

¿ES LA SOMBRA BENÉFICA PARA LA DIVERSIDAD DE HORMIGAS Y PESO DEL CAFÉ? UNA EXPERIENCIA EN PESCADOR, CAUCA, COLOMBIA*

María Cristina Gallego-Ropero¹, James Montoya-Lerma² e Inge Armbrecht³

Resumen

Algunas prácticas agroecológicas como la implementación de cultivos en sistemas agroforestales favorecen la biodiversidad y, por ende, la presencia de ciertos agentes de control biológico. Entre estos agentes, las hormigas depredadoras pueden llegar a jugar un papel importante en la producción del cultivo. Este estudio se realizó con el objeto de determinar si la presencia de hormigas puede afectar el peso de la producción de cafetos bajo dos diferentes manejos de sombra arbórea. Se realizaron ensayos, parcialmente controlados, que implicaron la exclusión de hormigas desde la floración hasta cosecha en cuatro cafetales: dos con sombra y dos a libre exposición (sol). En cada cafetal se seleccionaron, al azar, 45 arbustos de café y en cada uno se establecieron dos tratamientos en dos ramas diferentes, con y sin exclusión de artrópodos no voladores. Cada dos semanas, se realizaron colectas de hormigas y cerezas de café a medida que maduraban. Los granos de café se procesaron artesanalmente (despulpa-secado-trilla) hasta obtener pergamino seco, el cual fue pesado. Las hormigas halladas fueron identificadas a género. Aunque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, el peso del café producido tuvo una ligera tendencia a ser mayor en aquellas ramas con presencia de hormigas. En cuanto a la diversidad de éstas, se presentaron 18 géneros y 49 morfoespecies, de las cuales 20 fueron compartidas entre los cafetales de sol y sombra. El sistema de café con sombra presentó una mayor riqueza (42 morfoespecies) que aquel sin sombra (27). Se resalta la presencia de tres especies arbóreas de *Procryptocerus* que fueron únicas del cafetal de sombra. Aunque no concluyentes, los resultados destacan la importancia de la sombra en el manejo de la biodiversidad en los agroecosistemas cafeteros.

Palabras clave: Formicidae, producción de café, prácticas agroecológicas.

IS BENEFICIAL FOR ANT DIVERSITY AND COFFEE WEIGHT? AN EXPERIENCE IN PESCADOR, CAUCA, COLOMBIA

Abstract

Certain agroecological practices, such as implementing crops in agroforest systems favor biodiversity and, consequently the presence of certain biological control agents. Among these agents, predatory ants might play an important role for crop production. This study was intended to determine whether the presence of ants might affect coffee production weight two shade-management systems. Partially controlled trials were carried out, the exclusion of ants in 4 coffee plots: two with tree shade and two without shade (sun). In each plot, 45 coffee bushes were randomly selected and two treatments were established in two branches, with and without exclusion of non-flying arthropods. Ants and coffee grains were collected every two weeks, as they ripen. The coffee grains were manually processed (peeled, dried and thrashed) in order to obtain the final product, which was weighed. Although no statistical differences were found between treatments, coffee weight tended to be higher in

* Recibido 20 de marzo de 2009; aceptado: 31 de octubre de 2009.

¹ Bióloga, MSc. Profesora Asociada Unicauca, Popayán, Cauca, Colombia. E-mail: mgallego@unicauca.edu.co

² Biólogo, PhD. Profesor Asociado Univalle, Cali, Colombia. E-mail: jamesmon@univalle.edu.co

³ Bióloga, PhD. Profesora Asociada Univalle. Cali, Colombia. E-mail: inge@univalle.edu.co

branches with the presence of ants. A total of 18 ant genera and 49 morphospecies were found, from which 20 were shared between shaded and sun coffee plantations. The shaded system was more diverse (42 morphospecies) than the unshaded coffee system (27). Three species of *Procryptocerus* were found only in shaded coffee plantations. Although the results are not conclusive, they suggest that shaded coffee systems are important for biodiversity management in coffee growing regions of the Andean Tropical Mountains of Colombia.

Key words: Formicidae, agroecological practices, coffee production.

