

Depredación por hormigas sobre la broca del café *Hypothenemus hampei* (Curculionidae: Scolytinae) en cafetales cultivados bajo dos niveles de sombra en Colombia

María Cristina Gallego Roperó¹
Inge Armbrecht¹

RESUMEN. Para determinar el efecto de la actividad depredadora de hormigas sobre la plaga del fruto del café, la broca *Hypothenemus hampei*, en dos niveles de sombra del cultivo, se llevó a cabo este estudio en Risaralda, Colombia. El experimento se realizó en siete fincas: tres con cafetal sin sombra de árboles y cuatro con cafetal con sombra diversificada. Las unidades experimentales fueron bolsas de malla que excluían y no excluían el paso de hormigas hacia adentro. El procedimiento se realizó dos veces, en época de lluvias y seca. El número de brocas fue significativamente menor en los tratamientos expuestos a hormigas para cada una de las fincas ($P < 0,0001$); este número fue además menor en fincas con sombra asociada ($P < 0,05$), y menor en la estación lluviosa ($P < 0,05$). Diez colonias de dos especies de hormigas encontradas dentro de pergaminos, *Solenopsis picea* y *Tetramorium simillimum*, fueron criadas en laboratorio. A cada una de estas colonias, se les expuso al mismo procedimiento usado en campo. *S. picea*, pero no *T. simillimum*, mostró alta actividad depredadora dentro de granos infestados. Los resultados muestran que existen posibilidades para la utilización de hormigas en el manejo integrado de la broca del café, sobre todo en fincas con sombra y en la estación lluviosa.

Palabras clave: agroecosistema; control biológico; diversidad.

ABSTRACT. Ant predation of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Curculionidae: Scolytinae) under two shade levels in Colombia. In order to determine whether ants predate on the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* in two shade levels this study was carried out at Risaralda, Colombia. The experiment was conducted in seven farms, three of them were coffee plantations without tree shade, and four were shaded coffee farms. The experimental units were mesh bags, which could exclude or not ant movement into the bag. The procedure was done twice, in the wet and dry seasons. Results in the field showed that the number of borers was significantly lower in treatment bags that did not exclude ant entrance; this number was also lower in those farms with shade trees and during the wet season. Ten colonies belonging to two predatory ant species *Solenopsis picea* y *Tetramorium simillimum* were reared in the laboratory. Each of these colonies was subjected to the same treatment described above for the field. In the laboratory, *S. picea*, but not *T. simillimum*, showed high predatory activity, i.e. lower borer counts inside the infested coffee seeds. Our results suggest positive perspectives for using ants as biological control agents within an integrated pest management approach, especially in shaded coffee farms and during the wet season.

Key words: agroecosystems; biological control; diversity.

Introducción

La alteración humana de los ecosistemas naturales tiene múltiples componentes. Sin embargo, una de las causas más importantes de la pérdida de especies biológicas es la expansión de la frontera agrícola y la intensificación de la agricultura (Swift et ál. 1996), que significa la pérdida de los hábitats naturales para los organismos silvestres

(Paoletti et ál. 1992). La intensificación e industrialización de la agricultura ha dado como resultado extensos monocultivos dependientes de altos insumos químicos: fertilizantes, herbicidas y pesticidas que afectan negativamente la biodiversidad silvestre (Matson et ál. 1997).

El sistema de cafetales es quizás uno de los casos más ejemplares que ilustra el efecto negativo de la

¹ Universidad del Valle, Departamento de Biología, A.A. 25360 Cali, Colombia. macrisga@univalle.edu.co; inge@univalle.edu.co

intensificación de la agricultura sobre la biodiversidad tropical (Perfecto y Vandermeer 1996, Perfecto et ál. 1997, Armbrecht et ál. 2005). Los diferentes sistemas de cultivo del café se pueden ordenar mediante un gradiente de intensificación: tradicionalmente, el café se cultivaba bajo un dosel de árboles de sombra, que podían ser los mismos que constituían el bosque original de la zona (al cual solo se le removían las plantas bajas para reemplazarlas por plantas de café). Este sistema de sombra fue siendo reemplazado por un modelo que sostiene plantaciones de café con ninguna o muy poca sombra. Al disminuir la sombra de los árboles se reduce la complejidad estructural del cultivo, cambia el microclima de los cafetales y disminuyen los nichos ecológicos para aves, mamíferos, artrópodos, anfibios y otros organismos (Perfecto y Vandermeer 1994, 1996).

Una gran diversidad y complejidad estructural de artrópodos en un entorno cafetero implica la existencia de cierto equilibrio ecológico en una plantación con sombra. Por ejemplo, Toledo y Moguel (1996) para México plantean que pese a que los herbívoros son plagas potenciales para el café y otros cultivos introducidos y representan un 25% del número de especies y un 35% del número total de individuos, tal plantación queda registrada como cafetal sin plagas. Esto se explica por el gran número de depredadores y parasitoides (potenciales controladores de plagas) (Ibarra-Núñez 1990), los cuales representan casi 25% del número total de individuos y un 45% del número total de especies. Los grupos predominantes de depredadores y polívoros son las arañas retiarias (productoras de telarañas) y probablemente las hormigas, las cuales parecen desempeñar un papel protagónico como controladoras de plagas y como potenciales agentes biológicos. De acuerdo con lo señalado en varios estudios (Hanson 1991, Pinkus-Rendón 2006, Armbrecht y Perfecto 2003), los brotes epidémicos de insectos plaga y las grandes fluctuaciones en su población tienen una correlación directa con la reducción en la diversidad de estructura y plantas en los agroecosistemas.

