

Efecto del parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyilidae) sobre las poblaciones de *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) durante y después de la cosecha

.....

Effect of the parasitoid *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyilidae) on *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) during and after harvest

.....

Luis F. Aristizábal A.¹
 Alex E. Bustillo P.²
 Jaime Orozco H.²
 Bernardo Chaves C.³

Resumen

Para evaluar el efecto del parasitoide *C. stephanoderis* sobre las poblaciones de *H. hampei* durante y después de las cosechas principal y travesa de café y para facilitar la implementación de los parasitoides en el programa de manejo integrado de la broca, se realizó la presente investigación en lotes de café variedad Colombia localizados en las Subestaciones Experimentales: "Naranjal" en Chinchiná, "La Catalina" en Pereira y en las fincas "El Porvenir" en Armenia y "Dinamarca" en Calarcá. Se establecieron cuatro tratamientos según la época de liberación: Tratamiento 1 (testigo, sin liberación), tratamiento 2 (liberación antes de la cosecha), tratamiento 3 (liberación después de la cosecha) y tratamiento 4, combinación de ambas liberaciones (antes y después de la cosecha).

Los resultados evidenciaron la presencia de *C. stephanoderis* en todos los lotes en los cuales se liberó. Durante los primeros cinco meses se observaron parasitismos entre 3 a 28 %, meses en los cuales los niveles de infestación de *H. hampei* permanecieron bajos y estables con respecto al testigo. En los lotes en donde se liberó el parasitoide se presentó una reducción significativa de los niveles de infestación de *H. hampei*, del número promedio de frutos infestados por árbol y de los estados

biológicos de la plaga respecto al testigo, también se obtuvo pergamino tipo federación durante las cosechas principal y travesa. El mejor comportamiento del parasitoide se observó cuando se realizó la combinación de ambas liberaciones (antes y después de cosecha). Por lo tanto, la liberación de *C. stephanoderis*, dentro de un programa de manejo integrado de la broca, se debe hacer en los períodos intercosechas, es decir, antes y después de las cosechas principal y travesa. Se observó que las liberaciones de *C. stephanoderis* más las recolecciones oportunas de frutos maduros ayudan a regular las poblaciones de *H. hampei*, manteniendo los niveles de infestación inferiores al 5 % durante un período de cosecha.

Palabras claves: Colombia, Control biológico, *Coffea arabica*, *Hypothenemus hampei*, *Cephalonomia stephanoderis*, Liberaciones, Cosecha.

Summary

In order to evaluate the effect of the parasitoid *C. stephanoderis* on the populations of *H. hampei* during and after the main harvests and crossbeam of coffee and to facilitate the implementation of the parasitoids in the integrated pest management program, the present investigation was made in Colombian variety of coffee, crops located at Experimental Subestaciones: Naranjal in Chinchiná, La Catalina in Pereira and the farm El Porvenir in Armenia and Dinamarca in Calarcá. Four treatments were established according to the time of release: treatment 1 (Control, without liberation), treatment 2 (liberation before the harvest), treatment 3 (liberation after the harvest) and treatment 4, combination of both releases (before and after the harvest).

The results demonstrated the presence of *C. stephanoderis* in all the crops in which it was released. During the first five months, parasitisms between 3 - 28 %, were observed, months in which the levels of infestation of *H. hampei* remained low and stable with respect to the control. A significant reduction of the infestation levels of *H. hampei*, of the average number of fruits infested per tree and of the biological states of the pest in the crops in where the parasitoid was released, with respect to the control was observed. Also coffee was obtained parchment type federation during the both harvests. The best behavior of the parasitoid was observed, when the combination of both releases was made (before and after harvest). Therefore the releases of *C. stephanoderis* within an integrated pest management program, should be made in the interharvest periods, that is to say, before and after the main harvest and crossbeam. It was observed that the releases of *C. stephanoderis* plus the opportune harvestings of mature fruits help to regulate the populations of *H. hampei*, maintaining levels of infestation lower than 5% during a harvest period.

Key words: Colombia, Biological control, *Coffea arabica*, *Hypothenemus hampei*, *Cephalonomia stephanoderis*, Releasing, Harvest.

Introducción

A nivel mundial la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) es sin duda la plaga de mayor importancia económica en el cultivo del café (Cenicafé 1990). Para su control en Colombia se está implementando un programa de manejo integrado de la broca, en el cual juegan un papel importante los parasitoides de origen africano: *Cephalonomia stephanoderis* Betrem, *Prorops nasuta* Waterston ambos Hymenoptera: Bethyilidae y *Phymastichus coffea* La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) como controladores biológicos de la plaga, (Bustillo 1993; Orozco y Aristizábal 1996; Bustillo *et al.* 1996; Bustillo *et al.* 1998) y los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. y *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin (Bustillo 1993; Bustillo *et al.* 1998).

Liberaciones de *C. stephanoderis* en Centro y Sur América han demostrado que el parasitoide es un agente biológico que se adapta y se establece fácilmente en los cafetales; se han registrado niveles de parasitismo entre 3 y 81%, (Barrera *et al.* 1990; Barrera 1994; Campos y Carrillo 1991; Delgado y Sotomayor 1990; Bustillo *et al.* 1996). Además varios autores han observado reducciones de las poblaciones de la plaga gracias al doble efecto (parasítico - depredador) que presenta el *C. stephanoderis* (Barrera *et al.* 1990; Barrera 1995; Alvarado *et al.* 1992; Dufour *et al.* 1995; Bustillo *et al.* 1996; Aristizábal 1995;

1 I.A. "Jóvenes Investigadores" Convenio Colciencias - Cenicafé.

2 Investigador Principal I, Investigador Científico I, respectivamente. Entomología, Cenicafé, Chinchiná, Caldas. A.A. 2427. Manizales, Colombia.

