

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

Evaluation of establishment of coffee berry borer African parasitoids in the north of the coffee grower zone of department of Nariño

RUTH MORALES PABÓN¹ y TITO BACCA²

RESUMEN. Para el control de broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae), durante los años 1999 – 2000 se realizaron liberaciones de los parasitoides de origen africano *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethylidae) y *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethylidae) en fincas cafeteras al norte de departamento de Nariño. Con el fin de evaluar el establecimiento de estos parasitoides después de 8 años de su liberación, en cada finca se determinó el porcentaje de parasitismos de *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta*. Además se estimó el nivel de infestación de broca y las prácticas de manejo de cultivo realizadas por los caficultores. 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 - 11,6 %, evidenciando su establecimiento en la principal región cafetera de Nariño. El parasitoide *Cephalonomia 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 factores que favorecieron el establecimiento de *P. nasuta* en el norte de Nariño están: los altos porcentajes de infestación de broca, el uso de sombrío en los cafetales y la no renovación de cafetales en periodos próximos a la liberación del parasitoide.

* Documento presentado a la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño como el requisito parcial para optar el Título de Ingeniero Agrónomo

¹ Estudiante de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Torobajo, Pasto. ruth.morales.p@gmail.com

² Profesor Asistente, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Torobajo, Pasto. titobacca@gmail.com

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

ABSTRACT. To control coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae), during the years 1999 - 2000 were liberated parasitoids of origin African *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyridae) and *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyridae) in coffee farms in northern department of Nariño. In order to evaluate the establishment of these parasitoids after 8 years of their liberation, in each farm was determined the percentage of parasitism *Cephalonomia stephanoderis* and *Prorops nasuta*. In addition, estimated the level of infestation of coffee berry borer and practice management of cultivation by farmers. These evaluations are carried during the harvest principal of the year 2007. For the analysis of the information was realized an analyzed by correspondence multiple and a descriptive analysis. The parasitoid *P. nasuta*, was found in 80% of the properties evaluated, with parasitism from 0,2 – 11,6%, demonstrating its establishment in the main coffee growing region of Narino. The parasitoid *Cephalonomia stephanoderis* was not found in any municipality evaluated. In addition, found a wasp dispersal of the neighboring farms until at 2,4 Km. Among the factors favoring the establishment of *P. nasuta* in northern Nariño are: high percentages of infestation of coffee berry borer, the use of shade in the coffee and non-renewal of coffee plantations in periods close to the release of the parasitoid.

Key words: *Hypothenemus hampei*, *Prorops nasuta*, *Cephalonomia stephanoderis*, Biological Control.

INTRODUCCIÓN

Según la Federación Nacional de Cafeteros (2007), Colombia es el tercer productor de café con el 9,9% de la producción mundial, después de Brasil y Vietnam con 34,6 y 12.6% de la producción mundial respectivamente; el cultivo del café tiene gran importancia en Colombia debido a que representa el 12% del PIB agropecuario (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2005).

Uno de los problemas fitosanitarios de mayor importancia en el cultivo del café en el mundo y en Colombia es la broca *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae), siendo una de las

plagas más difíciles de manejar, debido a que la broca se protege dentro del fruto 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 fue implementado un programa de manejo integrado de plagas para la broca del café, haciendo uso del control biológico clásico, mediante la introducción de tres especies de parasitoides 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; en estas investigaciones se dio inicio a las técnicas de cría de los parasitoides (Portilla y Bustillo, 1995). Durante los años de 1995 a 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 de departamento Nariño fueron liberadas aproximadamente 11 millones de *C. stephanoderis* y 600.000 de *P. nasuta* (P. Benavides, com. pers.).

Después de estas liberaciones, Portilla y 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 liberada 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 superioridad en 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 y Quijije 2005), en Honduras (Barrera, 2005) y en México solo se estableció *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 de convenio entre el Instituto

Colombiano Agropecuario ICA y la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia FEDERACAFÉ; en esta ocasión se liberaron aproximadamente 34.900 adultos de *P. nasuta* y 64.0000 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 *Prorops nasuta* y *Cephalonomia stephanoderis* en la zona cafetera de Nariño y determinar algunas prácticas agrícolas que posiblemente afectan el establecimiento de los mismos.