Las hormigas cumplen una función significativa en ecosistemas tropicales como el resultado de su alta diversidad, abundancia y su especial atributo de comportamiento como depredadoras (Carroll y Janzen 1973, Petal 1978). En ecosistemas manejados por el hombre, las hormigas pueden causar un impacto directo sobre la economía humana al favorecer indirectamente la pro-

liferación de insectos fitófagos (homópteros) que son considerados plaga de cultivos (Samways 1983, Aldana y Chacón 1994, Chacón de Ulloa 1994, Zenner de Polanía 1994). Además, compiten y desplazan otras especies de hormigas nativas (Haering y Fox 1987) o pueden ser agentes de control de plagas (Perfecto 1990, 1991, Chacón y Aldana 1997).

Teniendo en cuenta las anteriores características ecológicas de la familia Formicidae, y sumando el panorama que ofrece la zona cafetera colombiana referente a la agudización del problema de la broca del café, acompañado por la intensificación de la agricultura cafetera, se planteó el presente proyecto de investigación que busca evaluar el efecto que las hormigas puedan ejercer sobre la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Curculionidae: Scolytinae) y relacionarlo con el tipo de manejo agrícola.

Materiales y métodos

Área de estudio

El municipio de Apía, Departamento de Risaralda, se encuentra entre los 1400 y 1700 msnm, definida por Holdridge (Espinal 1967) como bosque húmedo Premontano (bh-Pm), con topografía quebrada, temperatura promedio de 18-20 °C, humedad relativa del 80% y precipitación promedio anual de 2320 mm. Presenta de 9 a 11 meses de humedad durante el año. Normalmente las épocas de lluvias se distribuyen en dos temporadas: abril-mayo y octubre-noviembre, y se cuenta con dos épocas secas: enero-febrero y julio-agosto. La relación evapotranspiración-respiración es aproximadamente igual a uno, lo que quiere decir que hay un equilibrio entre el agua que cae y la utilizada por la vegetación.

De acuerdo con la clasificación de Moguel y Toledo (1999), se escogieron siete fincas cafeteras (Cuadro 1) bajo dos sistemas de manejo de sombra: policultivo comercial (café con diferentes especies de árboles de sombrero y con manejo orgánico) y monocultivo sin sombra (café a plena exposición), ubicadas en el Municipio de Apía (Fig. 1).

Desde hacía cuatro a cinco años se había estado llevando a cabo un proceso de intensificación de la caficultura, que se veía reflejado principalmente en la eliminación de la sombra natural. En una fase diagnóstica realizada entre agosto y noviembre del 2001, se identificaron las fincas que más se aproximaban a las condiciones requeridas para el desarrollo de la presente investigación (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características generales de las siete fincas involucradas en este estudio en Apía, Risaralda

Finca	Código de manejo	Área (ha)	Altitud (msnm)	Porcentaje pendiente	Uso de plaguicidas (aplicaciones/año)
La Playita-2	PS1	19	1490	48,3	Ninguno (orgánico)
La Clarita	PS2	7,5	1550	43,8	Ninguno (orgánico)
La Esperanza	PS3	4	1500	34,6	Ninguno (no orgánico)
Buenos Aires	PS4	6	1440	40	Bajo
La Estrella	Sol1	14	1470	17,5	Moderado
La Felisa	Sol2	6	1480	32,5	Moderado
La María	Sol3	3	1405	2,5	Alto

Notas: PS = policultivo comercial; Sol = monocultivo sin sombra; uso de plaguicidas: alto = al menos dos aplicaciones de insecticidas y herbicidas por año; moderado = al menos una aplicación por año; bajo = menos de 1 aplicación por año.

—**Finca La Playita 2, clasificada como policultivo comercial 1 (PS1).** Sobresalen variedad de árboles asociados al cultivo de café que le brindan sombra, tales como guamo (*Inga edulis* Mart.), plátano (*Musa x paradisiaca* L.), aguacate (*Persea americana* Miller), nogal (*Cordia alliodora* (R. et P.) Cham.), *Erythrina rubrinervia* Kunth y cedro (*Cedrela odorata* L.).

—**Finca La Clarita, clasificada como policultivo comercial 2 (PS2).** Presenta variedad de árboles asociados al cultivo de café que le brindan sombra, tales como guamo, plátano, aguacate y cedro. Esta finca y la anterior llevaban un proceso de conversión a caficultura orgánica de 7 años, y fueron certificadas un año antes de iniciar el estudio por la Corporación Colombia Internacional.