3 Investigador Científico I. Biometría. Cenicafé.

Aristizábal *et al.* 1997 a; Aristizábal *et al.* 1997 b). Los estudios más recientes en Colombia han demostrado que *C. stephanoderis* se adapta y se establece en cafetales con niveles de infestación de *H. hampei* inferiores al 5%, observándose reducciones de las poblaciones de plaga durante un año de evaluaciones (Aristizábal 1995; Aristizábal *et al.* 1997a). Se comprobó la viabilidad técnica de utilizar el parasitoides dentro de un programa de manejo integrado, realizando varias liberaciones durante los períodos de cosecha e intercosecha (Aristizábal 1995; Aristizábal *et al.* 1997a). Sin embargo, los costos actuales de la producción de los parasitoides podrían ser obstáculo para que los caficultores los puedan obtener en cantidades altas (Bustillo *et al.* 1996).

Según Dufour *et al.* (1997) en la mayoría de los países centroamericanos con las liberaciones inoculativas, cuya finalidad es la de introducir a *C. stephanoderis* en cafetales infestados con broca, se ha logrado el establecimiento del parasitoides en el campo; sin embargo, han resultado ineficientes en cuanto a la reducción de la plaga; en cambio las liberaciones inundativas parecen ser más eficaces en el control de la broca.

Dufour *et al.* (1995) al evaluar la eficacia del parasitoides en el período de post - cosecha, encontraron una reducción de 53% de las poblaciones de broca "fundadora" y 45% de eliminación de la población de broca por parasitismo y depredación. Según Barrera (1994) se lograron reducciones en las infestaciones de broca que oscilaron entre el 22 y el 56% para liberaciones de 30,000 y 40,000 parasitoides por hectárea.

Barrera (1995) afirma que se puede utilizar a *C. stephanoderis* en liberaciones masivas como un "insecticida biológico", es decir, un control más rápido y efectivo (mayor al 50%); considerando que el mejor momento para la liberación es el período intercosechas, debido a que la población de la broca es menor, lo cual favorece la relación broca - parasitoides; además en estas épocas, la población de la broca está constituida especialmente por adultos, lo cual favorece el comportamiento depredador del parasitoides. Con liberaciones masivas durante el período intercosechas se estaría eliminando a la población de brocas causantes de daños en el siguiente ciclo de cosecha, por ende se presentaría una reducción en la población de brocas "fundadoras" (Barrera 1995; Dufour *et al.* 1995).

Con el fin de vincular a *C. stephanoderis* dentro del programa de manejo integrado de la broca, es importante establecer unas épocas claves para la liberación del parasitoides, según las distribuciones de las cosechas principal y travesía de café en Colombia. Por lo tanto, el objetivo principal de esta investigación fue evaluar el efecto que pueda presentar

el parasitoides sobre las poblaciones de la plaga, cuando es liberado en diferentes épocas de la cosecha principal.

Materiales y Métodos

Localización. El experimento se realizó en cuatro lotes de café variedad Colombia de aproximadamente 2200 árboles cada uno, de segundo a tercer año de cosecha, ubicados en diferentes municipios (Tabla 1). Los niveles de infestación de *H. hampei*, al inicio del experimento, fueron inferiores al 3 %.

Descripción de tratamientos y metodología. Los tratamientos se asignaron según la época de la cosecha principal de 1996 en la cual se liberaron los parasitoides: antes de la cosecha, después de la cosecha, la combinación de ambas épocas de liberación y un tratamiento testigo, en el cual no se liberaron los parasitoides (Tabla 2).

Antes de liberar los parasitoides, se realizó una cuantificación de frutos infestados con *H. hampei* susceptibles de ser parasitados mediante un censo de 50 árboles en cada lote, en los cuales se determinó el número promedio

de frutos infestados por árbol y el total de frutos infestados del lote; posteriormente se calculó la cantidad de parasitoides a liberar, teniendo en cuenta una relación 5:1 (avispa por fruto susceptible de ser parasitado).

Los parasitoides se liberaron mediante la colocación de bolsitas de muselina con capacidad para 1.000 granos de café pergamino parasitados, próximos a la emergencia de las avispas, el material fue suministrado por la Unidad de Cría Experimental de Parasitoides de Cenicafé. Las labores de recolección oportunas de frutos maduros, sobremaduros y secos se realizaron cada 15 a 20 días.

Cuantificación de frutos infestados y niveles de infestación de *H. hampei*. Para la cuantificación de frutos infestados con *H. hampei* y los niveles de infestación de *H. hampei* se evaluaron mensualmente 50 árboles de café en cada lote, mediante un muestreo sistemático, cuantificando el total de frutos infestados por árbol. Se seleccionaron tres ramas productivas por árbol, ubicadas en los estratos bajo, medio y alto, para medir los niveles de infestación de la plaga. Posteriormente los niveles de infestación de

Tabla 1. Localización de los lotes de café

Municipio	Nombre de La finca	Altitud m.s.n.m.	Temperatura Promedio °C	Humedad relativa %	Infestación inicial de <i>H. hampei</i> %
Pereira	La Catalina*	1,350	22	76	3
Chinchiná	Naranjal *	1,400	21,7	80	1,1
Calarcá	Dinamarca	1,360	21,9	80	0,2
Armenia	El Porvenir	1,400	21,4	80	0,4

Subestaciones experimentales de Cenicafé.

