

ESTABLECIMIENTO DE LOS PARASITOIDES DE ORIGEN AFRICANO DE LA BROCA DEL CAFÉ EN LA ZONA CAFETERA DEL NORTE DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO*

Ruth Morales P.¹, Tito Bacca² y Alberto Soto G.³

Resumen

Para el control de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae), durante los años 1999 y 2000 se realizaron liberaciones de los parasitoides de origen africano *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyilidae) y *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyilidae) en fincas cafeteras del norte del departamento de Nariño, en los municipios de La Unión, Buesaco y San José de Albán. Con el fin de evaluar el establecimiento de estos parasitoides después de 8 años de su liberación, en cada una de las 15 fincas se estimó el nivel de infestación de broca y las prácticas de manejo de cultivo realizadas por los caficultores, así como la presencia de los parasitoides liberados, y los porcentajes de parasitismo. Estas evaluaciones se adelantaron durante la cosecha principal del año 2007. Para el análisis de la información se realizó un análisis de correspondencia múltiple y un análisis descriptivo. El parasitoide *P. nasuta*, fue encontrado en el 80% de las fincas evaluadas, con parasitismos entre 0,2 y 11,6%, en rango altitudinal entre 1101-1879 msnm, evidenciando su establecimiento en la principal región cafetera de Nariño. El parasitoide *C. stephanoderis* no fue encontrado en ningún municipio evaluado. Además se encontró dispersión de la avispa a fincas vecinas hasta en 2,4 km. Entre los posibles factores que favorecieron el establecimiento de *P. nasuta* en el norte de Nariño están los altos porcentajes de infestación de broca y el uso de sombrío en los cafetales.

Palabras clave: *Hypothenemus hampei*, *Prorops nasuta*, *Cephalonomia stephanoderis*, control biológico.

ESTABLISHMENT OF AFRICAN PARASITOIDS OF THE COFFEE BERRY BORER IN THE NORTHERN COFFEE REGION IN THE DEPARTMENT OF NARIÑO

Abstract

To control the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) during 1999 and 2000, parasitoids of African origin *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyilidae) and *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyilidae) were released in coffee farms in the northern region in the department of Nariño in La Unión, Buesaco and San José de Albán municipalities. In order to evaluate the establishment of these parasitoids after 8 years of their release, the level of infestation of the coffee berry borer and the practice management of cultivation by farmers in each farm was estimated, as well as, the presence of released parasitoids and the percentage of parasitism. These evaluations were carried out during the main harvest of the year 2007. For the analysis of information, a multiple correspondence analysis and a descriptive analysis were performed. The *P. nasuta* parasitoid, was found

* FR: 19-VIII-2011. FA: 19-X-2011.

¹ Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Torobajo, Pasto. E-mail: ruth.morales.p@gmail.com

² Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Torobajo, Pasto. E-mail: titobacca@gmail.com

³ Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas, Calle 65 No. 26-10, Manizales, Caldas, Colombia. E-mail: alberto.soto@ucaldas.edu.co

in 80% of the farms evaluated with parasitism between 0.2 and 11.6%, in altitudinal range between 1101 to 1879 meters above sea level, demonstrating its establishment in the main coffee growing region of Nariño. The *C. stephanoderis* parasitoid was not found in any of the municipalities evaluated. In addition, wasp dispersal to the neighboring farms up to 2.4 km away was found. Among the factors which favored the establishment of *P. nasuta* in northern Nariño are high percentages of infestation of coffee berry borer and the use of shade in the coffee plantations.

Key words: *Hypothenemus hampei*, *Prorops nasuta*, *Cephalonomia stephanoderis*, biological control.

INTRODUCCIÓN

Según la ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL CAFÉ -ICO- (2010), Colombia es el cuarto productor de café con el 7,1% de la producción mundial, después de Brasil, Vietnam e Indonesia, cuyos aportes son de 32,9, 15 y 9,49%, respectivamente. El cultivo del café tiene gran importancia en el país debido a que representa el 12% del PIB agropecuario (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, 2006; FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS, 2007).

El problema fitosanitario de mayor importancia en el cultivo del café en el mundo y en Colombia es la broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), siendo una de las plagas más difíciles de manejar, debido a que este insecto perfora el fruto y se reproduce dentro del endospermo dificultando su control. Esta plaga afecta directamente el grano, reduce el rendimiento y demerita su calidad (DAMON, 2000; BUSTILLO, 2006; JARAMILLO *et al.*, 2006).

En Colombia se implementó un programa de manejo integrado de la broca del café (MIB), haciendo uso del control biológico clásico, mediante la introducción de tres especies de parasitoides de origen africano a través de una cuarentena en Inglaterra. Estos fueron *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyridae), *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyridae) y *Phymastichus coffea* (Hymenoptera: Eulophidae) (BUSTILLO, 2006). Los primeros estudios sobre cría y efectos de los dos primeros parasitoides sobre la broca del café, se realizaron en Nariño desde 1989 (BENAVIDES & PORTILLA, 1990); en estas investigaciones se dio inicio a las técnicas de cría de los parasitoides en Colombia (PORTILLA & BUSTILLO, 1995). Entre 1995 y 1999, fueron producidos masivamente estos parasitoides y se liberó un total de 1.600 millones de avispas en todos los ecosistemas cafeteros colombianos infestados con broca (BUSTILLO, 2006). En la zona cafetera del departamento de Nariño fueron liberadas aproximadamente 11 millones de *C. stephanoderis* y 600.000 de *P. nasuta* (MALDONADO & BENAVIDES, 2007; P. BENAVIDES, com. pers.).