—**Finca La Esperanza, clasificada como policultivo comercial 3 (PS3).** Entre las especies vegetales asociadas al cultivo de café que le brindaban sombra se encuentran nacedero (*Trichantera gigantea* (H. et B.) Nees), plátano, leucaena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit), guamo (*Inga aff. densiflora* Benth. e *I. edulis*), cedro, mango (*Mangifera indica* L.), matarratón (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.), banano (*Musa x balbisiana* L.) y naranjo (*Citrus sinensis* L.). El manejo orgánico de esta finca no estaba certificado, pero tampoco era de agricultura convencional, pues no se le hacían aplicaciones regulares de plaguicidas. Simultáneamente a la terminación de los ensayos de campo en febrero de 2003, el cafetal fue tumbado para su renovación y además se cortaron los árboles.

—**Finca Buenos Aires, clasificada como policultivo comercial 4 (PS4).** Presentaba árboles como plátano y guamo (*I. aff. densiflora* e *I. edulis*) asociadas

al cultivo. Este cultivo también fue completamente talado posteriormente al presente estudio.

—**Finca La Estrella, clasificada como monocultivo sin sombra 1 (Sol1), y finca La Felisa, clasificada como monocultivo sin sombra 2 (Sol2).** Desde hacía solo tres años son cafetales a libre exposición, la sombra diversa que tenían dejó un mantillo (*mulch*) de materia orgánica que aún favorece al cultivo, pues todavía no se le hacen grandes aplicaciones de fertilizantes químicos. Aunque su manejo es de agricultura convencional, las aplicaciones de plaguicidas son focalizadas.

—**Finca La María, clasificada como monocultivo sin sombra 3 (Sol3).** No presenta árboles asociados al cultivo de café. Esta finca tenían 12 años de no presentar sombra asociada al cultivo; además, se le aplicaban gran cantidad de agroquímicos. Aunque considerado cafetal de sol, el lote presentaba barreras de plátano.

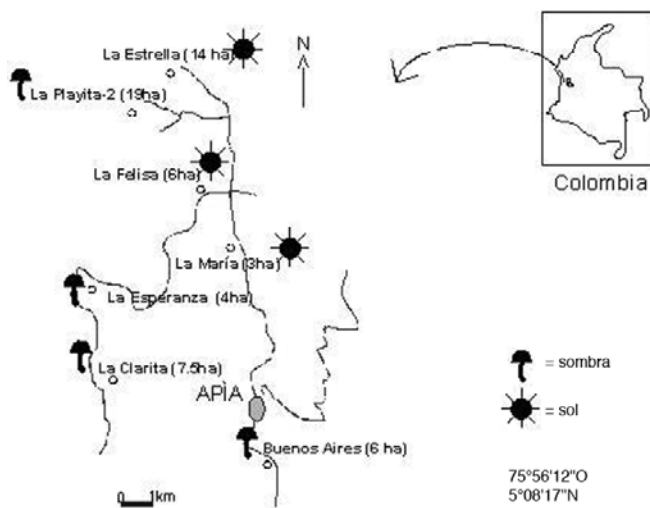


Figura 1. Mapa de ubicación de cada una de las fincas del estudio en el municipio de Apía (gris).

Fase de campo

Para determinar si entre la diversidad de hormigas asociadas a los cafetales con sombra y sin ella se presentan algunas especies que pueden desempeñar un papel importante como controladoras biológicas naturales de la broca del café *H. hampei*, se utilizó la metodología de bolsas de exclusión, la cual se desarrolló y refinó mediante un estudio piloto que implicó seis fincas, 180 bolsas de exclusión de hormigas y 900 granos de café infestados con broca. En este preensayo se evaluaron todos los estados de la broca, pero se decidió, por razones logísticas y de tiempo, contabilizar sólo estados adultos en los siguientes ensayos.

Con base en el preensayo ya realizado, se modificó la metodología para evaluar la depredación sobre adultos de broca dentro de pergaminos de café. En cada una de las fincas se establecieron 10 estaciones separadas por 10 m a lo largo de un transecto al azar. En cada estación, se ubicaron en el suelo debajo de un arbusto de café cubiertas con hojarasca las dos unidades experimentales o bolsas de 5 x 5 cm, de modo que una fuera el tratamiento y la otra el testigo. La bolsa del tratamiento se elaboró con una malla de 3 mm de ojo para permitir el paso de las hormigas hacia adentro. El testigo consistió en una bolsa de muselina impenetrable tanto para brocas como para hormigas (Fig. 2). Cada bolsa contenía cuatro pergaminos de 21 días de infestados con la broca (*H. hampei*), suministrados por el Laboratorio de Cría de Parasitoides de Cenicafé (Chinchiná, Colombia, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia). Las bolsas fueron dejadas durante cinco días, al cabo de los cuales se recogieron y se llevaron al Laboratorio de Entomología de la Universidad del Valle para su posterior evaluación (Fig. 2).



Figura 2. Unidades experimentales utilizadas para excluir o no la entrada de hormigas a los pergaminos de café infestados con broca.

En el laboratorio, los pergaminos fueron disecados y se tomaron los datos del número de brocas adultas que se encontraban dentro de ellos, tanto para las bolsas tratamiento como para las bolsas testigo. Además, en las bolsas tratamiento se registraron los datos de las hormigas que se encontraron dentro de los pergaminos e igualmente fueron identificadas hasta el nivel taxonómico de género. Este método se realizó en todas las fincas, una vez en la estación lluviosa y una vez en la estación seca (octubre 2002 y enero 2003).