Tabla 2. Descripción de tratamientos: Epocas de la liberación de *C. stephanoderis* según la cosecha principal de 1996

T/to No.	Nombre de la finca	Época de liberación según la cosecha principal 1996	Meses de la liberación	Cantidad de avispas
1	La Catalina	Testigo (sin liberación)	Ninguno	0
2	Naranjal	Antes de la cosecha	Septiembre	80,000
3	Dinamarca	Después de la cosecha	Diciembre	32,000
4	El Porvenir	Antes y después de la cosecha	Septiembre - Diciembre	30,000 40,000

cada estrato fueron ponderados para obtener un nivel de infestación total, procedente de 150 ramas evaluadas mensualmente en cada lote.

Se utilizaron las siguientes fórmulas para determinar los niveles de infestación.

$$\% \text{ infestación} = \frac{\text{Frutos infestados}}{\text{Total frutos observados}} \times 100$$

$$\% \text{ infestación ponderado} = \frac{(\text{FIB} + \text{FIM} + \text{FIA})}{(\text{TFOB} + \text{TFOM} + \text{TFOA})} \times 100$$

En donde:

FIB = Frutos infestados parte baja

FIM = Frutos infestados parte media

FIA = Frutos infestados parte alta

TFOB = Total frutos observados parte baja

TFOM = Total frutos observados parte media

TFOA = Total frutos observados parte alta

Parasitismos de *C. stephanoderis* y estados biológicos de *H. hampei*. Para determinar los niveles de parasitismo de *C. stephanoderis* y cuantificar el número de estados biológicos de *H. hampei* se recolectó, mensualmente, una muestra de 450 frutos infestados, procedentes de las ramas productivas de los estratos bajo, medio y alto de los árboles. Los frutos disecados que presentaron evidencias de estados inmaduros o adultos vivos de *C. stephanoderis* se consideran parasitados. Los parasitismos se determinaron mediante las siguientes fórmulas:

$$\% \text{ parasitismo} = \frac{\text{Frutos parasitados}}{\text{Total frutos disecados}} \times 100$$

$$\% \text{ parasitismo ponderado} = \frac{(\text{FPB} + \text{FPM} + \text{FPA})}{(\text{TFDB} + \text{TFDM} + \text{TFDA})} \times 100$$

En donde:

FPB = Frutos parasitados parte baja

FPM = Frutos parasitados parte media

FPA = Frutos parasitados parte alta

TFDB = Total frutos disecados parte baja

TFDM = Total frutos disecados parte media

TFDA = Total frutos disecados parte alta

Parasitismo en tolva. El porcentaje de parasitismo de *C. stephanoderis* en tolva se evaluó mediante una muestra de 300 frutos infestados colectados antes de iniciar el proceso de beneficio, en los pases de la cosecha principal de 1996 (octubre, noviembre y diciembre) y la travesía de 1997 (marzo, abril y mayo), los frutos se disecaron a través de observaciones al estereoscopio, en los laboratorios de Entomología de Cenicafé. Los

parasitismos se determinaron utilizando las fórmulas anotadas anteriormente.

Infestación de *H. hampei* en café pergamino seco. Al momento de los pases de cosecha, en los meses octubre, noviembre y diciembre de la cosecha principal de 1996 y en marzo, abril y mayo la travesía de 1997, se recolectó una muestra de café cereza de aproximadamente 20 kg por lote, para determinar la calidad del café pergamino seco en relación con la broca del café. La muestra fue procesada bajo el sistema de beneficio húmedo, luego fue secada al sol hasta obtener una humedad del 12%, finalmente fue trillada. Del café procesado se tomaron 5 muestras de 100 g de café pergamino seco, para determinar la infestación de *H. hampei*.

Análisis estadístico. Se realizaron los análisis de varianza y pruebas de Tukey para los resultados correspondientes a las diferentes variables mediadas en el experimento. Los análisis de varianza se realizaron para cada uno de los meses de evaluación, teniendo en cuenta que para cada mes las unidades experimentales evaluadas fueron 50 árboles por lote, 150 ramas por lote y 450 frutos disecados por lote. El número de árboles, ramas y frutos evaluados fueron estadísticamente representativos, por lo tanto, no se realizaron repeticiones de los tratamientos en otros lotes.

Liberación de parasitoides. Los parasitoides se liberaron en diferentes épocas para cada tratamiento y su cantidad dependió del censo de frutos infestados correspondientes al mes de la liberación, así: El tratamiento 2 (liberación antes de la cosecha) se realizó en la subestación experimental "Naranjal" en donde se liberaron 80.000 parasitoides en la primera semana de septiembre de 1996. El tratamiento 3 (liberación después de la cosecha) se realizó en la finca "Dinamarca", en donde se liberaron 32.000 avispas en la primera semana de diciembre de 1996. El tratamiento 4 (liberación antes y después de la cosecha) se realizó en la finca "El Porvenir", en donde se liberaron 30.000 avispas en la primera semana de

septiembre de 1996 y 40.000 en la tercera semana de diciembre de 1996.

Resultados y Discusión

Frutos infestados con *H. hampei* por árbol

El número promedio de frutos infestados por árbol, durante los doce meses de evaluación fue mayor en el tratamiento testigo, presentó en promedio 75, 2 frutos infestados. Los tratamientos en los cuales se liberaron los parasitoides, presentaron promedios inferiores a 14,8 frutos infestados por árbol (Fig. 1).

Los análisis de varianza presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($P_r = 0,0001$), según la prueba de Tukey (0,05) se observó menor cantidad de frutos infestados en los tratamientos con avispas respecto al testigo. Los tratamientos 4 y 3 presentaron la menor cantidad de frutos infestados por árbol, con promedios de 2,91 y 5,61; seguidos por el tratamiento 2 con un promedio de 14,8 frutos infestados.

Debido a las liberaciones de *C. stephanoderis* y a las recolecciones oportunas de frutos maduros se encontró menor cantidad de frutos infestados por *H. hampei* en los lotes con parasitoides respecto al testigo, es decir, que se presentó un efecto regulador de las poblaciones de *H. hampei* mediante la combinación de ambos controles.