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente en América Latina, el café (*Coffea arabica* L.) ha sido sembrado en asocio de grandes árboles perennes tales como el guamo (*Inga* sp.), cachimbo (*Erythrina* sp.), nogal (*Cordia* sp.), matarratón (*Glyricidia* sp.) y otros (e.g. *Piper nigrum* L.), especies que suministran beneficios ecológicos, de índole económico (alimentos y combustibles) y social (paisaje y sensibilidad). Por ejemplo, se conoce que los árboles proveen materia orgánica, como hojas y ramas caídas, en ocasiones facilitan la fijación de nitrógeno, el reciclaje de nutrientes, la estabilidad en el microclima especial para el cultivo, la disminución de la erosión (BEER *et al.*, 1998) y, en ciertos casos, la reducción de la densidad y ataque de plagas (SILESHI *et al.*, 2005).

Desde la década de los 60, con el inicio de la intensificación del cultivo del café, con variedades que toleran exposición, directa o parcial al sol, se ha promovido la eliminación de los grandes árboles y se ha alimentado el debate sobre sus efectos positivos (disminución de la competencia por nutrientes, agua y luz, con el consiguiente aumento de la productividad neta) frente a los negativos (pérdida de diversidad y aumento en el consumo de agroquímicos) en estos sistemas. En otras palabras, aunque en el cultivo de café expuesto al sol, la productividad del cultivo aumenta, éste aumento está relacionado con el incremento de los insumos externos usados como los abonos y pesticidas para el control de plagas y enfermedades. Se ha encontrado que la intensificación de las prácticas agrícolas disminuye las poblaciones de enemigos naturales (NESTEL & DICKSCHEN, 1990), entre ellos las hormigas, especialmente las predadoras (PERFECTO & SNELLING, 1995; PERFECTO *et al.*, 1996; PERFECTO *et al.*, 1997; PERFECTO & VANDERMEER, 2002; ARMBRECHT & PERFECTO, 2003) que, eventualmente, controlan algunas plagas clave. En consecuencia, el uso del sombrío en cafetales es importante si se considera como una práctica agroecológica que favorece la biodiversidad (PERFECTO & VANDERMEER, 2006; GREENBERG *et al.*, 1997) y, por ende, la presencia de agentes de control biológico importantes (PHILPOTT *et al.*, 2006).

En Colombia, el cultivo del café, a pesar de sus precios inestables, aún representa un importante renglón como fuente de divisas y, en las últimas dos décadas, aunque más del 70% de los caficultores se han adherido a prácticas de cultivo intensivo (monocultivos hasta de 10.000 plantas/ha) (BAKER, 1999), aún subsisten minifundios (< 2000 plantas/ha) en los cuales se emplean desde una gran variedad (alrededor de 172 especies clasificadas) hasta una o dos especies de árboles que proveen además de sombra, otros productos como frutos, medicinas, leña, hábitats para animales y ofrecen oportunidad de trabajo al campesino.

En la región de Apía (Risaralda), GALLEGO-ROPERO (2005) encontró que la diversidad de hormigas atraídas a cebos en monocultivos se afectaba negativamente al ser comparada con aquella de policultivos. Esto último explicado en cuanto a la complejidad estructural de la flora y fauna (= diversidad) de estos últimos sistemas (ANDOW, 1991; VAN MELE & VAN LENTEREN, 2002). Sin embargo, es necesario determinar si esas poblaciones de hormigas están ejerciendo una presión sobre diversos herbívoros, especialmente plagas tan limitantes como la broca del café, tanto en el caso de los cafetales bajo sol como en aquellos bajo sombra. La mayoría de los cafetales colombianos ya están establecidos con variedades altamente productivas (e.g. caturra o variedad Colombia) sujetas a plena exposición y, es posible, que, el empleo de sombra en estos cafetales favorezca la presencia de hormigas, que a su vez, podrían estar controlando plagas y afectando favorablemente el peso de la producción. Estos cuestionamientos fueron abordados en este estudio mediante ensayos, parcialmente controlados, que implicaron la exclusión de hormigas desde floración hasta cosecha en cuatro cafetales en el corregimiento de Pescador, Cauca.