La variable respuesta fue el número de brocas adultas por grano de café pergamino. A los datos obtenidos se les aplicó una prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov. Posteriormente, con el software SPSS 11 para Windows (1998) se realizó una prueba de análisis de varianza (ANOVA), teniendo en cuenta como efectos fijos la estación seca y lluviosa; el cultivo con sombra asociada y sin ella; bolsa tratamiento y bolsa testigo, y la interacción sombra-tratamiento. Como efectos aleatorios finca y bloques anidados dentro de fincas.

Fase de laboratorio

A partir de los datos obtenidos sobre las especies de hormigas que ingresan dentro de los pergaminos de café dejados en el campo, se escogió a *Solenopsis picea* y *Tetramorium simillimum* como las especies de hormigas para ser criadas en el laboratorio y evaluar su potencial función depredadora sobre la broca del café.

Establecimiento de colonias

Al determinar cuáles especies de hormigas dominan en cada sistema de manejo del cultivo, se procedió a criar dos de estas especies en el laboratorio. Para ello, se recogieron nidos del campo, se llevaron al laboratorio y se colocaron en cajas plásticas de 25 x 25 cm, cuyas paredes internas fueron recubiertas con fluón para evitar su escape. Cada caja estaba acondicionada con un nido artificial (Passera et ál. 1988), un vial con agua tapado con una mota de algodón y una caja de petri donde se suministraba el alimento. Las colonias fueron alimentadas con una dieta merídica a base de carne de res y larvas de coleópteros (modificada de Passera et ál. 1988). Además, se les ofrecía yema de huevo de codorniz, galleta y miel para suplir sus requerimientos nutricionales. A las tapas de los tarros se les hizo 3 orifi-

cios que fueron cubiertos con una malla metálica de 0,1 mm de ojo para permitir el intercambio gaseoso y al mismo tiempo evitar el escape de las hormigas. Todas las colonias se dejaron en un cuarto de cría que simulaba las condiciones de campo, a 22-25 °C y HR 80-85%.

Los nidos se recogían con gran cantidad de hojarasca y tierra y se iban adaptando con el tiempo en el laboratorio (Fig. 3), hasta que la colonia de hormigas se trasladaba por completo al nido artificial. El alimento era cambiado cada dos días, al igual que el vial con agua.



Figura 3. Proceso de establecimiento de colonias en el laboratorio. A la derecha se observa el suelo con la colonia de hormigas proveniente del campo; a la izquierda, el nido artificial elaborado con yeso para el establecimiento de la colonia. En la parte superior, caja de petri con alimento (dieta méridica, miel, galleta, yema de huevo de codorniz) y vial con agua.

Determinación de la tasa de depredación

Ya establecidos los nidos, se tomaron 10 de ellos por cada especie (*S. picea* y *T. simillimum*) para realizar los ensayos. En cada caja se colocaron 3 tratamientos con bolsas de 5 x 5 cm, elaboradas así:

- *Tratamiento 1 o libre ingreso de hormigas:* bolsa de malla de 3 mm de ojo que permite el libre ingreso de hormigas.
- *Tratamiento 2, testigo 1 o exclusión de hormigas:* bolsa de muselina (orificios < 0,1 mm), completamente cerrada al ingreso de hormigas.
- *Tratamiento 3, testigo 2 o exclusión de hormigas y control de escape de brocas:* bolsa de malla dentro de la bolsa de muselina, que no permite el ingreso

de hormigas pero sí permite contabilizar el posible escape de brocas de los pergaminos de café, pues quedan atrapadas en la bolsa de muselina. Así se confirmó si la diferencia en la cantidad de brocas encontradas entre el tratamiento 1 y el tratamiento 2 se debe al posible consumo por parte de las hormigas o porque se escapan.

En el interior de cada bolsa se colocaron cinco granos pergaminos de 21 días de infestación por brocas, suministrados por el Laboratorio de Cría de Parasitoides de Cenicafé. Las bolsas se dejaron por cinco días, luego se recogieron y se llevaron al laboratorio, donde los granos pergaminos fueron disectados. Se cuantificó el número de brocas adultas encontradas dentro de los pergaminos y las hormigas de cada una de las especies que ingresaron dentro de ellos. Este procedimiento se repitió en tres ocasiones durante los meses de febrero, marzo y abril de 2003.

Con respecto al tratamiento, es decir, para probar si las hormigas en condiciones de laboratorio depredaron adultos de broca dentro de los granos pergaminos infestados, se realizó un análisis de varianza de medidas repetidas para cada una de las especies de hormigas involucradas en este ensayo. El análisis estadístico de los datos se llevó a cabo usando el programa SPSS 11 para Windows (1998). Se examinó la normalidad de las variables mediante una prueba de Komogorov-Smirnov.

Resultados y discusión

Fase de campo

Los datos obtenidos en el ensayo no tuvieron una distribución normal, por lo cual se transformaron a raíz cuadrada. Se realizó una ANOVA anidada, la cual presentó diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos ($t_{1118} = 6,18$; $P < 0,0001$); significativas entre las fincas con cafetales sin sombra y con sombra asociada ($t_{1118} = 2,23$; $P = 0,0256$) e igualmente entre la estación lluviosa y la estación seca ($t_{1118} = 2,41$; $P = 0,0157$; $F_{3,1112} = 16,43$).