Niveles de infestación de *H. hampei*

Los niveles de infestación de *H. hampei* en los estratos bajos de los árboles presentaron valores significativamente más altos con respecto a los estratos medio y alto (Tukey 0,05) (Tabla 3). Este fenómeno se presentó debido a varios factores, tales como: Condiciones de microclima, observándose mayor humedad relativa en el estrato bajo de los árboles; dificultad en la recolección de frutos maduros en las ramas bajas de los árboles, quedando frutos infestados en el árbol; caída de frutos infestados al suelo y cercanía de las ramas bajas al suelo.

Tabla 3. Niveles de infestación de *H. hampei* por estrato (%), promedios generales durante septiembre de 1996 a agosto de 1997

Niveles de infestación de <i>H. hampei</i> por estratos (%), promedios de las fincas				
Estratos	La Catalina	Naranjal	Dinamarca	El Porvenir
Alto	9,6 ± 9,2 b	2,7 ± 1,7 b	0,5 ± 0,5 b	0,3 ± 0,1 b
Medio	16,6 ± 7,4 b	2,7 ± 1,5 b	0,7 ± 0,3 b	0,5 ± 0,2 b
Bajo	23 ± 11 a	5,6 ± 3 a	3,3 ± 1,9 a	1,8 ± 0,8 a

Promedios seguidos por distintas letras difieren significativamente, Tukey (0,05).

Los análisis de varianza para los niveles de infestación de las ramas bajas, medias y altas presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($Pr = 0,0001$). Los menores niveles de infestación se observaron en los lotes con liberación de *C. stephanoderis* con respecto al lote testigo, Tukey (0,05) (Fig. 2).

Al ponderar los niveles de infestación de los diferentes estratos, los análisis de varianza presentaron diferencias significativas ($Pr = 0,0001$). Según la prueba de Tukey (0,05) los tratamientos con *C. stephanoderis* obtuvieron niveles significativamente menores al testigo. Los promedios de infestación fueron 0,73; 1,25; 3,30% para los tratamientos 4, 3 y 2 respectivamente; el tratamiento testigo presentó 14,16 % de infestación.

A partir de septiembre de 1996, en el testigo se observa un incremento continuado de los niveles de infestación de *H. hampei*, hasta superar el 30% en marzo de 1997; los lotes con avispa no habían superado el 5% a la misma fecha, por consiguiente, en el lote testigo fue necesario realizar una aplicación de Lorsban (clorpirifos) (1,5 litros por ha.) durante el mes de abril, con el fin de disminuir las poblaciones de *H. hampei* y proteger la cosecha principal de 1997 la cual se encontraba en proceso de formación. Se observó la eficiencia de la aplicación, al disminuir los niveles de infestación en los meses de mayo y junio, posteriormente se incrementan en los meses siguientes (Fig. 2).

El efecto de *C. stephanoderis* en el tratamiento 2 (liberación antes de la cosecha) se obser-

vó particularmente durante la cosecha principal de 1996 y en el mes de enero de 1997, presentándose niveles inferiores al 3% de infestación. En los meses siguientes se incrementaron con valores que oscilaron entre 3,1 y 6,3%. En el tratamiento 3 (liberación después de la cosecha) el efecto de las avispas se observó de enero a agosto de 1997, especialmente en la cosecha travesa de 1997; las infestaciones fueron inferiores a 1,7%. En la combinación de ambas liberaciones, tratamiento 4 (antes y después de la cosecha), el efecto se presentó durante todo el año, observando infestaciones inferiores a 1,1%; resultó ser el tratamiento con mejor comportamiento en cuanto a la regulación de los niveles de infestación.

En los lotes en los cuales se liberó el parasitoide no se realizaron aplicaciones de insecticidas, sin embargo, las infestaciones fueron en promedio inferiores a 3,3%. Estos resultados demuestran que las recolecciones frecuentes de frutos maduros (quincenalmente), más las liberaciones de *C. stephanoderis*, regulan las poblaciones de *H. hampei* y mantienen los niveles de infestación inferiores al 5% durante un período de cosecha, evitando efectos colaterales al ecosistema cafetero al reducir las aplicaciones de insecticidas.

Los niveles de infestación de *H. hampei* encontrados en esta investigación, concuerdan con observaciones realizadas por Aristizábal (1995) y Aristizábal *et al.* (1997a) quienes registraron niveles entre 1,9 y 11,5% con un promedio de 5,7% en un lote de café, con liberaciones del parasitoide. Adicionalmente,

las ramas productivas de café del estrato bajo de los árboles presentaron las mayores infestaciones respecto a las ramas de los estratos medio y alto (Aristizábal 1995; Aristizábal *et al.* 1997a). Salazar *et al.* (1997), después de liberar diferentes cantidades de *C. stephanoderis*, observaron infestaciones de broca inferiores a 10,4% durante un año de cosecha. Salazar (1998) afirma que con liberaciones mensuales o bimestrales de *C. stephanoderis*, más las recolecciones oportunas de café maduro, se pueden obtener niveles de infestación de *H. hampei* inferiores al 2% durante un año de cosecha. Los resultados obtenidos indican que es factible regular los niveles de infestación de la broca realizando liberaciones del parasitoide en épocas bien definidas respecto a la distribución de las cosechas de café.

Niveles de parasitismo de *C. stephanoderis*

En la mayoría de los meses evaluados se evidenció la presencia de *C. stephanoderis* en los lotes en donde fue liberado y se observó que la tendencia del parasitismo es mayor en los estratos alto y medio de los árboles con respecto al estrato bajo. Este fenómeno es explicado por un comportamiento de fototaxismo positivo que presenta *C. stephanoderis* al responder a la luz. Aristizábal *et al.* (1996) observaron que *C. stephanoderis* presenta fototaxismo positivo y que su actividad de búsqueda de frutos infestados con *H. hampei* la desempeña en las horas luz del día.