METODOLOGÍA

Área de estudio. El trabajo se desarrolló en el Resguardo La Laguna Siberia, corregimiento de Pescador, municipio de Caldon, Cauca (Figura 1). Éste se encuentra ubicado en la zona Andina en la vertiente occidental de la Cordillera Central, en el departamento del Cauca (2°48'49" N; 76°32'71" O). Las fincas seleccionadas para el estudio, se encuentran a una altura de 1420 msnm en promedio y el área corresponde, según HOLDRIDGE (1967), a la zona de vida BhPM con un régimen de lluvias bimodal distribuido en marzo-mayo (principal pico) y septiembre-noviembre. Los suelos son ferrosoles, con pendientes entre 7 y 30%. La vegetación nativa ha sido altamente modificada por presión antropogénica. El café (especialmente la variedad caturra) representa el mayor cultivo en la zona, seguido por plátano (*Musa x paradisiaca* L.), yuca (*Manihot esculenta* K.) y algunos cítricos. La edad de los cafetales oscilaba entre 4 y 5 años al momento del estudio, es decir, estaban en plena producción.

En el área existen pequeños productores de café bajo dos sistemas de cultivo, con y sin sombra de árboles. En ambos, las plantas son cultivadas a densidad mediana (i.e. 3.500 plantas/ha). En el sitio, se seleccionaron dos fincas adyacentes: Alto del Paraíso y La Angélica, representativas del cultivo cafetero de la zona. En cada una se escogieron dos parcelas comerciales, con y sin sombra, estas últimas provistas por árboles de *Inga* y/o plátano (*M. x paradisiaca*). Las áreas de las parcelas cultivadas oscilaron entre 5769 y 7100 m².

Método de muestreo. En cada parcela, comenzando por un punto elegido al azar, se seleccionaron 15 bloques numerados consecutivamente y separados 10 m entre sí y distantes por lo menos 10 metros con relación a los bordes. En cada bloque se escogieron tres arbustos de café (unidad experimental) y en cada arbusto se seleccionaron dos ramas que tuviesen, aproximadamente, la misma cantidad de ramilletes de flores. A una de las ramas aleatoriamente se le asignó el tratamiento 1 (T₁) consistente en la restricción del ingreso libre de hormigas y cualquier otro artrópodo caminador. A la segunda rama se le asignó el tratamiento 2 (T₂) o

control, sin restricción alguna al paso de insectos caminadores. Para garantizar la no presencia de hormigas en T_1 , al momento de instalarlo, primero se sacudió la rama para retirar cualquier nido de hormigas presente y, seguidamente, se aplicó, en la base de la rama un pegante resistente al agua y al secado conocido como pegapie (Tanglefoot®, Gran Rapids, Michigan). Se revisó, además, que ninguna hoja de la rama, ni parte de ella entrará en contacto con otras ramas, arbustos o árboles durante todo el estudio cada semana o cada dos semanas. El pegante fue reforzado cada vez que fue necesario. Cada arbusto de café y rama fueron debidamente marcados con cintas de colores. Para cada parcela se obtuvieron 45 unidades muestrales (cafeto), cada una con dos tratamientos T_1 (excluido) y T_2 (no excluido). En total se tuvieron 180 unidades muestrales durante el estudio. En todos los casos el manejo de las parcelas fue el básico, *i.e.* deshierbe con machete, poda y poca o ninguna aplicación de fertilizantes e insecticidas.