Las diferencias significativas entre las bolsas de malla consideradas tratamiento y las bolsas de muselina testigo, tanto en la estación lluviosa como en la estación seca, permiten considerar que hay un potencial efecto depredador ejercido por las hormigas que ingresaron dentro de los pergaminos que se encontraban infestados por la broca del café y consumieron un porcentaje de ellos (Fig. 4a y b).

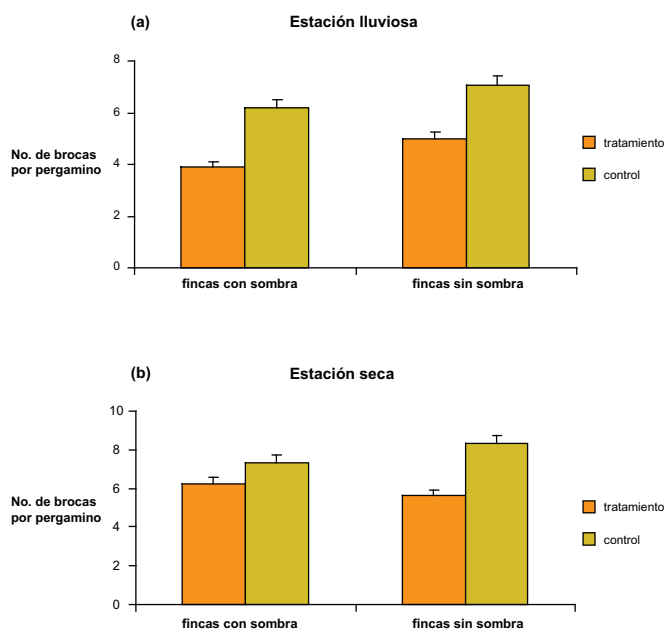


Figura 4. Adultos de *Hypothenemus hampei* encontrados dentro de los pergaminos secos después de cinco días de exposición en el campo a hormigas durante la estación lluviosa (a) y la estación seca (b). El número de brocas fue significativamente mayor cuando se excluyeron las hormigas ($P < 0,0001$).

El promedio total del conteo de brocas en los cafetales con sombra fue menor que en aquellos sin sombra y las diferencias fueron significativas, posiblemente debido a que en estos hay una mayor riqueza de hormigas (Perfecto y Vandermeer 1996), porque este tipo de cafetales ofrece gran variedad de microhábitats que favorecen el desarrollo de todo su potencial biótico. Una mayor riqueza puede significar variedad de estrategias de depredación sobre la broca; por ejemplo, ciertas hormigas depredan sobre el café, otras sobre la cereza infestada en el suelo, hormigas pequeñas penetran o no las cerezas de café infestadas, y otras depredan adultos libres, y todas las especies en conjunto desempeñaron un papel importante como depredadoras potenciales de la broca del café. En los cafetales de sol estas condiciones difieren, pues la estructura y composición del sistema cafetalero es menos compleja. Debido a que el cafetal no presenta árboles de sombra asociados, disminuye no solo la oferta de una variedad de recursos alimenticios sino también de nidificación, lo cual se refleja en una disminución de la riqueza de hormigas que podrían estar acompañando el cultivo. La hipótesis de los enemigos naturales (Root 1973) plantea que esta situación altera negativamente el posible control biológico natural que los depredadores y parasitoides (en este caso las

hormigas) pueden ejercer sobre los herbívoros en agroecosistemas simplificados e industrializados.

Las condiciones en la estación lluviosa favorecen una mayor riqueza y abundancia de hormigas (Levings 1983) en los cafetales con sombra diversificada, pues estos presentan condiciones que permiten el desarrollo de los nidos de hormigas presentes en los cafetales. En la estación seca las condiciones ambientales no son óptimas, afectando negativamente la permanencia y estabilidad de hormigas en el medio y, por tanto, posiblemente repercutiendo en la actividad depredadora que estas hormigas puedan ejercer. De acuerdo con los datos promedio iniciales de los estados adultos de la broca que se encuentran dentro de los pergaminos, se podría decir que consumen alrededor de un 55%.

De un total de 163 hormigas encontradas dentro de los granos pergaminos secos brocados, el mayor porcentaje pertenece al género *Solenopsis* (87%), seguido por la especie *Tetramorium simillimum* (7%). Los géneros con menor número de recolectas fueron *Pheidole* y *Myrmelachista*. Todos los géneros mencionados pertenecen a la subfamilia Myrmicinae.