Los análisis de varianza para los niveles de parasitismo presentaron diferencias significativas ($Pr = 0,0001$). Según la prueba de Tukey (0,05), los tratamientos 4 y 2 mostraron en promedio parasitismos más altos frente al tratamiento 3 (Tabla 4).

En la figura 3 se presentan los niveles de parasitismo ponderados de *C. stephanoderis* encontrados durante los doce meses de evaluación. Según la prueba de Tukey (0,05) los tratamientos 2 y 4 obtuvieron niveles de parasitismo significativamente mayores respecto al tratamiento 3.

Estos resultados indican que *C. stephanoderis* presentó un mejor comportamiento cuando se liberó antes de la cosecha principal de 1996 (tratamiento 2) y en la liberación combinada: antes y después de la cosecha principal (tratamiento 4), con respecto al tratamiento 3 (liberación después de la cosecha principal).

Es importante observar que en los primeros 5 meses después de la liberación, los niveles de parasitismo fueron los más altos, presentando valores entre 3 a 28 %, coincidiendo con los meses en los cuales los niveles de infestación de *H. hampei* permanecieron bajos y estables. Posteriormente los niveles de parasitismo disminuyeron, observándose valores inferiores a 2,5%, lo cual obedece a las prácticas de reco-

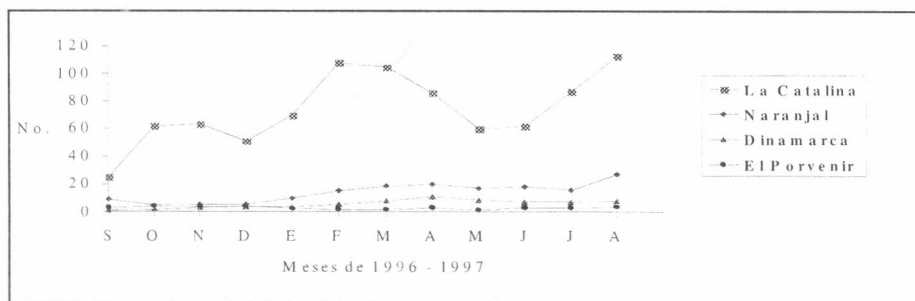


Figura 1. Promedio de frutos infestados con *H. hampei* por árbol

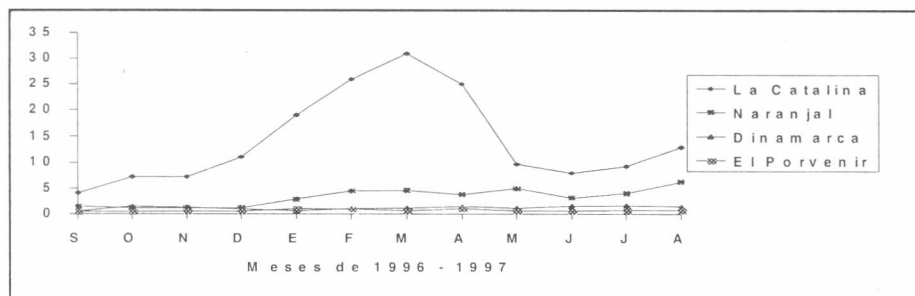


Figura 2. Niveles de infestación de *H. hampei* ponderados

lección permanente de frutos maduros, que se realizaron quincenalmente.

En otras investigaciones en las cuales se ha liberado el parasitoide en cafetales con niveles bajos de infestación de *H. hampei* y con recolecciones periódicas de frutos maduros, se han registrado parasitismo entre 3,6 y 18,2% (Aristizábal 1995) y entre 16,7 y 21,7 % (Salazar 1998). Se demostró la viabilidad de utilizar el parasitoide como control biológico. Por lo tanto, la importancia de los resultados de esta investigación es mostrar el potencial que presentan las liberaciones de *C. stephanoderis* en épocas bien definidas para el control de *H. hampei* dentro de un programa de manejo integrado de plagas.

Niveles de parasitismo de *C. stephanoderis* en tolva

En los meses de la cosecha principal de 1996 y en la travesía de 1997 se observó la pre-

sencia de *C. stephanoderis* en los frutos maduros recién cosechados antes de iniciar el proceso de beneficio en la tolva (Tabla 5). Se evidenció que las prácticas de recolección permanentes de frutos maduros, no sólo eliminan frutos infestados con *H. hampei*, sino también frutos parasitados por *C. stephanoderis*. Se observó una reducción de los niveles de parasitismo después de cuatro o cinco meses de haber realizado las liberaciones en los diferentes tratamientos; reducción que puede ser consecuencia de las prácticas de recolección permanentes. Sin embargo, el efecto del parasitoide sobre la plaga fue más evidente durante los primeros cuatro meses después de la liberación.

Los resultados encontrados concuerdan con evaluaciones realizadas por Aristizábal (1995), quien observó parasitismos en tolva entre 2,33 y 7,14%. Esta reducción del parasitismo por efecto de la recolección permanente de frutos

maduros disminuye la eficacia del control de la plaga, por lo tanto, se hace necesario reforzar las poblaciones del parasitoide en los lotes donde ya se ha establecido, realizando alrededor de cuatro liberaciones de *C. stephanoderis* por año, así: Una liberación antes y otra después de cada cosecha, tanto para la cosecha principal como para la travesía.