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, abril, mayo, junio y julio. Los lugares evaluados corresponden a los mismos sitios donde el convenio ICA-FEDERACAFÉ realizó liberaciones de *P. nasuta* y de *C. stephanoderis* entre los años 1999 y 2000 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Informaciones básicas sobre las liberaciones de *Prorops nasuta* y *Cephalonomia stephanoderis* para el control de *Hypothenemus hampei* en fincas cafeteras de los municipios de La Unión, Buesaco y San José de Albán (Nariño).

Fecha de la liberación	Municipio	Vereda	Finca	msnm	No. de adultos de <i>P. nasuta</i> liberados	No. de adultos de <i>C. stephanoderis</i> liberados	Área finca has.	Área liberación has.
08/07/99	Albán	El Cebadero	Salamanca	1.620	1.295	2.705	3	0,5
		Viña	Miraflores	1.560	5.128	94.820	1,5	1,5
			Plan de Viña	1.540	3.885	71.115	2	2
08/07/99	Buesaco	San Martín	Guadual	1.550	3.108	56.892	5	1,5
		Sumapaz	La Floresta	1.780	3.108	56.892	2,5	1,4
09/07/99	La Unión	Ojo de Agua	Cafelina	1.450	1.295	23.705	6	0,25
			Paraíso	1.400	1.295	23.705	2	2
			La Esperanza	1.280	3.108	56.892	10	7
		El Mayo	La Fortuna	1.300	777	14.223	6	6
			El Mayo	1.300	777	14.223	1	0,5
		La Caldera	El Plan	1.300	777	14.223	5	1
			Ojo de Agua	1.320	518	9.482	2	1,5
		El Plan	1.350	518	9.482	1,5	1,5	
16/08/00		La Betulia	Los Naranjos	1.580	4.662	85.338	13	2
15/08/00		Alpujarra	El Paraíso	1.450	4.662	85.338	18	2

En cada una de estas fincas se determinó el porcentaje de parasitismo. Para esto se tomó una muestra de 500 frutos brocados 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 fueron liberados 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 georeferenció utilizando un GPS y con base en las coordenadas se determinó la distancia, desde el punto de liberación hasta el punto muestreado. Los frutos recolectados se individualizaron en recipientes plásticos y se sometieron a un proceso de desinfección y deshidratación con la aplicación del fungicida (Tiabendazol) y 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 *P. nasuta* y/o *C. stephanoderis*, prepupas y/o pupa de *H. hampei* parasitadas. Posteriormente se calculó el nivel de parasitismo para cada localidad, teniendo en cuenta la siguiente fórmula:

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

También se determinó el porcentaje de infestación de *H. hampei*. Para realizar esta evaluación se recorrió en zig - zag el área de las fincas donde se hizo la liberación, tomando un total de 30 árboles/ha y por árbol una rama de la parte productiva; en cada rama se contabilizó el total de frutos y el número de estos que estaban brocados (Bustillo *et al.* 1998), para determinar la infestación a nivel de árbol y a nivel de lote. Para calcular este índice de infestación se utilizó 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 cada uno de los cafetales donde se realizaron las liberaciones y en los cafetales vecinos, se realizó una entrevista al propietario o mayordomo donde se consultaron asuntos relacionados sobre el manejo integrado de la broca y algunos aspectos agronómicos del cultivo (Cuadro 2). En total se realizaron 45 encuestas, de las cuales 15 corresponden a las fincas donde se hizo la liberación de los parasitoides y 30 fincas vecinas. Estas encuestas se realizaron con el objetivo de relacionar los factores que posiblemente pudieron afectar el establecimiento de los parasitoides. En cada finca también se registró la altitud sobre el nivel del mar.

Cuadro 2. Variables evaluadas en la encuesta realizada a los caficultores donde se realizaron las liberaciones de los parasitoides de la broca del café en el norte de Nariño en 1999 – 2000 y utilizadas en el análisis de correspondencia múltiple.