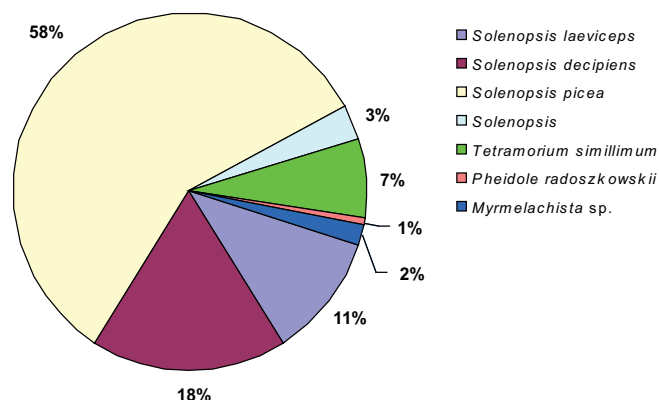


Figura 5. Especies de hormigas encontradas dentro de los granos pergaminos secos brocados en los tratamientos sin exclusión de hormigas.

por su pequeño tamaño, estas hormigas mirmicinas pueden entrar por el agujero que la broca deja al penetrar el grano. De acuerdo con un estudio realizado por Rivera y Armbrecht (2005), los géneros *Solenopsis* y *Tetramorium* son clasificados dentro del gremio de las hormigas abundantes de horajasca en cafetales, siendo *Solenopsis* más abundante en la medida en que el cafetal presenta mayor sombra asociada y *Tetramorium* más abundante en cafetales muy tecnificados y de baja densidad de sombra.

Entre los reportes que hay sobre la actividad depredadora que las hormigas pueden ejercer sobre la

broca del café, se encuentran los citados por Benassi (1995) en Brasil sobre la hormiga *Crematogaster curvispinosus*, y Bustillo et ál. (1998), que incluyen hormigas de los géneros *Crematogaster*, *Pheidole*, *Brachymyrmex*, *Solenopsis* sp., y *Wasmannia* sp. Vélez et ál. (2000) evaluaron la capacidad depredadora de un grupo de hormigas involucradas espontáneamente en el control de la broca durante el proceso de secado solar en marquesinas o secadores parabólicos, encontrando entre un 6,8 y 7,3% de depredación de los estados vivos iniciales y, de éstos, el 97% correspondió a estados adultos de la broca. Vélez et ál. (2003) observaron en el campo a *Gnamptogenys sulcata*, que anida en troncos en descomposición, depredando estados adultos de la broca.

Varón et ál. (2004) realizó experimentos en campo de depredación sobre la broca del café en Costa Rica, que incluyó cinco especies de hormigas: *Solenopsis geminata*, *Pheidole radoszkowskii*, *Crematogaster torosa*, *C. curvispinosa* y *C. crinosa*. Bajo la metodología empleada por estos autores, dichas hormigas no causaron depredación significativa sobre ninguno de los estados de la broca de café; sin embargo, los autores sí encontraron depredación por hormigas en el laboratorio.

Fase de laboratorio

Para *S. picea* no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tres tiempos, es decir, los tres ensayos secuenciales que se realizaron con esta especie ($F_{2,81} = 4,09$; $P = 0,160$). Esto significa que no hubo una relación lineal con respecto a mayor o menor consumo de brocas con cada repetición, pero sí se presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($F_{2,81} = 22,64$; $P < 0,0001$).

Al realizar una prueba de comparación múltiple de Tukey, se observaron diferencias significativas entre el tratamiento y los testigos ($P < 0,0001$) y no se encontraron diferencias significativas entre los testigos ($P = 0,427$), diferenciándolos en dos grupos: un grupo para el tratamiento y otro grupo para los dos testigos. El examen de los dos tipos de testigos sin acceso de hormigas a los granos pergaminos infestados determinó que el método empleado en el campo es confiable.

Estos resultados permiten indicar que *S. picea* prefiere alimentarse de estados adultos de la broca del café aun teniendo otra oferta alimenticia (la dieta meridica). Esta hormiga ingresa dentro de los granos infestados y busca la broca. De acuerdo con los datos

iniciales de los estados adultos de la broca que se encontraban dentro de los pergaminos, esta consumió alrededor de un 49,62% en el laboratorio (Fig. 6).

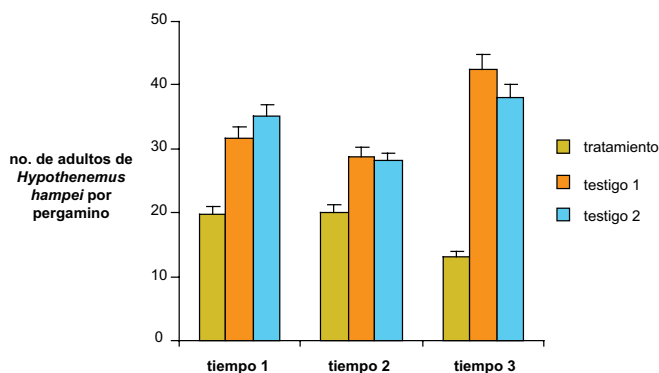


Figura 6. Número promedio de estados adultos de la broca del café encontrados dentro de los pergaminos secos en el ensayo de laboratorio con *Solenopsis picea*.

Para *T. simillimum* no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tiempos ($F_{2,81} = 4,09$; $P = 0,160$) y entre los tratamientos ($F_{2,81} = 2,43$; $P = 0,792$). De las especies de hormigas evaluadas, *S. picea* causó altos porcentajes de depredación de los estados adultos de la broca del café, lo cual confirma que a pesar de sus hábitos alimenticios generalistas (Holldobler y Wilson 1990), pueden también depredar especies de insectos herbívoros y ser útiles en programas de manejo integrado de la broca. Los resultados son destacables teniendo en cuenta que durante los ensayos no se les retiró la dieta artificial a las colonias de hormigas ni se les sometió a ningún tipo de ayuno.