Después de estas liberaciones, PORTILLA & BUSTILLO (1995) evidenciaron el éxito de la introducción y establecimiento de *C. stephanoderis* y *P. nasuta* en el suroccidente de Nariño. Posteriormente, QUINTERO *et al.* (1998) registraron la presencia de los dos parasitoides en la misma región de Colombia, encontrando a *P. nasuta* en mayor proporción que *C. stephanoderis* a pesar de haber sido liberado en menor cantidad. MALDONADO (2007) evaluó el establecimiento de estos parasitoides de la broca del café en 17 municipios localizados en los departamentos de Nariño, Quindío, Risaralda, Caldas y Norte de Santander, encontrando únicamente a *P. nasuta* en el 65% de los lugares muestreados. Estos resultados muestran las ventajas adaptativas

y de superioridad en la capacidad de establecimiento de *P. nasuta* frente a *C. stephanoderis* (QUINTERO *et al.*, 1998; MALDONADO, 2007).

A nivel mundial *P. nasuta* y *C. stephanoderis* están establecidos en Brasil (TOLEDO *et al.*, 1947; VERA, 2004; DE SOUZA *et al.*, 2006), Ecuador (MENDOZA & QUIJIJE, 2005), en Honduras y en México solo *P. nasuta* (BARRERA, 2005). En otros países como Indonesia, Sri Lanka, Perú, la introducción de estos parasitoides fue un fracaso (CIBC, 1990).

Entre los años de 1999 y 2000 se realizó una liberación de estos parasitoides en la zona cafetera del norte del departamento de Nariño, por los funcionarios del convenio entre el INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO –ICA– (2000) y la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia –FEDERACAFÉ–; en esta ocasión se liberaron aproximadamente 34.900 adultos de *P. nasuta* y 640.000 adultos de *C. stephanoderis*. Con base en estas liberaciones realizadas en el norte de Nariño, se plantearon los siguientes objetivos: evaluar el establecimiento de los parasitoides *P. nasuta* y *C. stephanoderis* en la zona cafetera de Nariño y determinar algunas prácticas agrícolas que posiblemente afectaron el establecimiento de estos parasitoides.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó en los municipios de La Unión, Buesaco y San José de Albán, localizados al norte del departamento de Nariño, Colombia, durante la cosecha principal de café del año 2007 en los meses de marzo a julio. Los lugares evaluados correspondieron a los mismos sitios donde los funcionarios del convenio ICA-FEDERACAFÉ realizaron las liberaciones de *P. nasuta* y de *C. stephanoderis* entre los años 1999 y 2000 (Tabla 1) (ICA, 2000).

En cada una de estas fincas se determinó el porcentaje de parasitismo. Para esto se tomó una muestra de 500 frutos brocados de las ramas del árbol con preferencia de los frutos maduros, sobremaduros y secos, frutos donde existe mayor posibilidad de encontrar los parasitoides de la broca del café. En los cafetales vecinos donde no se liberaron los parasitoides, se recolectaron 30 frutos brocados por lote en la dirección norte, sur, oriente, occidente del lugar de la liberación. Cada lugar muestreado se georreferenció utilizando un GPS y con base en las coordenadas se determinó la distancia desde el punto de liberación hasta el punto muestreado. Los frutos colectados se individualizaron en recipientes plásticos y se sometieron a un proceso de desinfección y deshidratación con la aplicación del fungicida tiabendazol y la utilización de un ventilador, respectivamente, para evitar contaminaciones por hongos del ambiente.

Posteriormente, los frutos se llevaron al Laboratorio de Entomología de la Universidad de Nariño, donde se disecaron y se observaron con la ayuda de un estereoscopio para determinar la presencia o ausencia de adultos de *P. nasuta* y *C. stephanoderis*, y de prepupas y pupas de *H. hampei* parasitadas. El nivel de parasitismo para cada localidad se determinó teniendo en cuenta la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de parasitismo} = \frac{\text{No. Frutos con presencia de parasitoides}}{\text{No. Frutos brocados totales evaluados}} \times 100$$

Tabla 1. Información básica sobre las liberaciones de *P. nasuta* y *C. stephanoderis* para el control de *H. hampei* en fincas cafeteras de los municipios de La Unión, Buesaco y San José de Albán (Nariño).

Fecha de liberación	Municipio	Vereda	Finca	Altura (msnm)	Adultos de <i>P. nasuta</i> liberados	Adultos de <i>C. stephanoderis</i> liberados	Área finca (ha)	Área liberación (ha)
08/07/99	Albán	El Cebadero	Salamanca	1620	1.295	2.705	3	0,5
		Viña	Miraflores	1560	5.128	94.820	1,5	1,5
			Plan de Viña	1540	3.885	71.115	2	2
08/07/99	Buesaco	San Martín	Guadual	1550	3.108	56.892	5	1,5
		Sumapaz	La Floresta	1780	3.108	56.892	2,5	1,4
09/07/99	La Unión	Ojo de Agua	Cafelina	1450	1.295	23.705	6	0,25
			Paraíso	1400	1.295	23.705	2	2
		El Mayo	La Esperanza	1280	3.108	56.892	10	7
			La Fortuna	1300	777	14.223	6	6
			El Mayo	1300	777	14.223	1	0,5
			El Plan	1300	777	14.223	5	1
		La Caldera	Ojo de Agua	1320	518	9.482	2	1,5
			El Plan	1350	518	9.482	1,5	1,5
16/08/00		La Betulia	Los Naranjos	1580	4.662	85.338	13	2
15/08/00		Alpujarra	El Paraíso	1450	4.662	85.338	18	2