No.	VARIABLE
1	Area 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	Area de liberación
8	No. Almendras parasitadas liberadas
9	Variedad de café
10	Tipo de sombra utilizada en el cultivo del café
11	Densidad de cultivo principal
12	Densidad del sombrío
13	Fertilizante utilizado
16	No y fecha de zocas desde el año 1999
17	No. y fecha de resiembras desde el año 1999
18	Hizo control cultural
19	Hizo control químico para broca
20	Hizo control químico para otra plaga
21	Hizo control biológico con hongo
22	Como hizo la liberación de los parasitoides
23	Utilizó jaulas de exclusión para la cría de parasitoides
24	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. Para determinar si las condiciones de manejo de *H. hampei*, altitud, y manejo agronómico del cultivo afectaron el establecimiento de los parasitoides de la broca del café (Cuadro 2), se hizo un análisis multivariado de correspondencia múltiple (ACM) ($p < 0,01$) de 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 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 2007 se encontró únicamente a *P. nasuta* en el 80% de las fincas evaluadas (Figura 1), correspondientes a 12 fincas donde se presentaron parasitismos entre 0,2 - 11,6 % (Cuadro 3), con un promedio de 2,39 avispas por fruto. El parasitoide *C. stephanoderis* no se encontró en ninguna de las fincas evaluadas.

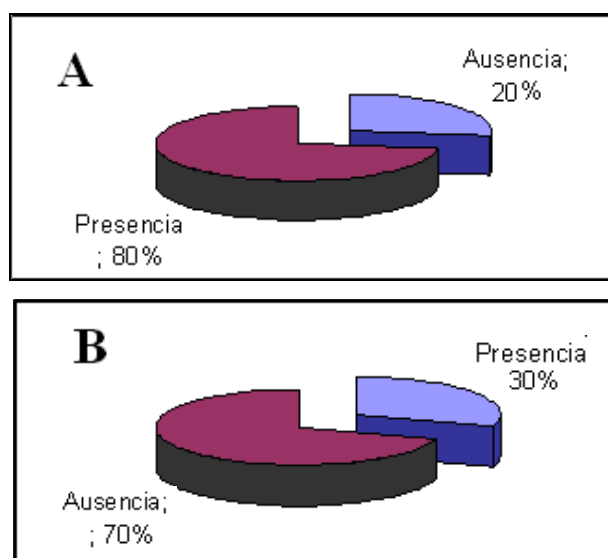


Figura 1. Presencia de *P. nasuta* en 15 Fincas donde se hizo la liberación (A) y fincas vecinas (B) de La Unión, Buesaco y San José de Albán, durante la cosecha principal del año 2007.

Cuadro 3. Infestación de broca y porcentaje de parasitismo de *P. nasuta* de 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 donde se hizo la liberación de los parasitoides.

Municipio	Finca	Altura (msnm)	% de Infestación	% de Parasitismo
La Unión	Los Naranjos	1.506	17,11	1,80
La Unión	El Paraíso	1.481	3,92	0,00
La Unión	El Plan	1.469	7,02	2,60
La Unión	Paraíso	1.464	29,13	1,60
La Unión	El Plan	1.407	5,99	1,20
La Unión	Cafelina	1.362	16,18	1,60
La Unión	Ojo de Agua	1.351	6,95	0,00
La Unión	El Mayo	1.164	59,80	0,40
La Unión	La Esperanza	1.103	4,88	0,20
La Unión	La Fortuna	1.101	20,10	2,80
Albán	La Floresta	1.705	39,69	11,60
Albán	Plan de Viña	1.570	10,21	0,20
Albán	Guadual	1.535	13,10	0,00
Buesaco	Salamanca	1.630	33,99	0,20
Buesaco	Miraflores	1.560	27,03	0,20