Aunque la hormiga *T. simillimum* fue encontrada dentro de los pergaminos expuestos en el campo, cuando se realizó el ensayo en el laboratorio directamente con nidos de esta hormiga los resultados indicaron que no prefirieron a la broca adulta, al menos cuando está dentro del grano infestado, o posiblemente no la buscan si disponen de otra fuente alimenticia, como las dietas que se les suministraban.

En ensayos de laboratorio con un aparato de escogencia, Varón et ál. (2004) evaluaron la depredación de cinco especies de hormigas: *S. geminata*, *P. radoszkowskii*, *C. torosa*, *C. curvispinosa* y *C. crinosa* sobre los diferentes estados de la broca del café. *P. radoszkowskii* causó depredación significativa sobre los estados de huevo y larva; igualmente, *C. crinosa* tuvo algún porcentaje de consumo de huevos y larvas.

En ensayos realizados en laboratorio con la hormiga *Gnamptogenys* sp. y *Solenopsis geminata*, Vélez et ál. (2003) encontraron preferencia hacia estados adultos de la broca por parte de *Gnamptogenys* sp., que es una hormiga propia de cafetales de sombra y anida en la madera en el suelo. En contraste, *S. geminata*, que es una hormiga propia de cafetales de sol (sin sombra), no mostró ninguna actividad significativa depredando broca en estos ensayos.

Los resultados obtenidos en los dos tipos de ensayos permiten sugerir que las hormigas, si se conocen y aprenden a manejar, pueden llegar a convertirse en un gran recurso natural para el agricultor. Se recomienda tener en cuenta los ensamblajes de hormigas locales dentro de los programas de manejo integrado de plagas e insectos, en este caso en particular de la broca del café. Además, las evidencias recogidas en este estudio (menor conteo de brocas en cafetales de sombra que en los de sol) sugieren que un manejo con visión ecológica, es decir, con menor uso de agroquímicos, y promocionando la sombra diversa de árboles, puede favorecer la actividad depredadora de las hormigas o reducir los niveles de infestación por broca. Por lo tanto, es necesario realizar estudios tendientes a conocer la biología y comportamiento de algunas de las especies promisorias en el control biológico.

Los datos obtenidos en los ensayos de campo y laboratorio sugieren que las hormigas desempeñan un papel importante como reguladoras silenciosas de la broca del café que hasta ahora no había sido cuantificado, y que deben ser tenidas en cuenta para desarrollar un programa de manejo de plagas en un contexto de agricultura amigable con el ambiente.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo logístico proveniente de Cenicafé, especialmente de M. Vélez. Las siguientes personas colaboraron con trabajo de campo y de laboratorio: G. Álvarez, J. Colmenares, M. Márquez, L. M. Muñetón, L. Rivera, V. Peñaranda, D. Peña y G. Vargas. Gracias a los agricultores y dueños de las fincas en Apía y de la "Orgánica Tatamá" por permitirnos trabajar en sus fincas, a la hospitalidad de P. Marín, F. Herrera, N. Henao, O. Díaz y C. M. Correa. José Pacheco, John Longino y Fernando Fernández determinaron especies de hormigas. Este proyecto fue financiado en su concepción preliminar por el Land Institute de Kansas, y en su ejecución por Colciencias Programa de Medio Ambiente y del Hábitat, proyecto código 1106-12-11693.

Literatura citada

- Aldana, R; Chacón, P. 1994. Introducción de la hormiga loca *Paratrechina fulva* a la laguna natural de Sonso (Valle del Cauca, Colombia) Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle 13(1):1-14.
- Armbrrecht, I; Perfecto, I. 2003. Litter-twig dwelling ant species richness and predation potential within a forest fragment and neighboring coffee plantations of contrasting habitat quality in Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 97:107-115.
- _____; Rivera, L; Perfecto, I. 2005. Reduced diversity and complexity in the leaf litter ant assemblage of Colombian coffee plantations. *Conservation Biology* 19(3):897-907.
- Benassi, LR. 1995. Levantamento dos inimigos naturais da broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) no norte do Espírito Santo. *Anais da sociedade Entomológica do Brasil* 24(3):635-637.
- Bustillo, AE; Cardenas, MR; Villalba, GD; Benavides, MP; Orozco, HJ; Posada, FF. 1998. Manejo integrado de la Broca del café *H. hampei* (Ferrari) en Colombia. Chinchiná, CO, CENICAFE. 127 p.
- Carroll, CR; Janzen, DH. 1973. Ecology of foraging ants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4:231-257.
- Chacón de Ulloa, P. 1994. Biología e impacto económico de las hormigas. *Palmas* 15(4):25-30.
- _____; Aldana, R. 1997. Biología, impacto y control de la hormiga loca *Paratrechina fulva* introducida al Valle del Cauca. In Congreso de Biología de la Conservación (1) y Tercer Simposio sobre Biodiversidad y Conservación de Ecosistemas de Montaña (3, Cali, CO). Colombia. p. 41.
- Espinal, LS. 1967. Apuntes sobre ecología colombiana. Cali, CO, Universidad del Valle, Departamento de Biología. 32 p.
- Haering, L; Fox, B. 1987. Short – term coexistence and long – term competitive of two dominant species of *Iridomyrmex*: the successional response of ant to regenerating habitats. *Journal of Animal Ecology* 56:496-507.
- Hanson, P. 1991. Los parasitoides asociados al cafeto en Costa Rica. *Manejo Integrado de plagas (Costa Rica)* 20-21:8-10.
- Holldobler, B; Wilson, E. 1990. *The Ants*. Estados Unidos, Harvard University Press. 732 p.
- Ibarra-Núñez, G. 1990. Los artrópodos asociados a cafetos en un cafetal mixto del Soconusco, Chiapas, México, Variedad y abundancia. *Folia Entomológica Mexicana* 79:207-231.
- Levings, SC. 1983. Seasonal, annual, and among-site variation in the ground ant community of a deciduous tropical forest: Some causes of patchy species distributions. *Ecological Monographs* 53(4):435-455.
- Matson, PA; Parton, WJ; Power, AG; Swift, MJ. 1997. Agricultural intensification and ecosystems properties. *Science* 277:504-509.
- Moguel, P; Toledo, VM. 1999. Biodiversity conservation in traditional Systems of Mexico. *Conservation Biology* 13:11-21.
- Paoletti, MG; Pimentel, D; Stinner, BR; Stinner, D. 1992. Agroecosystems biodiversity: matching production and conservation biology. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 40:3-23.
- Passera, L; Keller, L; Suzzoni, JP. 1988. Control of brood male production in the argentine ant *Iridomyrmex humilis* (Mayr). *Psyche* 1-2:59-65.
- Perfecto, I. 1990. Indirect and direct effects in a tropical agroecosystems: the maize-pest-ants system in Nicaragua. *Ecology* 71:2125-2134.