También se estableció el porcentaje de infestación de *H. hampei*. Para realizar esta evaluación se recorrió en zigzag el área de las fincas donde se hizo la liberación, tomando de forma aleatoria un total de 30 árboles/ha y por árbol una rama productiva de la parte media. En cada rama se contabilizó el total de frutos y el número de estos que estaban brocados (BUSTILLO *et al.*, 1998), para determinar el índice de infestación a nivel de árbol y a nivel de lote. Para calcular este índice de infestación se utilizaron las siguientes fórmulas.

$$\text{Infestación de árbol} = \frac{\sum \text{Frutos brocados en la rama}}{\sum \text{Frutos totales en la rama}} \times 100$$

$$\text{Infestación de lote} = \frac{\sum \text{Infestación de árbol}}{\sum \text{Número árboles muestreados en el lote}} \times 100$$

En los cafetales donde se realizaron las liberaciones y en los vecinos, se realizó una entrevista relacionada con el manejo integrado de la broca y algunos aspectos agronómicos del cultivo (Tabla 2). En total se realizaron 45 encuestas, de las cuales 15 correspondieron a las fincas donde se hizo la liberación de los parasitoides y 30 fincas vecinas.

Tabla 2. Variables de las encuestas realizadas a los caficultores del norte de Nariño, donde se liberaron los parasitoides de la broca del café *P. nasuta* y *C. stephanoderis* entre los años 1999 y 2000.

No.	VARIABLE
1	Área total.
2	Altura sobre el nivel del mar.
3	Presencia <i>P. nasuta</i> .
4	% infestación de broca del café.
5	% parasitismo de <i>P. nasuta</i> .
6	% infección de <i>Beauveria bassiana</i> sobre la broca.
7	Área de liberación.
8	No. almendras parasitadas liberadas.
9	Variedad de café.
10	Tipo de sombra utilizada en el cultivo del café.
11	Densidad del cultivo principal.
12	Densidad del sombrío.
13	Fertilizante utilizado.
14	No. y fecha de socas desde el año 1999.
15	No. y fecha de resiembras desde el año 1999.
16	Hizo control cultural.
17	Hizo control químico para broca.
18	Hizo control químico para otra plaga.
19	Hizo control biológico con hongo.
20	Como hizo la liberación de los parasitoides.
21	Utilizó jaulas de exclusión para la cría de parasitoides.
22	Aplicó insecticidas después de la liberación.

Análisis estadístico. Para determinar el porcentaje de parasitismo de *C. stephanoderis* y *P. nasuta*, el número de avispas por fruto e infestación por broca de cada localidad, se utilizó la estadística descriptiva. Con el fin de establecer las relaciones entre el manejo de *H. hampei*, altitud, manejo agronómico del cultivo y establecimiento de los parasitoides de la broca del café (Tabla 2), se hizo un análisis multivariado de correspondencia múltiple (ACM) con la información obtenida tanto en las fincas donde se realizaron las liberaciones como en los cafetales vecinos. Además en el ACM se cruzaron las diferentes variables para conocer el grado de relación existente entre estas, analizando las de mayor importancia que presentaron porcentajes de relación mayores o iguales al 60% y dentro de estas solamente aquellas que mostraron una relación con el establecimiento del parasitoide.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Presencia de los parasitoides. Durante la cosecha principal del año 2007 se encontró únicamente a *P. nasuta* en el 80% de las fincas evaluadas, correspondientes a 12

fincas donde se presentaron parasitismos entre 0,2 y el 11,6% (Tabla 3), con un promedio de 2,39 avispas por fruto. El parasitoide *C. stephanoderis* no se encontró en ninguna de las fincas evaluadas.

Tabla 3. Porcentaje de parasitismo de *P. nasuta* e infestación de broca en las fincas donde se hizo la liberación de los parasitoides en los municipios de La Unión, Buesaco y San José de Albán, y altura sobre el nivel del mar de las fincas.

Municipio	Finca	Altura (msnm)	% Infestación	% Parasitismo
La Unión	Los Naranjos	1506	17,11	1,80
La Unión	El Paraíso	1481	3,92	0,00
La Unión	El Plan	1469	7,02	2,60
La Unión	Paraíso	1464	29,13	1,60
La Unión	El Plan	1407	5,99	1,20
La Unión	Cafelina	1362	16,18	1,60
La Unión	Ojo de Agua	1351	6,95	0,00
La Unión	El Mayo	1164	59,80	0,40
La Unión	La Esperanza	1103	4,88	0,20
La Unión	La Fortuna	1101	20,10	2,80
Albán	La Floresta	1705	39,69	11,60
Albán	Plan de Viña	1570	10,21	0,20
Albán	Guadual	1535	13,10	0,00
Buesaco	Salamanca	1630	33,99	0,20
Buesaco	Miraflores	1560	27,03	0,20

La biología de estos dos parasitoides es muy similar, lo que sugiere que estos podrían ocupar los mismos nichos debido a que ambos insectos son capaces de parasitar el último instar larval y las pupas de *H. hampei* requieren un rango de temperatura similar para su desarrollo, son depredadores de todos los estados biológicos de la broca del café y pasan todo su ciclo de vida dentro de los frutos de café infestados por la broca del café (KLEIN-KOCH *et al.*, 1988; BARRERA *et al.*, 1989; ABRAHAM *et al.*, 1990; MURPHY & MOORE, 1990; MURPHY & RANGI, 1991). Por lo tanto, al ser biológicamente similares es de esperarse que las dos especies se hubieran establecido en el norte de Nariño. Sin embargo, estos resultados indican que *P. nasuta* tiene mejor adaptación a las condiciones de la zona.