La biología de estos dos parasitoides es muy similar y esto sugiere que estos podrían ocupar los mismos nichos por diferentes razones como; ambos 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 cerca de 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 y Moore, 1990; Murphy y Rangí, 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 que *C. stephanoderis* se liberó 17 veces más en cantidad que *P. nasuta*, solamente este último parasitoide se pudo establecer en el norte de Nariño. En cuanto a los resultados obtenidos en fincas vecinas se pudo observar que en 9 fincas evaluadas (30%) de las 30 fincas vecinas se encontró a *P. nasuta*, lo cual evidencia la dispersión de este parasitoide (Figura 1.B), donde se encontraron parasitismo entre 3,3 % y 13,3% (Cuadro 4) con un promedio de 1,4 avispas por fruto. A pesar de encontrar a *P. nasuta* después de ocho años de haberlo liberado se debe resaltar

lo recomendado por Maldonado (2007) que se debe realizar investigaciones de la efectividad del parasitoide *Prorops nasuta* como controlador biológico de broca de café, pues aunque se evidencie el establecimiento del parasitoide, se hace necesario conocer la efectividad de este enemigo natural como biocontrolador.

Cuadro 4. Porcentajes de parasitismo de *P. nasuta* y altura sobre el nivel del mar de las 30 fincas vecinas, donde no se liberaron los parasitoides, en los municipios de La Unión, Buesaco y Albán.

Municipio	Vereda	msnm	% Parasitismo
La Unión	La Betulia	1.700	0,00
	La Betulia	1.683	3,33
	Ojo de Agua	1.497	0,00
	Ojo de Agua	1.488	0,00
	Alpujarra	1.450	3,33
	Alpujarra	1.450	0,00
	Alpujarra	1.449	0,00
	Alpujarra	1.446	0,00
	La Caldera	1.400	0,00
	La Caldera	1.400	0,00
	La Caldera	1.387	0,00
	La Caldera	1.385	0,00
	La Caldera	1.374	3,33
	La Caldera	1.360	0,00
	La Caldera	1.346	0,00
	La Caldera	1.301	0,00
	El Mayo	1.263	0,00
	El Mayo	1.250	0,00
	El Mayo	1.222	3,33
	El Mayo	1.110	6,66
Buesaco	Sumapaz	1.879	6,66
	Kilómetro 50	1.839	0,00
	Igai	1.676	13,33
	San Martín	1.605	3,33
	San Martín	1.604	0,00
Albán	San Martín	1.480	0,00
	El Cebadero	1.694	0,00
	Viña	1.626	0,00
	Viña	1.590	0,00
	El Cebadero	1.560	3,33

Además es necesario realizar evaluaciones del establecimiento en más de una cosecha, para conocer las fluctuaciones poblacionales. Una vez conocida la efectividad contra broca, es posible establecer laboratorios de cría de estos parasitoides en el norte del departamento de Nariño para continuar su liberación, 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 México. Algunas especies de hormigas y arañas depredadoras de *P. nasuta* se encontraron en plantaciones de café en Chiapas, México estos son: *Pseudomyrmex* sp., *Azteca* sp., *Tapinoma* sp., *Uluborus nr campestratus*, *Cyclosa caroli*, *Dolichognatha* sp., *Leucauge* sp., *Theridion nr nudum* y *Chryso 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 y se observó que esta depredando los estados inmaduros de la broca y posiblemente estados parasitados. Esta hormiga 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.* (2001) 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 benefician 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 (Anuario Meteorológico Cafetero, 2006).

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) y que se estableció únicamente en Brasil después de haber sido introducido en 1929.

La introducción de *C. stephanoderis* ha tenido mayor éxito en establecimiento y este hecho se reporta en Ecuador (CIBC 1990), en México (Barrera, 2005), en Guatemala (Barrera, 2005) en El Salvador (Vega, 1994) y Colombia (Bustillo 2006).

C. stephanoderis es más eficiente para el control biológico de la broca del café, registrando mortalidades de broca en campo entre 35% - 45% en Togo (Borbón, 1991; Lachaud *et al.* 2002; Bachelor *et al.* 2006).

Contrariamente a la literatura internacional esta investigación muestra el establecimiento de *P. nasuta* y no del parasitoide *C. stephanoderis* corroborando las ventajas adaptativas y superioridad en capacidad de establecimiento de *Prorops 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 de que existen evidencias 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% - 59,8%) considerados como muy altos (Cuadro 3). Estos resultados se deben principalmente por que en algunas fincas no realizan control de la plaga y en otras no se hace en forma adecuada y oportuna.

Según el resultado del ACM de fincas donde se hizo la liberación de los parasitoides hay mayor infestación de broca en alturas menores de 1250 msnm y mayor presencia de avispa a alturas menores a esta (Cuadro 3).