Ausencia de adultos de *H. hampei* en frutos infestados

Los mayores porcentajes de ausencia de adultos de *H. hampei* se presentaron en los tratamientos con liberación de *C. stephanoderis* respecto al testigo. Según la prueba de Tukey (0,05) los porcentajes de ausencia de *H. hampei* en promedio fueron significativamente mayores en los tratamientos 4 y 3 con niveles de 28,34 y 25,58% respectivamente, seguidos por el tratamiento 2, con 21,11 % y finalmente del testigo con 17,77 % (Fig. 4). Estos resultados indican que la presencia de *C. stephanoderis* ocasiona un ataque directo a los adultos de *H. hampei*, incrementando los porcentajes de ausencia en los frutos infestados entre el 23 a 64%, por consiguiente se presenta una reducción de la población de la plaga en el campo.

Estos resultados concuerdan con evaluaciones realizadas por Aristizábal *et al.* (1997b) y por Salazar (1998) quienes observaron ausencias entre 22 y 35%, atribuidas al efecto depredador que presenta el parasitoide sobre los adultos de *H. Hampei*.

Calidad del café pergamino seco

Los porcentajes de café pergamino seco infestado con *H. hampei* mostraron diferencias significativas entre tratamientos ($Pr=0.0001$). Durante la cosecha principal de 1996, todos los tratamientos presentaron café pergamino tipo Federación (daños inferiores al 5,5%); sin embargo, según la prueba de Tukey (0,05) el testigo presentó daños por broca significativamente mayores respecto a los tratamientos con avispas. Durante la cosecha de travesía de 1997 los porcentajes de daño por broca se incrementaron en todos los tratamientos. Según la prueba de Tukey (0,05) el testigo exhibió daños por broca significativamente mayores respecto a los tratamientos con *C. stephanoderis* (Tabla 6).

Estados biológicos de *H. hampei*

Para cada uno de los estados biológicos de *H. hampei* y para la sumatoria de estados biológicos de *H. hampei* se realizaron análisis de covarianza para todos los meses de evaluación a partir de diciembre de 1996, mes en el cual se establecieron todos los tratamientos, sin embargo, la covariable no mostró diferencias significativas en los meses evaluados, por lo tanto el número de estados biológicos de *H. hampei* encontrados en el mes de diciembre

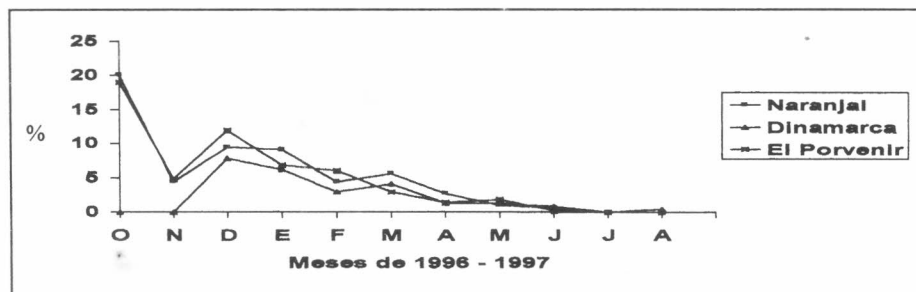


Figura 3. Niveles de parasitismo de *C. stephanoderis* ponderados

Tabla 4. Niveles de parasitismo de *C. stephanoderis* (%), por estratos y por tratamientos

Estratos	Naranjal (T/to. 2)			Dinamarca (T/to. 3)			El Porvenir (T/to. 4)		
	Máx	Mín	Prom	Máx	Mín	Prom	Máx	Mín	Prom
Alto	27	0,7	5,9 a	10	0,8	3,9 b	19	0,3	3,4 b
Medio	22	0,7	5 a	6	0,8	2,3 b	28	0,9	5,3 a
Bajo	12	0,7	3,4 a	8,5	0,8	2,5 b	13	0,8	4,3 a

Promedios seguidos por letras distintas difieren significativamente, Tukey (0,05).

Tabla 5. Parasitismo de *C. stephanoderis* (%), en frutos cosechados antes de iniciar el proceso de beneficio, durante la cosecha principal de 1996 y la travesía de 1997

T/tos	Cosecha principal de 1996			Cosecha travesía de 1997		
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Marzo	Abril	Mayo
2	7,5	2	5,3	1,3	1,5	0,6
3	-	-	2,5	1,5	0,5	0,5
4	7,3	7,3	5,5	1,3	0,5	0,6

no presentaron ningún efecto sobre los estados biológicos de la plaga en los meses siguientes, es decir, que las variaciones presentadas en los análisis de varianzas se debieron al efecto directo de los parasitoides y a las recolecciones oportunas de café cereza.

Para la sumatoria de estados biológicos de *H. hampei*, se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos ($P = 0,0001$). Según las pruebas de Tukey (0,05) en los meses de octubre de 1996 a marzo de 1997 se presentaron cantidades significativamente menores de estados biológicos de *H. hampei* en los

tratamientos con *C. stephanoderis* respecto al tratamiento testigo (Tabla 7).

La eficacia de *C. stephanoderis* en el control de la plaga fue en promedio de $44,4\% \pm 19,4$; $36,1\%$ 30 y $29,4\% \pm 23$ para los tratamientos 4, 3 y 2, respectivamente. Se observó una reducción significativa de la población de la broca por parte del parasitoide. Esta reducción se atribuye al efecto parasítico y depredador que presenta el parasitoide sobre la plaga.

Liberaciones de *C. stephanoderis* en Centroamérica lograron reducir las poblaciones de

la broca fundadora en 53% y la eliminación de las poblaciones de la plaga por parasitismo y depredación fue del 45%, (Dufour *et al.* 1995). Otras investigaciones realizadas en condiciones diferentes y por diferentes autores coinciden en afirmar que liberaciones de *C. stephanoderis* ocasionan una disminución de las poblaciones de *H. hampei*, gracias a su doble acción "parasítica y depredadora" (Hulshof 1989; Benavides *et al.* 1994; Barre-ra 1994; Aristizábal 1995; Aristizábal *et al.* 1997b).