A pesar de que *C. stephanoderis* se liberó 17 veces más en cantidad que *P. nasuta*, solamente *P. nasuta* se estableció en el norte de Nariño. La competencia interespecífica entre los dos betilidos, posiblemente condujo a la regulación estable del tamaño de la población dentro los límites impuestos por el medio ambiente, que llevaron a la extinción de *C. stephanoderis* (RICKLEFS, 1990). Además, si la competencia interespecífica ocurre entre organismos que tengan mayor relación taxonómica, esta será más intensa como es el caso de los parasitoides estudiados (RICKLEFS, 1990).

En cuanto a los resultados obtenidos en fincas vecinas, se pudo observar que en 9 fincas evaluadas (30%) se encontró a *P. nasuta*, lo cual evidencia la dispersión de este parasitoide, encontrándose parasitismos entre 3,3 y 13,3% (Tabla 4) con un promedio de 1,4 avispas por fruto. A pesar de que *P. nasuta* se encontró 8 años después de su liberación, se resalta lo recomendado por MALDONADO (2007), que indica que se deben realizar investigaciones para evaluar la efectividad del parasitoide *P. nasuta* como controlador biológico de la broca de café, porque aunque se evidencie el establecimiento del parasitoide, es necesario conocer su efectividad como biocontrolador.

Tabla 4. Porcentajes de parasitismo de *P. nasuta*, altura sobre el nivel del mar y evaluación de la dispersión en las fincas vecinas donde no se liberaron los parasitoides, en los municipios de La Unión, Buesaco y San José de Albán.

Municipio	Vereda	Altura (msnm)	% Parasitismo	Distancia a punto de liberación (km)
La Unión	La Betulia	1683	3,33	1,39
	Alpujarra	1450	3,33	0,89
	La Caldera	1374	3,33	0,54
	El Mayo	1222	3,33	0,97
	El Mayo	1110	6,66	0,88
Buesaco	Sumapaz	1879	6,66	0,82
	Igai	1676	13,33	2,43
	San Martín	1605	3,33	0,79
Albán	El Cebadero	1560	3,33	0,149

Como resultado de esta investigación se concluye que se deben realizar evaluaciones del establecimiento de los parasitoides durante más de una cosecha, con el fin de conocer las fluctuaciones poblacionales del parasitoide *P. nasuta*. Una vez conocida la efectividad de los parasitoides contra la broca del café, se recomienda establecer laboratorios de cría de estos enemigos naturales en el norte del departamento de Nariño, con el propósito de mantener y aumentar las poblaciones del parasitoide en la zona.

INFANTE *et al.* (2003) reportaron que algunos artrópodos nativos estaban predando a *P. nasuta* en plantaciones de Chiapas en México. Este hecho pudo afectar el establecimiento de *P. nasuta* en dicho país. Algunas especies de hormigas y arañas depredadoras de *P. nasuta* se encontraron en plantaciones de café en Chiapas (México) como: *Pseudomyrmex* sp., *Azteca* sp., *Tapinoma* sp., *Uluborus* nr *campestratus*, *Cyclosa caroli*, *Dolichognatha* sp., *Leucauge* sp., *Theridion* nr *nudum* y *Chrysso cambridgei*. Esta misma situación se pudo presentar en la región cafetera del departamento de Nariño, donde se encontraron bajos porcentajes de parasitismo por *P. nasuta*. En la finca La Cueva del municipio de La Unión, vereda La Caldera,

fue encontrada la hormiga *Crematogaster* sp. en un 1,2% de los frutos analizados, depredando los estados inmaduros de la broca y posiblemente estados parasitados; por lo tanto, esto puede estar afectando los niveles de parasitismo en la broca del café. Esta hormiga ya fue reportada como depredador de *H. hampei* por VERA *et al.* (2007).

INFANTE *et al.* (2001a) evaluaron la posible competencia entre *C. stephanoderis* y *P. nasuta*, observando que a 18°C tiene mayor éxito la multiplicación de *P. nasuta* y a una temperatura promedio de 29°C se beneficia a *C. stephanoderis*. Esta puede ser una de las principales razones por la cual *P. nasuta* se estableció en la zona cafetera de mayor importancia en Nariño, debido a que la temperatura promedio de esta región es 19,8°C (CENICAFÉ, 2006).

El CIBC (1990) reporta que *P. nasuta* no se pudo establecer después de ser llevado a Indonesia (1923-1935), Sri Lanka (1938) y Perú (1963-1964), solamente se estableció en Brasil después de haber sido introducido en el año 1929.

La introducción de *C. stephanoderis* ha tenido mayor éxito en el establecimiento en países como Ecuador (CIBC, 1990), México (BARRERA, 2005), Guatemala (BARRERA, 2005), El Salvador (VEGA, 1994). En África *C. stephanoderis* es más eficiente para el control biológico de la broca del café, registrando mortalidades de broca en campo entre 35 y 45% en Togo (BORBÓN, 1991; LACHAUD *et al.*, 2002).