Estos resultados coinciden con lo mencionado por Inguza (1964) acerca de la influencia del nivel del mar sobre el grado de ataque de la broca, siendo este más abundante en las altitudes más bajas.

El parasitoide *P. nasuta* se encontró en un amplio rango altitudinal de 1101 – 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 – 1840 msnm.

De acuerdo a los resultados obtenidos de 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 (Cuadro 5). Esto evidencia que la avispa *P. nasuta* se estableció en cafetales vecinos a las fincas donde se realizó la liberación.

Cuadro 5. Evaluación de la dispersión de los parasitoides *P. nasuta* y *C. stephanoderis* en fincas donde no se realizaron liberaciones.

Municipio	Finca vecina	Distancia a punto de liberación (Km.)	Presencia de parasitoide
Albán	Viña	0,64	No
	El Cebadero	0,358	No
	El Cebadero	0,22	No
	El Cebadero	0,149	Si
Buesaco	San Martín	3,769	No
	Igai	2,43	Si
	Kilómetro 50	0,98	No
	Sumapaz	0,82	Si
	San Martín	0,7	No
La Unión	La Caldera	1,9	No
	La Betulia	1,44	No
	La Betulia	1,39	Si
	El Mayo	1,201	No
	El Mayo	1,19	No
	El Mayo	0,971	Si
	Ojo de Agua	0,961	No
	Alpujarra	0,89	Si
	Ojo de Agua	0,881	No
	El Mayo	0,88	No
	La Betulia	0,85	Si
	El Mayo	0,82	Si
	El Mayo	0,81	No
	La Caldera	0,79	No
	El Mayo	0,74	Si
	El Mayo	0,67	No
	Alpujarra	0,63	No
	Ojo de Agua	0,56	No
	La Caldera	0,54	Si
	La Caldera	0,53	No
El Mayo	0,41	Si	
El Mayo	0,39	No	
Alpujarra	0,38	No	
El Mayo	0,36	Si	
La Caldera	0,27	No	
Ojo de Agua	0,25	No	
La Caldera	0,22	No	
La Caldera	0,13	No	
Alpujarra	0,12	No	

Análisis de correspondencia múltiple (ACM). El análisis de correspondencia múltiple muestra vectores principales (Fig. 2 y 3) y su conformación con variables, así como los aportes de cada una a la variabilidad.

Análisis de agrupamiento de las variables de las fincas donde se realizaron las liberaciones.

Los grupos obtenidos mediante este análisis corresponden a grupos de fincas con características similares con respecto a la altura y variables referentes el porcentaje de infestación por broca, porcentaje de parasitismo, manejo de la broca y manejo agronómico del cultivo. En cada uno de los grupos se coloca el porcentaje de aporte a la variabilidad al sistema de cada una de las variables analizadas. Los grupos obtenidos fueron los siguientes (Figura 2):

Grupo 1/4 (Figura 2) representa el 33,3 % de las 15 fincas donde se hizo la liberación de los parasitoides. De estas fincas el 83,3% se encuentran entre 1.251 – 1.500 msnm; el 83,3 % fertilizan con urea y fertilizante (17 – 6 – 18 – 2); el 62,5% no realizan ningún control químico para broca; el 55,5% han zoqueado 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, banano y el 100% de estas fincas presentaron una infestación entre el 30 y el 45%.

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 facilita el establecimiento del parasitoide (Beer *et al.* 1998).

Grupo 2/4 (Figura 2) representa el 20% de las 15 las 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 de guamo, cítricos, plátano y banano.

Los resultados de este grupo muestran que el uso de insecticidas en el control de la broca, así como otras plagas afecto la presencia de *P. nasuta* en las fincas pertenecientes a este grupo, además redujo el porcentaje de infestación de broca (0,1 – 15%). También es importante resaltar

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 (1991) 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 han transcurrido como mínimo 30 días después de la liberación de los parasitoides, y cuando los insecticidas se asperjan primero, se debe esperar 21 días para la liberación de estos (Bustillo, 2006; Mejía *et al.*, 2000).

