al 5% y con recolecciones oportunas de frutos maduros, ya que, en estas condiciones, los cafetales presentan escasos frutos infestados, con pocos estados inmaduros de *H. hampei*; de esta forma los parasitoides tendrían mayor eficacia en su acción depredadora que parasítica y se necesitaría menor cantidad de parasitoides a liberar para regular las poblaciones de la plaga.

## Conclusiones

- Se comprobó que el parasitoide *C. stephanoderis* presenta un efecto depredador sobre todos los estados biológicos de *H. hampei* (huevos, larvas, pupas y adultos) al reducir, bajo condiciones de campo, la población de la plaga. Por lo tanto, parece ser más eficaz *C. stephanoderis* en su acción depredadora que en su acción parasítica, de ahí su importancia en control biológico dentro del programa de manejo integrado de la broca.
- El parasitoide *C. stephanoderis* prefiere colonizar frutos infestados que presenten mayor número de estados inmaduros de *H. hampei*, alimentándose especialmente de huevos y larvas de la plaga.

- Se evidenció un ataque directo del parasitoide *C. stephanoderis* sobre los adultos de *H. hampei*, al observar mayor mortalidad y mayor porcentajes de ausencias de adultos de *H. hampei* en los tratamientos con avispas respecto a los testigos.

## Bibliografía

- ABRAHAM, Y. J.; MOORE, D. and GOOVIM, G. 1990 Rearing and aspects of *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyilidae) parasitoids of coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). Bulletin of Entomological Research (Inglaterra) 81: 121 - 128.
- ARISTIZABAL A., L. F. 1995. Efecto del parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Hymenoptera: Bethyilidae) sobre una población de *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) en condiciones de campo. Facultad de Agronomía, Universidad de Caldas, Manizales. 132 p. (Tesis de Ing. Agrónomo).
- ARISTIZABAL A., L. F.; BAKER, P. S.; OROZCO H., J. 1996. Liberación, dispersión y parasitismo de *Cephalonomia stephanoderis* en condiciones de campo. Avances Técnicos Cenicafe. Chinchiná (Colombia) (224) 8 p.
- ARISTIZABAL A., L. F.; BAKER, P. S.; OROZCO H., J.; CAVES C. B. 1997. Parasitismo de *Cephalonomia stephanoderis* Betrem sobre una población de *Hypothenemus hampei* (Ferrari) con niveles bajos de infestación en el campo. Revista Colombiana de Entomología 23 (3-4): 157-164.
- BARRERA, J. F.; MOORE, D.; ABRAHAM, Y. T.; MURPHY, S. T.; PRIOR, C. 1990. Biological control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*, in Mexico and possibilities for further action. In: Brighton Crop Protection Conference - Pests and Diseases - p. 391 - 396.
- BARRERA, J. F.; DE LA ROSA, W.; GÓMEZ, J.; INFANTE, F.; CASTILLO, A. 1991. Evaluación del impacto de *Cephalonomia stephanoderis* sobre la Broca del Café en el campo. En: Simposio sobre Caficultura Latinoamericana, 14°, Guatemala, mayo 20 - 24. IICA - PROMECAFE, p. 217 - 229.
- BENAVIDES M., P.; BUSTILLO P., A. E.; MONTOYA R., E. C. 1994. 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.
- BUSTILLO P., A. E. 1990. Perspectivas de un manejo integrado de la broca de café *Hypothenemus hampei* en Colombia. En: Seminario sobre la broca del café. Medellín, mayo de 1990. Miscelánea de la Sociedad Colombiana de Entomología (18): 106 - 118.
- BUSTILLO P., A. E.; OROZCO H., J.; BENAVIDES M., P.; PORTILLA R., M. 1996. Producción masiva y uso de parasitoides para el control de

la broca del café en Colombia. Revista Cenicafe, (Colombia) 47 (4) : 215 - 230.

- CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ, CENICAFE. 1990. Manual de capacitación en control biológico. CENICAFE - CAB International institute - ODA, Chinchiná, Caldas (Colombia) 174 p.
- GAULD, I.; BOLTON, B. 1988. The Hymenoptera, (Great Britain) British Museum (Natural History). Oxford University Press. 332 p.
- KLEIN K., C.; ESPINOZA, O.; TANDAZO, A.; CISNEROS, P.; DELGADO R., 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 - hôte et de son parasite *Cephalonomia stephanoderis* Betrem, en Cote d' Ivoire. Veeman and Zonen. Wageningen, Holanda 84 p.
- MURPHY, S. T., MOORE, D. 1990. Biological control of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera : Scolytidae): previous programmes and possibilities for the future. Biological News and Information (Gran Bretaña) 11 (2) : 107 - 117.
- OROZCO H., J.; ARISTIZABAL A., L. F. 1996. Parasitoides de origen africano para el control de la broca del café. Avances Técnicos Cenicafe. Chinchiná (Colombia) (223), 8 p.
- RUIZ C., R. 1996. Efecto de la fenología del fruto de café sobre los parámetros de la tabla de vida de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari). Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Caldas, Manizales. 87 p. (Tesis de Ing. Agrónomo).
- SPONAGEL W., K. 1994. La broca del café *Hypothenemus hampei* en plantaciones de café robusta en la Amazonia Ecuatoriana. Presencia, posibilidades de control y consideraciones socio-económicas del cultivo en relación a sistemas alternativos de producción agropecuaria en la región. Giessen (Alemania). Agrarwissenschaften, Wissenschaftlicher Fachverlag, Gie Ben. 279 p.
- STEHR W., F. 1990. Parásitos y depredadores en el manejo de plagas. En: METCALF L., R.; LUCKMANN H., W. Introducción al manejo de plagas de insectos. Editorial Limusa - Noriega. (México): 173 - 222.
- TICHELER J., G. H. 1963. Estudio analítico de la epidemiología del escoltido de los granos del café *Stephanoderis hampei* Ferr., en Costa de Marfil. Revista Cenicafe (Colombia) 14 (4): 223 - 294.

**NOTA:** Se presentan los siguientes anexos correspondientes a los datos de las figuras presentadas en el texto.

**Anexo 1.** Datos correspondientes a las figuras 1 a y 1 b.

- a. Promedio de frutos colonizados por *C. stephanoderis*.  
b. Eficacia de *C. stephanoderis*

Tratamientos	Frutos Colonizados (%)	Eficacia de <i>C. stephanoderis</i>
4 (CM 5 DDI)	27,4	73,49
5 (CM 5 DDI)	28,8	60,76
6 (CM 15 DDI)	30,25	62,58
7 (SM 5 DDI)	11	59,80
8 (SM 10 DDI)	18,12	43,35
9 (SM 15 DDI)	34,37	44,77

T = Testigos, CM = con mangas, SM = sin mangas. DDI = Días después de infestados.

**Anexo 2.** Datos correspondientes a las figuras 2 a y 2 b.

- a. Número promedio de adultos de *H. hampei* muertos después de la liberación de *C. stephanoderis*.  
b. Porcentaje de ausencias de adultos de *H. hampei* en los frutos infestados.

Tratamientos	Adultos muertos	Ausencias (%)
1 (T 5 DDI)	0,11	6
2 (T 10 DDI)	0,12	8,1
3 (T 15 DDI)	0,12	8,3
4 (CM 5 DDI)	0,49	36,5
5 (CM 5 DDI)	0,51	26
6 (CM 15 DDI)	0,34	42,7
7 (SM 5 DDI)	0,47	22,8
8 (SM 10 DDI)	0,53	23,3
9 (SM 15 DDI)	0,56	20,6

T = Testigos, CM = con mangas, SM = sin mangas. DDI = Días después de infestados.