- _____. 1991. Dynamics of *Solenopsis geminata* in a tropical fallow field after ploughing. *Oikos* 62:139-144.
- _____; Vandermeer, J. 1994. Understanding biodiversity loss in agroecosystems: Reduction of ant diversity resulting from transformation of the coffee ecosystems in Costa Rica. *Entomological Trends in Agricultural Science* 2:7-13.
- _____; Vandermeer, J. 1996. Microclimatic changes and the indirect loss of ant diversity in a tropical agroecosystem. *Oecologia* 108:577-582.
- _____; Vandermeer, J; Hanson, P; Cartin, V. 1997. Arthropod diversity loss and the transformation of a tropical agroecosystem. *Biodiversity and Conservation* 6:935-945.
- Petal, J. 1978. The role of ants in ecosystems. *In* Production Ecology of Ants and Termites. Cambridge University Press. p. 293-325.
- Pinkus-Rendón, MA; Ibarra-Núñez, G; Parra-Tabla, V; García-Ballinas, JA; Henaut, Y. 2006. Spider diversity in coffee plantations with different management in Southeast Mexico. *Journal of Arachnology* 34(1):104-112.
- Rivera, LF; Armbrrecht, I. 2005. Diversidad de tres gremios de hormigas en cafetales de sombra, de sol y bosques de Risaralda. *Revista Colombiana de Entomología* 31(1):89-96.
- Root, RB. 1973. Organization of plant-arthropod associations in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). *Ecological Monographs* 43:95-124.
- Samways, M. 1983. Community structure of ants (Hymenoptera: Formicidae) in a series of habitats associated with citrus. *Journal of Applied Ecology* 20:833-847.
- Toledo, VM; Moguel, P. 1996. En Busca de un café sostenible en México: La importancia de la diversidad biológica y cultural. Congreso del Café Sostenible (1). Washintong D.C., Smithsonian Migratory Bird Center. p. 163-170.
- SPSS 11 para Windows 1998. Copyright © 2004, SPSS Inc. SPSS Inc.
- Swift, MJ; Vandermeer, J; Ramakrishnan, PS; Anderson, JM; Ong, CK; Hawkins, BA. 1996. Biodiversity and agroecosystem function. *In* Mooney, HA; Cushman, JH; Medina, E; Sala, OE; and Schulze ED. eds. Functional Roles of Biodiversity: a global perspective. Nueva York, US, John Wiley and Sons. p. 261-298.
- Varón, EH; Hanson, P; Borbón, P; Carballo, M; Hilje, L. 2004. Potencial de hormigas como depredadoras de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en Costa Rica. *Revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*. No 73.
- Vélez, M; Bustillo, A; Posada, FJ. 2000. Predación sobre *Hypothenemus hampei* (Ferrari) de las hormigas *Solenopsis* sp, *Pheidole* sp. y *Dorymyrmex* sp. durante el secado del café. *In* Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN (27, Medellín, CO). Memorias. Colombia. p. 17.
- _____; Bustillo, A; Posada, FJ. 2003. Depredación de *Hypothenemus hampei* (Ferrari) por *Solenopsis geminata* y *Gnamptogenys* sp. (Hymenoptera: Formicidae). Memorias XXX Congreso de la sociedad colombiana de entomología, SOCOLEN (30, Cali, CO). Memorias. Colombia. p. 96.
- Zenner de Polania, I. 1994. Hormigas depredadoras en el ecosistema de palma de aceite. *Palmas* 15(4):33-39.