Grupo 3/4 (Figura 2) 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 (1998) considera 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 problemas, por lo tanto en general se puede observar en el grupo 3/4 y 4/4 que el número de avispas liberadas fue bajo con relación al recomendado por Bustillo (1998).

Grupo 4/4 (Figura 2) representan el 33,3% de las 15 fincas donde se hizo la liberación de los parasitoides. De las cuales el 80% zoquearon dos veces desde el año 1999 y en estas fincas se liberaron menos de 25.000 avispas; el 100% se encontró a menos de 1.250 msnm; y el 75% no controlan con hongo *Beauveria bassiana*

La presencia de *Beauveria bassiana* no presentó ninguna relación con la presencia del parasitoide ni con el parasitismo encontrado, resultados que coinciden con los obtenidos por Mejía *et al.* (2000), Quintero *et al.* (1998) y De la Rosa *et al.* (2000) donde manifiestan la posibilidad de la compatibilidad de estos dos agentes de control biológico.

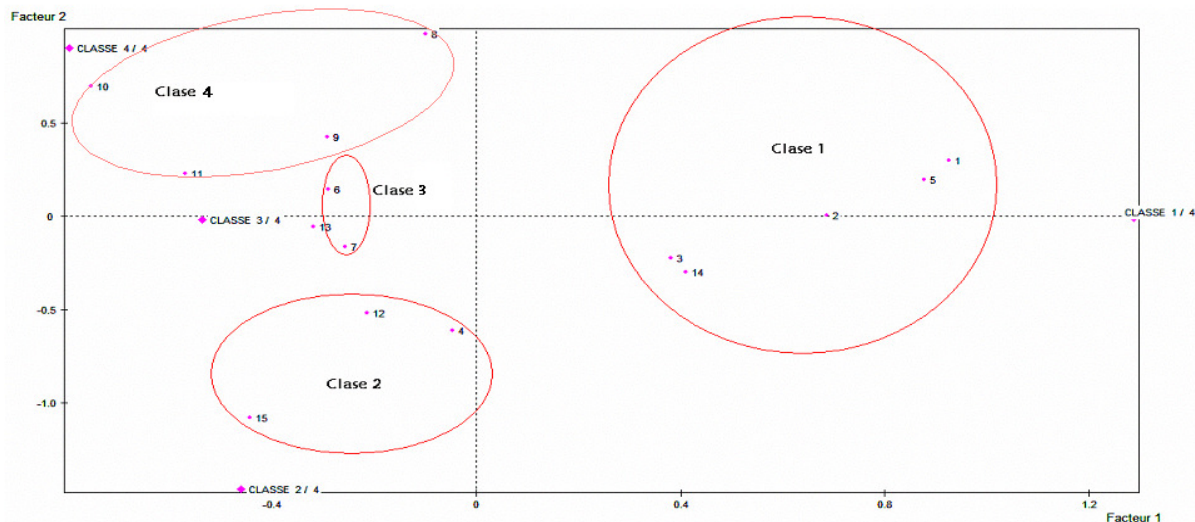


Figura 2. Análisis de agrupamiento en el plano formado por los factores determinados por el ACM, los números representan cada una de las fincas donde se realizaron las liberaciones que fueron agrupadas en clases.

Agrupamiento de las variables de fincas vecinas. Los grupos obtenidos se formaron por la relación existente entre las fincas, de esta conformación de grupos se puede destacar el 1/4 y el 2/4, ya que muestra una relación directa con la presencia del parasitoide, los grupos obtenidos son (Figura 3):

Grupo 1/4 (Figura 3) conformado por 23 fincas que representan el 76,6% de las 30 fincas vecinas evaluadas, de las cuales el 95,24% han zoqueado una vez desde año 1999; el 88,4% realizan control cultural para broca; el 90,91% realizan resiembra; el 85,1% fertilizan; el 85,7% no presentan 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 zoqueo y resiembra afecta el establecimiento del parasitoide. 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 avispa.

Grupo 2/4 (Figura 3) 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 variedad caturra, esto puede ser explicado por lo mencionado por Alvarado y Moreno (1999) donde citan 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 frutos infestados por broca caigan al suelo, por lo tanto 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 Alvarez *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*.