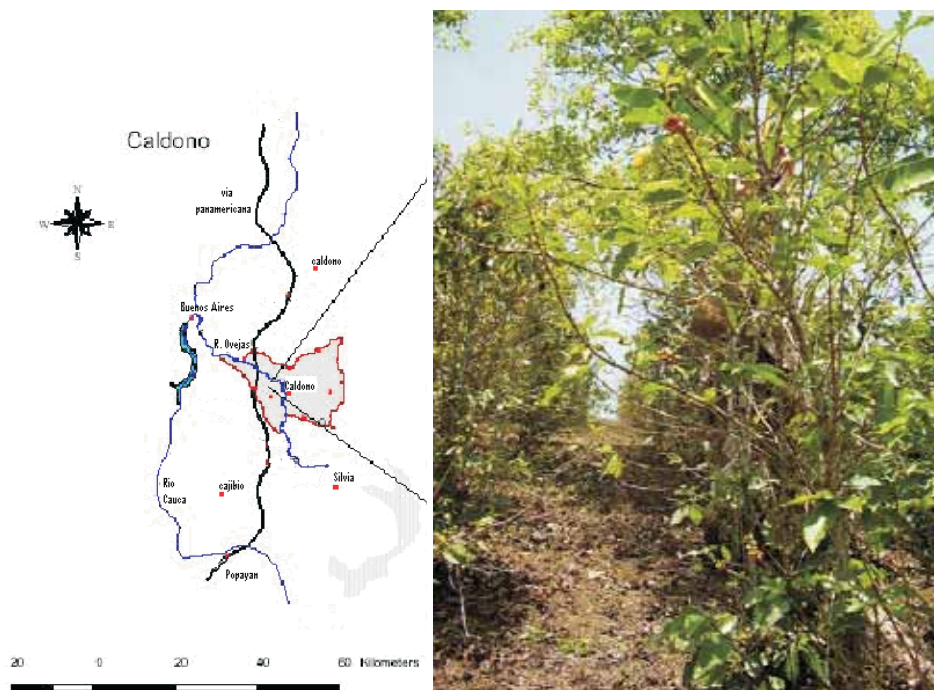


Figura 1. Ubicación del área de estudio, municipio de Caldono; e ilustración de una planta de café en un cafetal sin sombra.

El experimento inició en la época de floración del café (julio 2006), a partir de ese momento se realizaron monitoreos semanales para reforzar el pegante y para coleccionar las hormigas que fuesen encontradas. Desde febrero de 2007 y con una regularidad semanal, se empezó la cosecha, consistente en recoger las cerezas de café en la medida en que estas iban madurando. El café cosechado fue pesado en fresco e inspeccionado en búsqueda de broca (*Hypothenemus hampei* Fer., Coleóptera: Curculionidae: Scolytinae). Posteriormente este café fue despulpado, fermentado, lavado, secado y, nuevamente, pesado para estimar el valor de café

pergamino en seco. Se recolectaron datos hasta julio de 2007, al culminar la cosecha cafetera.

Las hormigas colectadas se guardaron en viales debidamente rotulados con toda la información del muestreo y se preservaron en alcohol etílico al 70%. En el laboratorio, se identificaron hasta género usando las claves de HÖLLDOBLER & WILSON (1990), LATTKE (1993) y BOLTON (1994) y mediante comparación directa con especímenes de la colección de referencia de la Universidad del Valle (MEUV). Copias del material reposan en el Museo de Historia Natural de la Universidad del Cauca (Popayán) y en la colección del Museo de Entomología de la Universidad del Valle (Cali).

Análisis de datos. Luego de ser depurados los datos, se analizaron para ajuste a la normalidad. Para cada una de estas variables se realizó un análisis de varianza de dos vías combinando los diferentes sitios de experimentación en el que se consideraron los sitios y los tratamientos como efectos fijos. Las variables de respuesta analizadas fueron número total de granos (totgrano) y peso total de granos (totpeso). Con el objetivo de estabilizar las varianzas se utilizó para totgrano una transformación raíz cuadrada de la variable + 0,5. Para la variable totpeso se utilizó la transformación logaritmo natural +1. Se evaluó la significancia de los efectos de tratamiento, sitio y la interacción sitio por tratamiento y, posteriormente, se estimaron por mínimos cuadrados los promedios y diferencias para sitios y tratamientos, así como tratamientos dentro y fuera de cada uno de los sitios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las especies y morfoespecies de hormigas encontradas, así como el número de veces colectadas en cada uno de los ambientes, se muestran en la Tabla 1. Se encontró mayor riqueza de especies de hormigas en el cafetal con sombra, que alcanzó a ser casi el doble que en el sistema sin sombra (Figura 2). El principal aporte para esta diferencia proviene de la presencia de especies de *Crematogaster* y *Procryptocerus* (Tabla 1). Esto concuerda con estudios previos (GALLEGO-ROPERO, 2005; RIVERA & ARMBRECHT, 2005; PHILLPOTT *et al.*, 2006) en los cuales esta diferencia es explicada en términos de la variedad de microclimas que los árboles ayudan a generar en el cultivo y que son aprovechados por las hormigas permitiendo, a su vez, una reducción en el estrés ambiental dentro de los cafetales de *C. arabica* (MUSCHLER, 2004).