A pesar de no haber sido posible evaluar las poblaciones de *H. hampei* y de *C. stephanoderis* en los frutos del suelo, investigaciones de varios autores han demostrado evidencias de parasitismo y reducciones de la plaga en dichos frutos (Delgado y Sotomayor 1990; Ramírez 1992; Aristizábal 1995). Por lo tanto, se podría pensar que al hacer liberaciones de las avispas antes de iniciar las cosechas, se aumentarían las posibilidades de reducir las poblaciones de la plaga en los frutos infestados caídos al suelo, durante las recolecciones, debido a que varios de estos frutos estarían parasitados previamente (Bustillo *et al.* 1998).

Según lo anterior y de acuerdo con los resultados encontrados, las épocas adecuadas para realizar las liberaciones de *C. stephanoderis* serían al finalizar las cosechas principal y travesía, y al inicio de éstas, estableciendo así cuatro épocas de liberación en el año. Se recomienda hacer las liberaciones por focos, con el propósito de aumentar la eficiencia de los parasitoides en la reducción de las poblaciones de broca y para hacer uso más racional de este recurso biológico.

Conclusiones

- El parasitoide *C. stephanoderis* se evidenció en todos los lotes en los cuales se realizaron las liberaciones. Se observaron los mayores parasitismos en los primeros cinco meses después de la liberación, entre 3 a 28 %, meses en los cuales los niveles de infestación de *H. hampei* permanecieron bajos y estables.
- Las recolecciones oportunas de frutos maduros y las liberaciones de *C. stephanoderis*, en épocas bien definida respecto a la distribución de las cosechas, regulan las poblaciones de *H. hampei*, manteniendo los niveles de infestación inferiores a 5%; se obtuvo adicionalmente café pergamino seco tipo "Federación", para ambas cosechas.
- Se encontró una reducción de las poblaciones de *H. hampei* entre 29 a 44% como consecuencia de la doble acción de *C. stephanoderis* (parasítica y depredadora) y se observó un incremento en la ausencia de adultos de *H. hampei* entre 23 a 64% en los lotes con liberaciones de avispa.

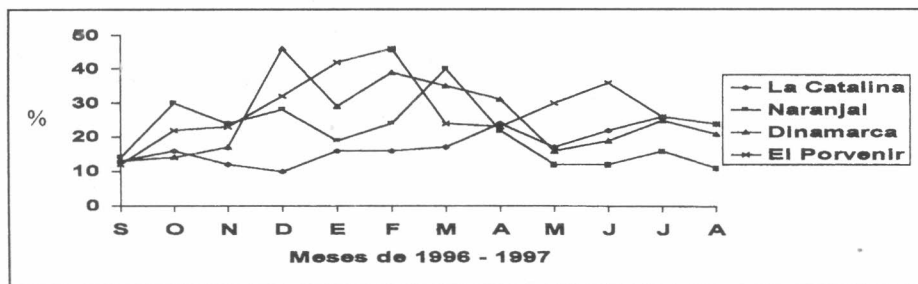


Figura 4. Ausencia de adultos *H. hampei* en frutos infestados

Tabla 6. Niveles de infestación de *H. hampei* (%), en el café pergamino seco, durante los pases de la cosecha principal de 1996 y la cosecha travesía de 1997

T/tos	Cosecha principal de 1996			Cosecha travesía de 1997		
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Marzo	Abril	Mayo
1	3,34 a	3,63 a	3,82 a	16, 14 a	22,2 a	26,09 a
2	0,81 b	0,78 b	1,14 b	2,57 b	4,14 b	6,13 b
3	0,68 b	0,3 b	0,9 b	0,15 b	0,24 c	1,32 c
4	0,32 b	0,4 b	0,3 c	0,54 b	0,54 c	1,09 c

Promedios seguidos por distintas letras difieren significativamente, Tukey (0,05).

Tabla 7. Número promedio de estados biológicos de *H. hampei* durante septiembre de 1996 y agosto de 1997

T/to.	Número promedio de estados biológicos de <i>H. hampei</i> , meses de 1996 y 1997											
	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A
1	11 a	13 a	14 a	11 a	9 b	12 a	12 a	5 b	8 b	6 b	5 b	9 b
2	7 b	5 c	10 b	4 b	13 a	9 b	6 c	6 b	6 c	7 b	6 b	11 a
3	7 b	8 b	8 c	3 b	2 c	7 c	6 c	7 a	12 a	9 a	10 a	8 b
4	8 b	5 c	9 c	5 b	3 c	2 d	9 b	6 b	6 c	4 c	7 b	6 c

Promedios seguidos por distintas letras difieren significativamente, Tukey (0,05)

- Se observó mayor eficacia del parasitoide en el control de la broca, cuando se realizó la combinación de ambas liberaciones (antes y después de la cosecha). Por consiguiente, se puede implementar el uso de *C. stephanoderis* dentro del programa de manejo integrado de la broca realizando liberaciones antes y después de las cosechas principal y traviesa, para así garantizar mayor eficacia en el control de la plaga.