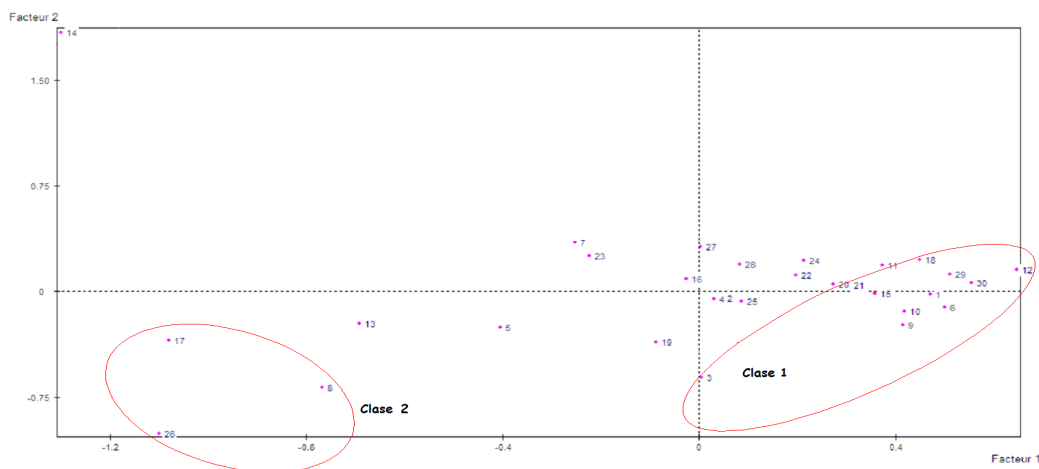


Figura 3. Análisis de agrupamiento en el plano formado por los factores determinados por el ACM, los números representan cada una de las fincas vecina donde no se realizaron liberaciones, que fueron agrupadas en clases.

El establecimiento o colonización de enemigos naturales es un periodo crítico del control biológico clásico, porque sin él no hay posibilidades de dispersión y consecuentemente no hay impacto (Infante *et al.* 2003; Beirne, 1985; Hágvar, 1991). Debido a que 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). Aunque el concepto del

establecimiento es simple, en la práctica se hace complejo. De 4.769 introducciones de predadores y parasitoides hasta 1990, solamente 1.445 (30,3%) se han establecido por diversas razones que han sido mencionadas como causas para reducir el establecimiento de agentes de control biológico. Entre los más importantes están: 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 *et al.* 1993)

CONCLUSIONES

Después de 8 años de liberar *P. nasuta*, en fincas de la principal región cafetera de Nariño fue encontrado este parasitoide en la mayoría de las fincas evaluadas, evidenciando su establecimiento en un amplio rango altitudinal. Este parasitoide se disperso hacia algunos lotes vecinos evaluados. Entre los principales factores que favorecieron el establecimiento de *P. nasuta* en el norte de Nariño están: los altos porcentajes de infestación de broca, el uso de sombrero en los cafetales, la no aplicación de insecticidas y la no realización de zoqueos y resiembras de cafetales en periodos próximos a la liberación de *P. nasuta*. El parasitoide *C. stephanoderis* no fue encontrado en ninguno de los lugares de estudio.

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 Centro Nacional de Investigaciones de Café – CENICAFÉ; a la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño y al Comité de Cafeteros del Norte de Nariño - Seccional La Unión, por su colaboración en la toma de datos en campo.