Contrariamente a la literatura internacional, esta investigación muestra el establecimiento de *P. nasuta* y no del parasitoide *C. stephanoderis*, corroborando las ventajas adaptativas y de superioridad en la capacidad de establecimiento de *P. nasuta* en Colombia (QUINTERO *et al.*, 1998; MALDONADO, 2007).

Según MALDONADO (2007), en Colombia se ha observado una mejor capacidad de establecimiento de *P. nasuta*, a pesar que existen evidencias de que la relación del número de avispas de *C. stephanoderis* liberadas en campo la favoreció. En las fincas donde se hizo la liberación de los parasitoides, se encontró un promedio de infestación de broca de 19,6% (3,9 y 59,8%) considerados como muy altos (Tabla 3). Estos resultados se deben principalmente porque en algunas fincas no realizan control de la plaga y en otras no se hace en forma adecuada y oportuna. El parasitoide *P. nasuta* se encontró en un amplio rango altitudinal, de 1101 a 1879 msnm, mostrando similitud con los resultados obtenidos por MALDONADO (2007), quien evaluó 62 veredas de 17 municipios colombianos y encontró a *P. nasuta* en un rango altitudinal entre los 1150 y 1840 msnm.

De acuerdo con los resultados obtenidos en las fincas vecinas evaluadas, se encontró que el parasitoide se pudo dispersar a una distancia máxima de 2,4 km en el municipio de Buesaco y a 1,3 km en el municipio de La Unión (Tabla 4). Esto evidencia que la avispa *P. nasuta* se estableció en cafetales vecinos a las fincas donde se realizó la liberación.

Análisis de agrupamiento de las fincas donde se realizaron las liberaciones. Los grupos obtenidos mediante el análisis de clasificación, corresponden a cuatro grupos de fincas con características similares con respecto a la altura y variables referentes al porcentaje de infestación por broca, porcentaje de parasitismo, manejo de la broca y manejo agronómico del cultivo (Figura 1).

Grupo 1. Representa el 33,3% de las 15 fincas en donde se hizo la liberación de los parasitoides. De estas fincas, el 83,3% se encuentran ubicadas entre 1251 y 1500 msnm; el 83,3 % fertilizan con urea y con el fertilizante 17-6-18-2; el 62,5% no realizan ningún control químico para broca; el 55,5% han soqueado una vez desde 1999; el 55,5% no aplicó insecticida después de la liberación de los parasitoides; en el 75% de las fincas se liberó la mayor cantidad de almendras parasitadas (≥ 15.000); el 100% presenta sombrío de cítricos, plátano y banano, y el 100% de estas fincas presentaron una infestación entre el 30 y el 45%, en este grupo también se presentaron las fincas con los mayores valores de parasitismo.

Según BEER *et al.* (1998), el sombrío en el cafetal produce un microclima que aumenta la humedad relativa y mejora las condiciones para el desarrollo de la broca que posiblemente facilita el establecimiento del parasitoide.

Grupo 2. Representa el 20% de las 15 fincas donde se hizo la liberación de los parasitoides. De estas fincas, el 100% no presentan presencia de *P. nasuta*. En el 50% aplicaron insecticidas (endosulfan, clorpirifos) después de la liberación; el 42,8% realiza un control químico para broca; el 66,6% realiza control químico para otra plaga; el 45,8% tienen la infestación más baja encontrada (0,1-15%) y el 66,6% están bajo sombrío con guamo, cítricos, plátano y banano.

Los resultados de este grupo muestran que el uso de insecticidas en el control de la broca, así como de otras plagas, pudo haber afectado el establecimiento de *P. nasuta* en las fincas pertenecientes a este grupo, además redujo el porcentaje de infestación de broca (0,1-15%). También es importante anotar que es posible que las aspersiones de insecticidas se realizaron cercanas a la fecha de la liberación de los parasitoides, causando así la mortalidad de estos. Al respecto, el CIBC (1990) menciona que una de las limitantes para el establecimiento y acción de los enemigos naturales sobre su hospedero es la forma inadecuada de la aplicación de insecticidas. En cuanto a la compatibilidad entre el control químico y la liberaciones de *P. nasuta*, la aplicación de insecticidas se debe realizar cuando hayan transcurrido como mínimo 30 días después de la liberación de los parasitoides; cuando los insecticidas se asperjan primero, se debe esperar 21 días para la liberación de estos (BUSTILLO, 2006; MEJÍA *et al.*, 2000).

Grupo 3. Representan el 13,3% de las 15 fincas donde se hizo la liberación de los parasitoides, de las cuales en el 66,6% se liberaron entre 25.000-50.000 avispas de las dos especies y el 40% presentaron infestaciones de broca entre 15-30% durante la cosecha principal del año de 2007.

BUSTILLO *et al.* (1998) consideran que para tener un impacto en la introducción de las avispas se debe liberar un promedio de 50.000 avispas por predio, dirigido directamente a lotes con la plaga, por lo tanto, se puede observar en los grupos 3 y 4 que el número de avispas liberadas fue bajo con relación al recomendado.

Grupo 4. Representan el 33,3% de las 15 fincas donde se hizo la liberación de los parasitoides, de las cuales el 80% soquearon dos veces desde el año 1999 y en estas fincas se liberaron menos de 25.000 avispas; el 100% se encontró a menos de 1250 msnm y el 75% no aplican el hongo *Beauveria bassiana*.