Bibliografía

- ARISTIZÁBAL A., L. F. 1995. Efecto del parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* (Betrem) (Hymenoptera: Bethyilidae) sobre la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) en condiciones de campo. Manizales (Colombia). Universidad de Caldas, Facultad de Agronomía. 129 p. (Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo).
- ARISTIZÁBAL A., L. F.; BAKER S., P.; OROZCO H., J.; OROZCO G., L. 1996. Determinación de las horas del día convenientes para la liberación del parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* (Betrem) (Hymenoptera: Bethyilidae). Revista Colombiana de Entomología 22 (2): 99 - 104.
- ARISTIZÁBAL A., L. F.; BAKER S., P.; OROZCO H., J.; CHAVES C., B. 1997 a. Parasitismo de *Cephalonomia stephanoderis* sobre una población de *Hypothenemus hampei* con niveles bajos de infestación en el campo. Revista Colombiana de Entomología 23 (3 - 4): 157 - 164.
- ARISTIZÁBAL A., L. F.; OROZCO H., J.; BAKER S., B.; BUSTILLO P., A. E.; CHAVES C., B. 1997 b. Efecto depredador del parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* sobre los estados inmaduros de *Hypothenemus hampei* en condiciones de campo. En: Resúmenes XXIV Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología. Pereira, julio 16 al 18. p. 106 - 107.
- ALVARADO C. A.; ZEPEDA R., I.; GONZÁLEZ O.M.; ROSALES V., M. 1992. Evaluación de parasitismo en la broca del fruto del cafeto (*Hypothenemus hampei* ferr.) liberando diferentes niveles de (*Cephalonomia stephanoderis*). En: Simposio Latinoamericano de Caficultura 15. Xalapa, Veracruz, México, julio 21 al 24 de 1992. Memorias.
- BARRERA G., J. F. 1994. Dynamique des populations du scolyte des fruits du caféier *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae), et lutte biologique avec le parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyilidae), au Chiapas, Mexique. Toulouse France, Université Paul - Sabatier Toulouse III, 301 p. (Thèse Doctorat du Entomologie Appliquée).
- BARRERA G., J. F. 1995. Potencialidad del parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* para ser usado en liberaciones inundativas contra la broca del café *Hypothenemus hampei*. En: simposio sobre Caficultura Latinoamericana 17. San Salvador, octubre de 1995. Resúmenes.
- BARRERA J.F.; MOORE D.; ABRAHAM Y.J.; 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 - Pest and Diseases. London. International Institute of Biological Control, p. 391 - 396.
- BENAVIDES M., P.; BUSTILLO P.; A. E.; MONTOYA 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. 1993. El control biológico como un componente en un programa de manejo integrado de la broca del café, *Hypothenemus hampei*, en Colombia. in: En: Memorias del XX Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología. Cali, julio 13 - 16. p. 159 - 164.
- 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. Cenicafé 47 (4): 215 - 230.
- BUSTILLO P. A. E.; CÁRDENAS M. R.; VILLALBA G. D. A.; BENAVIDES M. P.; OROZCO H. J.; POSADA F. F. J. 1998. Manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia. CENICAFÉ, Chinchiná (Colombia), 134 p.
- CAMPOS, O.; CARRILLO E. 1991. La broca del café en Guatemala. En: Reunión Intercontinental sobre broca de café I. Tapachula, Chiapas, México, noviembre 17 al 22 de 1991. p. 58 - 60. Resúmenes.
- CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ, CENICAFÉ. 1990. Manual de capacitación en control biológico. CENICAFÉ - CAB INTERNATIONAL INSTITUTE - ODA. Chinchiná, Caldas, Colombia, 174 p.
- DELGADO R. D.; SOTOMAYOR I. 1990. Algunos resultados sobre la cría, adaptación y colonización de los entomófagos *Prorops nasuta* Waterston y *Cephalonomia stephanoderis* Betrem en la regulación de poblaciones de *H. hampei* en el Ecuador. En: SEMINARIO sobre la broca del cafeto. Medellín, mayo 21 de 1990. Medellín, Sociedad Colombiana de Entomología - SOCOLEN. p. 58 - 95. (Miscelánea No. 18).
- DUFOUR B.; CALDERON S.; BERNADETTE L.; ARAGÓN F. 1995. Control biológico de la broca del cafeto con *Cephalonomia stephanoderis* Betrem, eficacia en período de post - cosecha en función de la cantidad relativa liberada. En: Simposio sobre Caficultura Latinoamericana 17. San Salvador, octubre de 1995. Resúmenes.
- DUFOUR B.; CALDERON S.; BERNADETTE L.; ARAGÓN F. 1997. Lutte biologique contre le scolyte des baies du caféier en période de post récolte: méthodes d'évaluation. Plantations, recherche, développement 4 (2): 115 - 125.
- HULSHOF, M. 1989. *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyilidae) parasitoid of the coffee-berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) field trials on the life cycle and parasitism. Centro de Investigaciones ecológicas del sureste Tapachula, Chiapas, México. 55p.
- OROZCO H., J. ; ARISTIZÁBAL A., L. F. 1996. Parasitoides de origen africano para el control de la broca del café. Cenicafé, Chinchiná. Avances Técnicos No. 223, enero de 1996.
- RAMIREZ D. J. F. 1992. Parasitismo de *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Hymenoptera: Bethyilidae) sobre la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) en una finca cafetalera del Soconuco, Chiapas, México. Tuxtla, Gutierrez, Chiapas, México. Instituto de Ciencias y Artes de Chiapas. Escuela de Biología. 85 p. (Trabajo de Grado Licenciado en Biología).
- SALAZAR E., H. M. 1998. Efecto de las liberaciones inundativas de *Cephalonomia stephanoderis* Betrem para el control de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari), en fincas comerciales. Manizales, Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 55 p. (Trabajo de Ingeniero Agrónomo).
- SALAZAR E., H. M. ; BAKER S., P.; CHAVES C., B. 1997. Efecto de las liberaciones inundativas de *Cephalonomia stephanoderis* para el control de la broca del café, en fincas comerciales. En: Resúmenes XXIV Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología. Pereira, julio 16 al 18. p. 25.