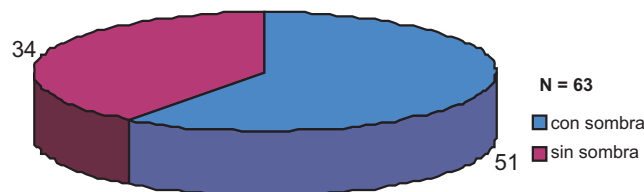


Figura 2. Número de especies de hormigas registradas en los dos sistemas de manejo del cafetal.

En cuanto a la diversidad de hormigas se registraron 21 géneros y 63 morfoespecies, de las cuales 22 fueron compartidas entre los dos sistemas de sol y sombra (Tabla 1). Aquí cabe resaltar la abundancia y dominancia de una especie, *Linepithema neotropicum* Wild, en ambos sistemas de cultivo, pero cuyo mayor registro fue en el cafetal con sombra. En contraste, *Wasmannia* 01, la segunda especie en abundancia, fue predominante en el cafetal sin sombra. Las especies de estos géneros se caracterizan por ser invasoras de alta capacidad reproductiva y, en ocasiones, se constituyen en plagas e indicadores de ambientes altamente alterados (THOMAS *et al.*, 2005). Finalmente, se resalta la presencia en los cafetales con sombra de tres especies de *Procryptocerus*, de hábito exclusivamente arbóreo. Esto puede ser consecuencia de su actividad como descomponedoras de madera (WHEELER, 1984).

Tabla 1. Lista de morfoespecies de hormigas colectadas durante el desarrollo del experimento en los dos sistemas de manejo del cafetal. El valor registrado, hace referencia a la frecuencia de colectada de las hormigas durante las evaluaciones.

Morfoespecies	SISTEMA DE CULTIVO	
	con sombra	sin sombra
<i>Atta</i>	3	8
<i>Azteca</i> 01	4	
<i>Brachymyrmex</i>	32	30
<i>Brachymyrmex</i> 02	1	7
<i>Brachymyrmex</i> 03	1	
<i>Camponotus</i> 01	3	
<i>Camponotus</i>	7	8
<i>Camponotus</i>		1
<i>Camponotus</i> 04		9
<i>Camponotus</i> 07	3	
<i>Camponotus</i> 08	4	4
<i>Camponotus</i> 12	2	
<i>Camponotus</i> 15	1	
<i>Camponotus</i> 14	1	5
<i>Camponotus</i> 16		2
<i>Cardyochondyla</i> 03	1	
<i>Cephalotes</i> 02	1	1
<i>Crematogaster</i> 01	13	4
<i>Crematogaster</i> 02	15	2
<i>Crematogaster</i> 03	13	
<i>Crematogaster</i> 05	8	
<i>Crematogaster</i> 06	18	1
<i>Crematogaster</i> 07	6	
<i>Crematogaster</i> 14	2	
<i>Cyphomyrmex</i>	1	
<i>Dolichoderus</i> 01	1	
<i>Eciton</i> 01	4	