La presencia de *B. bassiana* no presentó ninguna relación con la presencia del parasitoide ni con el parasitismo encontrado, resultados que coinciden con los obtenidos por QUINTERO *et al.* (1998), DE LA ROSA *et al.* (2000) y MEJÍA *et al.* (2000), donde manifiestan la posibilidad de la compatibilidad de estos dos agentes de control biológico.

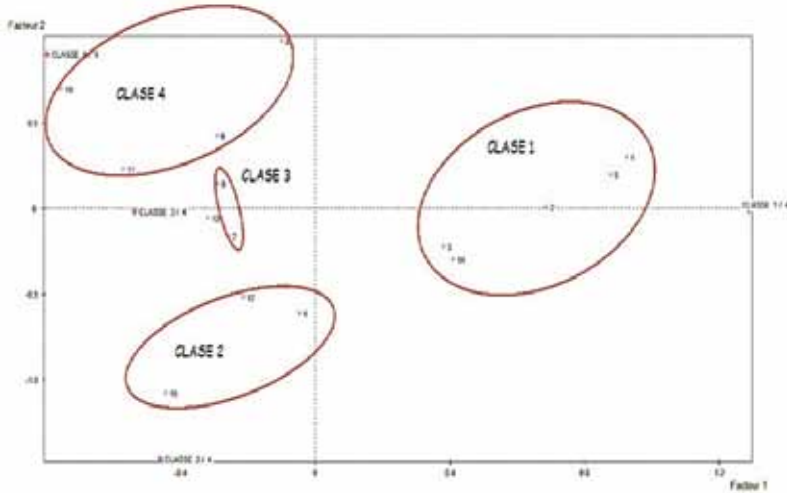


Figura 1. Clasificación de las fincas donde se realizaron las liberaciones entre los años 1999 y 2000.

Análisis de agrupamiento de las fincas vecinas en donde no se realizaron liberaciones, pero fue encontrado *P. nasuta*. Los grupos obtenidos se formaron por la relación existente entre las fincas. De esta conformación de grupos se pueden destacar dos grupos, los cuales muestran una relación directa con la presencia del parasitoide (Figura 2).

Grupo 1. Conformado por 23 fincas que representan el 76,6% de las 30 fincas vecinas evaluadas, el 95,24% de este grupo había soqueado una vez desde el año 1999; el 88,4% realizan control cultural para broca; el 90,91% realizan resiembra; el 85,1% fertilizan; el 85,7% no presentan el parasitoide y por lo tanto, no hay parasitismo sobre broca.

Este grupo muestra que hay mayor infestación de broca en cafetales envejecidos, es decir que la práctica de soqueo y resiembra pudo afectar el establecimiento del parasitoide en estos lotes, como también pudo beneficiar la dispersión de este a lotes vecinos. Esto se puede explicar porque en los cafetales donde se hace la renovación, permanecen por largos periodos sin frutos disponibles para la broca del café y por tanto sin hospederos para los parasitoides, afectando así el establecimiento de las avispas en estos cafetales.

Grupo 2. Representa el 6,6% de las 30 fincas vecinas evaluadas, de las cuales el 25% cultivan la variedad caturra sin resiembra; el 22,2% tienen presencia de *P. nasuta*

y además todas las fincas pertenecientes a este grupo presentaron parasitismo sobre broca de 6,1 a 12%.

Este grupo muestra la presencia de *P. nasuta* en fincas sembradas con la variedad caturra. ALVARADO & MORENO (1999) discuten que la siembra de la variedad Colombia además de evitar el control de la roya, presenta ventajas en relación con la broca, especialmente porque permite un mejor establecimiento del hongo *B. bassiana*. Además, sus frutos permanecen más tiempo en los árboles permitiendo que los pases de cosecha se hagan antes de que los frutos infestados por broca caigan al suelo. Por lo tanto, contrariamente en la variedad caturra existen posibilidades de tener más población de broca y por lo mismo, mayor presencia de parasitoides. Estos resultados también pueden ser explicados con los obtenidos por ÁLVAREZ *et al.* (2002), donde mostraron que la variedad caturra presentó mayor susceptibilidad a la broca del café con relación a varias introducciones de *C. arabica*.

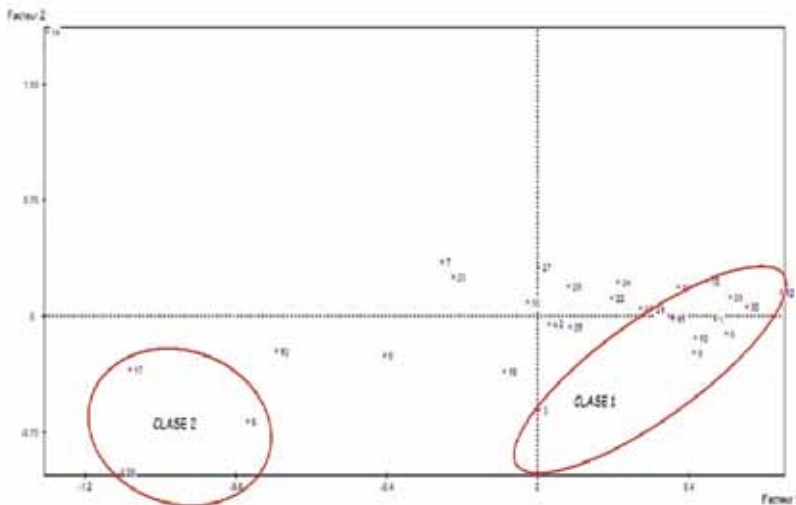


Figura 2. Clasificación de las fincas vecinas donde no se realizaron liberaciones.