LITERATURA CITADA

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.
- ALVAREZ, J; CORTINA, H; VILLEGAS, J. 2002. Método para evaluar Antixenosis a *Hypothenemus hampei* en café, bajo condiciones controladas. Cenicafé 53 (1): 49 – 59.
- Anuario Meteorológico Cafetero. El Niño/La Niña. 2006. Cenicafé, Federación nacional de Cafeteros.
- ARCILA, J; FARFÁN, F; MORENO, A; SALAZAR, L; HINCAPIÉ, E. 2007. Sistemas de Producción de café en Colombia. Cenicafé. Chinchiná, Colombia. 309 p.
- BARRERA, J. F; GÓMEZ, J; INFANTE, F; CASTILLO, A; DE LA ROSA, W. 1989. Biologie de *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Hymenoptera: Bethyridae) en laboratoire. Cycle biologique, capaciteé d'oviposition et émergence du fruit du caféier. Café Cacao Thé 33. 101 – 108.
- BARRERA, J.F. 1991. Report of activities undertaken during a study period in Kenya on *Prorops nasuta* W. a parasite of the coffee berry borer. Miscelánea Sociedad Colombiana Entomología. 1 – 23.
- 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. 79 p.
- BATCHELOR, T; HARDY, I. BARRERA G, J. 2006. Interactions among bethyrid parasitoid species attacking the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). Biological Control 36: 106 – 118.
- BEER, J; MUSCHELER, R; KASS, D; SOMARRIBA, E. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. Agroforestry Systems 38: 139 – 164.
- 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. 134 p.
- BORBÓN, O. 1991. La broca del fruto del cafeto: Programa cooperativo ICAFE-MAG. San José, Costa Rica. 50 p.

- COMMONWEALTH INSTITUTE OF BIOLOGICAL CONTROL. CIBC. 1990. Manual de capacitación en control biológico. Chinchiná, CENICAFÉ-CAB-ODA. 174 p.
- 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 avaluation of the impact of entomopathogenic fungi on *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethylidae), 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: Bethylidae) 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. <http://www.cafedecolombia.com/economiacafetera/anexoestadistico2007.html/Cuadro1.html>. Fecha último acceso: [Abril de 2008].
- 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, FOWLET, S. 2001. Interspecific competition between *Cephalonomia stephanoderis* and *Prorops nasuta* (Hym., Bethylidae), parasitoids of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Col., Scolytidae). *Journal Applied Entomology* 125: 63 – 70.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) 2000. Subgerencia de políticas de investigación - División de Sanidad Vegetal - Proyecto protección sanitaria al café.
- INFANTE, F; MUMFORD, J; BAKER, P. 2005. Life history studies of *Prorops nasuta*, a parasitoid of the coffee berry borer. *BioControl* 50: 259 – 270.
- INFANTE, F; MUMFORD, J; MENDEZ, I. 2001. Non-recovery of *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethylidae), 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: Bethylidae) in coffee plantations of Mexico. *Florida Entomologist* 1: 86–88.

- INGUZA S., M. 1964. Proyecto “Control biológico de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) en el Perú. Revista Peruana de Entomología 7(1): 88 – 98.
- 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* Waterson en Colombia. Pamplona, Norte de Santander. Tesis de Maestría. Universidad de Pamplona. 70 p.
- MEJÍA, J; BUSTILLO, A; OROZCO, J; CHÁVES, B. 2000. Efecto de cuatro insecticidas y de *Beauveria basiana* sobre *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyridae), parasitoide de la broca del café. Revista Colombiana de Entomología 26 (3 – 4): 117 – 123.
- MENDOZA, J; QUIJIJE, 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. <http://www.agrocadenas.gov.co>. Fecha último acceso: [Octubre 3 de 2008]
- 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 programme. Insect Science, its Application 12: 27 – 34.
- PORTILLA, M; BUSTILLO, A. 1995. Nuevas investigaciones en la cría masiva de *Hypothenemus hampei* y de sus parasitoides *Cephalonomia stephanoderis* (Betrem) y *Prorops nasuta* (Waterson). Revista Colombiana de Entomología 21 (1): 25 – 33.

- QUINTERO, C; BUSTILLO, A; BENAVIDES, P; CHAVEZ, B. 1998. Evidencias del establecimiento de *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethylinidae) en cafetales del departamento de Nariño, Colombia. Revista Colombiana de Entomología 24 (3 – 4): 141-147.
- TOLEDO, A; VUGAL, J; SAUER, HFG. 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. 17 p.
- VAN DRIESCHE, R; HODDLE, M; CENTER, T. 2007. Control de Plagas y Malezas por enemigos naturales. The Forest Health Technology Enterprise Team. 765 p.
- VEGA R. 1994. Control biológico de la broca del fruto del café mediante el uso de parasitoides de origen Africano en El Salvador. Memorias IV Taller regional sobre la broca del fruto del café. 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.