El establecimiento o colonización de enemigos naturales es un periodo crítico del control biológico clásico, porque sin esto no hay posibilidades de dispersión y consecuentemente no habría impacto (INFANTE *et al.*, 2001b). El éxito de la colonización y su efectividad en el control de la plaga, depende de la interacción de las especies entre factores físicos y biológicos (VAN DRIESCHE *et al.*, 2007). Con respecto al establecimiento de enemigos naturales a nivel mundial, se conoce que de 4.769 introducciones de predadores y parasitoides hasta 1990, solamente 1.445 (30,3%) se han establecido en los lugares donde fueron liberados como agentes de control biológico (GREATHEAD & GREATHEAD, 1992). Entre las causas más importantes que limitan el establecimiento de los enemigos naturales, se encuentran las condiciones climáticas, la baja capacidad de búsqueda, la interferencia de prácticas químicas y culturales, liberar un número inadecuado de individuos, la sincronización con la plaga y la interferencia con organismos nativos (HOPPER & ROUSH, 1993).

CONCLUSIONES

Después de 8 años de haberse liberado a *P. nasuta* en fincas de la principal región cafetera de Nariño, se encontró este parasitoide en la mayoría de las fincas evaluadas, evidenciando su establecimiento en un amplio rango altitudinal. Este parasitoide se dispersó hacia algunos lotes vecinos evaluados. Entre los principales factores que favorecieron el establecimiento de *P. nasuta* en el norte de Nariño, se encuentran los altos porcentajes de infestación de la broca y el uso de sombrío en los cafetales. El parasitoide *C. stephanoderis* no se estableció en el norte del departamento de Nariño.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Colombiano Agropecuario -ICA- (División de Sanidad Vegetal) por el suministro de los registros de liberación de los parasitoides de la broca del café en el norte de Nariño; al Comité de Cafeteros del Norte de Nariño - Seccional La Unión, especialmente a los ingenieros agrónomos Henry Castillo y Alejandro Guacas Silvestre por su colaboración en la toma de datos en campo. Los autores agradecen también al Doctor Pablo Benavides de Cenicafé por la revisión de este manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

- ABRAHAM, Y., MOORE, D. & GODWIN, G., 1990.- Rearing and aspects of biology of *Cephalonomia stephanoderis* and *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyilidae) parasitoid of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Bulletin of Entomological Research*, 80: 121-128.
- ÁLVAREZ, J., CORTINA, H. & VILLEGAS, J., 2002.- Método para evaluar Antixenosis a *Hypothenemus hampei* en café, bajo condiciones controladas. *Cenicafé*, 53 (1): 49-59.
- ALVARADO, G. & MORENO G. 1999. ¿Cómo se distribuye anualmente la cosecha de las variedades Caturra y Colombia?. *Cenicafé, Avances técnicos No. 260*, Chinchiná, 4 p.
- BARRERA, J., 2005.- *Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México*. Simposio de la Sociedad Mexicana de Entomología. Tapachula, Chiapas, México. 79p.
- BARRERA, J.F., GÓMEZ, J., INFANTE, F., CASTILLO, A. & DE LA ROSA, W., 1989.- Biologie de *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Hymenoptera: Bethyilidae) en laboratoire. Cycle biologique, capacité d'oviposition et émergence du fruit du caféier. *Café Cacao Thé*, 33: 101-108.
- BEER, J., MUSCHELER, R., KASS, D. & SOMARRIBA, E., 1998.- Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems*, 38: 139-164.
- BENAVIDES, M. & PORTILLA, M., 1990.- Uso del café pergamino para la cría de la broca del café, *Hypothenemus hampei* y de su parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* Betrem en Colombia. *Cenicafé*, 41 (4):114-116.
- BUSTILLO, A., 2006.- Una Revisión de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), en Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 32 (2): 101-116.
- BUSTILLO P., A., CÁRDENAS, R., VILLALBA, D., BENAVIDES, P., OROZCO, J. & POSADA, F., 1998.- *Manejo integrado de la broca del café Hypothenemus hampei (Ferrari) en Colombia*. *Cenicafé*, Chinchiná, Colombia. 134p.
- BORBÓN, O., 1991.- *La broca del fruto del café: programa cooperativo ICAFE-MAG*. San José, Costa Rica. 50p.
- CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ -CENICAFÉ-. 2006.- *Anuario Meteorológico Cafetero. El Niño/La Niña, 2006*. *Cenicafé*, Federación Nacional de Cafeteros.
- COMMONWEALTH INSTITUTE OF BIOLOGICAL CONTROL -CIBC-, 1990.- *Manual de capacitación en control biológico*. Chinchiná, CENICAFÉ-CAB-ODA. 174p.
- DAMON, A., 2000.- A review of the biology and control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Bulletin of Entomological Research*, 90: 453-465.
- DE LA ROSA, W., SEGURA, H., BARRERA, J. & WILLIAMS, T., 2000.- Laboratory evaluation of the impact of entomopathogenic fungi on *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyilidae), a parasitoid of the coffee berry borer. *Environmental Entomology*, 29: 126-131.

- DE SOUZA, M., TEIXEIRA, C., COSTA, V. & COSTA, J.N., 2006.- Ocorrência de *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Hymenoptera: Bethyliidae) em Cafezais da Amazônia Brasileira. *Neotropical Entomology*, 35 (4): 560-562.
- FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA -FEDERACAFÉ-, 2007.- Información económica cafetera: Producción mundial total de café verde. Obtenido en abril de 2008, desde <http://www.cafedecolombia.com/economicacafetera/anexoestadistico2007.html/Cuadro1.html>
- GREATHEAD, D.J. & GREATHEAD, A.H., 1992.- Biological control of insect pests by insect parasitoids and predators: the BIOCAT database. *Biocontrol News Inform*, 13: 61-68.
- HOPPER, K. & ROUSH, R., 1993.- Mate finding, dispersal, number released, and the success of biological control introductions. *Ecological Entomology*, 18: 321-331.
- INFANTE, F., MUMFORD, J., BAKER, P., BARRERA, J. & FOWLER, S., 2001a.- Interspecific competition between *Cephalonomia stephanoderis* and *Prorops nasuta* (Hym., Bethyliidae), parasitoids of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Col., Scolytidae). *Journal Applied Entomology*, 125: 63-70.
- INFANTE, F., MUMFORD, J. & MÉNDEZ, I., 2001b.- Non-recovery of *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyliidae), an imported parasitoid of the coffee berry borer (Coleoptera: Scolytidae) in México. *Southwestern Entomologist*, 26 (2): 159-163.
- INFANTE, F., MUMFORD, J. & GARCÍA, A., 2003.- Predation by native arthropods on the African parasitoids *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyliidae) in coffee plantations of Mexico. *Florida Entomologist*, 1: 86-88.
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO -ICA-, 2000.- Subgerencia de políticas de investigación - División de Sanidad Vegetal, Proyecto protección sanitaria al café. ICA Nariño, Informe interno.
- JARAMILLO, J., BORGEMEISTER, C. & BAKER, P., 2006.- Coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae): searching for sustainable control strategies. *Bulletin of Entomological Research*, 96: 223-224.
- KLEIN-KOCH, C., ESPINOZA, 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*, 3: 5-30.
- LACHAUD, G., HARDY, I. & LACHAUD, J., 2002.- Insect gladiators: Competitive interactions between three species of bethylid wasps attacking the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Biological Control*, 25: 231-238.
- MALDONADO L., C.E., 2007.- Variabilidad genética y evaluación biológica del parasitoide *Prorops nasuta* Waterston en Colombia. Pamplona, Norte de Santander. Tesis de Maestría, Universidad de Pamplona. 70p.
- MALDONADO L., C.E. & BENAVIDES M., P., 2007.- Evaluación del establecimiento de *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta*, controladores de *Hypothenemus hampei*, en Colombia. *Cenicafé*, 58 (4): 333-339.
- MEJÍA, J., BUSTILLO, A., OROZCO, J., CHAVES, B., 2000.- Efecto de cuatro insecticidas y de *Beauveria bassiana* sobre *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyliidae), parasitoide de la broca del café. *Revista Colombiana de Entomología*, 26 (3-4): 117-123.
- MENDOZA, J. & QUIJJE, R., 2005.- Informe de ocho años de investigación en el control biológico de la broca del café en Ecuador. INNIAP, Quevedo, Ecuador.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL., 2006.- Observatorio Agrocadenas. Colombia. Obtenido el 3 de octubre de 2008, desde <http://www.agrocadenas.gov.co>
- MURPHY, S. & MOORE, D., 1990.- Biological control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae), previous programmes and possibilities for the future. *Biocontrol News Information*, 11: 107-117.
- MURPHY, S. & RANGI, D., 1991.- The use of the African wasp *Prorops nasuta* for the control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* in Mexico and Ecuador: the introduction program. *Insect Science its Application*, 12: 27-34.
- ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL CAFÉ -ICO-, 2010.- Total production of exporting countries. Obtenido en abril de 2011, desde http://www.ico.org/new_historical.asp
- PORTILLA, M. & BUSTILLO, A., 1995.- Nuevas investigaciones en la aría masiva de *Hypothenemus hampei* y de sus parasitoides *Cephalonomia stephanoderis* (Betrem) y *Prorops nasuta* (Waterston). *Revista Colombiana de Entomología*, 21 (1): 25-33.
- QUINTERO, C., BUSTILLO, A., BENAVIDES, P. & CHAVES, B., 1998.- Evidencias del establecimiento de *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyliidae) en cafetales del departamento de Nariño, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 24 (3-4): 141-147.
- RICKLEFS, R.E., 1990.- *Ecology*. Freeman and Company, New York. 896p.
- TOLEDO, A., VUGAL, J. & SAUER, H.F.G., 1947.- A broca do café. *O Biológico*, 13 (7): 113-118.
- VERA A, L., 2004.- *Parasitoides da broca do café no Brasil*. Resúmenes. Workshop Internacional manejo da Broca do café. 17p.
- VAN DRIESCHE, R., HODDLE, M. & CENTER, T., 2007.- *Control de Plagas y Malezas por enemigos naturales*. The Forest Health Technology Enterprise Team. 765p.
- VEGA, R., 1994.- Control biológico de la broca del fruto del cafeto mediante el uso de parasitoides de origen Africano en El Salvador. *Memorias IV Taller regional sobre la broca del fruto del cafeto*. IHCAFE, IICA Y PROMECAFE. Tegucigalpa, Honduras.
- VERA M., L.Y., GIL P., Z.N. & BENAVIDES M., P., 2007.- Identificación de enemigos naturales de *Hypothenemus hampei* en la zona cafetera central colombiana. *Cenicafé*, 58 (3): 185-195.