Morfoespecies	SISTEMA DE CULTIVO	
	con sombra	sin sombra
<i>Ectatoma</i>		19
<i>Labidus</i>	8	
<i>Labidus</i> 03	1	
<i>Leptothorax</i> 01	9	2
<i>Leptothorax</i> 02	5	
<i>Leptothorax</i> 03 (alado)		2
<i>Leptothorax</i> 04	4	
<i>Leptothorax</i>	1	1
<i>Linepithema</i>	188	142
<i>Linepithema</i> 04	10	6
<i>Pachychondyla</i> 01	1	
<i>Pachychondyla</i>	3	2
<i>Paratrechina</i>	4	
<i>Pheidole</i> 01	4	1
<i>Pheidole</i> 02		1
<i>Pheidole</i> 05		2
<i>Pheidole</i> 16	5	3
<i>Procryptocerus</i> 01	28	
<i>Procryptocerus</i> 02	7	
<i>Procryptocerus</i> 03	3	
<i>Procryptocerus</i> (alado)	2	
<i>Pseudomyrmex</i> 00		1
<i>Pseudomyrmex</i> 01	14	3
<i>Pseudomyrmex</i> 02	3	
<i>Pseudomyrmex</i> 04	1	
<i>Pseudomyrmex</i> 05		5
<i>Pseudomyrmex</i> 07	8	2
<i>Pseudomyrmex</i> 10	6	7
<i>Pseudomyrmex</i> 14	4	2
<i>Pseudomyrmex</i> 16	1	
<i>Pseudomyrmex</i> 17	1	
<i>Pseudomyrmex</i> (alado)		1
<i>Pseudomyrmex</i> 18		1
<i>Solenopsis</i> 03		3
<i>Solenopsis</i> (alado)	1	
<i>Wasmannia</i>	7	50

De acuerdo con las preferencias alimenticias, se encuentra que el sistema sin sombra presentó el mayor número de especies competitivamente dominantes (tipo *Wasmannia*, *Solenopsis* y *Ectatomma*) capaces de excluir otras especies.

En contraste, el sistema de sombra presentó especies de *Procryptocerus* que, generalmente, son poco abundantes y nunca dominantes (LONGINO & SNELLING, 2002) propias de selvas tropicales. No obstante, estas diferencias en cuanto a la presencia de hormigas predadoras, no se observaron diferencias significativas, entre tratamientos y controles, con relación a la presencia de la broca del café, cuyas poblaciones fueron casi insignificantes. Una explicación a este hecho recae en la posible efectividad de los métodos de control contra este insecto aplicados previamente en la zona. Algunas especies de *Brachymyrmex*, *Pseudomyrmex* y *Crematogaster* están generalmente asociadas a la presencia y mantenimiento de Coccoidea (especialmente escamas), importantes plagas en cafetales que, en ocasiones, pueden afectar la productividad tanto como la misma broca.

La sombra favorece las condiciones microecológicas, incluyendo delicadas relaciones biológicas con micorrizas (MULETA *et al.*, 2008), factores que, a su vez, benefician la diversidad de hormigas. En los últimos años se ha hecho énfasis sobre el papel de las hormigas como agentes controladores de plagas en el café (VÉLEZ *et al.*, 2000; VANDERMEER *et al.*, 2002) entre ellas la broca *H. hampei* y se han realizado algunos estudios detallados sobre su capacidad predadora (VARON *et al.*, 2004; GALLEGO & ARMBRECHT, 2005). Por otro lado, especies de *Ectatoma*, género presente en la zona, han sido encontradas predando ninfas-larvas de garrapatas (SANTAMARÍA *et al.*, en prensa) y algunas de *Camponotus* que aunque generalistas (LONGINO, 2009) atacan plagas en caña de azúcar, lo cual permite preguntarse sobre su funcionalidad en los sistemas cafeteros. No obstante, sería aconsejable realizar un análisis detallado a la luz de las interacciones tróficas que se dan en cada uno de los sistemas.

En total se colectaron 11.489 cerezas de café, cuyo peso en fresco fue de 12.605 gramos y en seco de 4.260,39. La Figura 3a, muestra la distribución de cerezas y su peso correspondiente de acuerdo al tipo de cafetal muestreado. Se debe aclarar que la imposibilidad de controlar todas las variables en el campo no permitió un mejor análisis de los resultados, sin embargo los resultados destacan la importancia de la sombra en el manejo de la biodiversidad en los agroecosistemas cafeteros.

La cosecha total en los cafetales sin sombra fue mayor. No obstante, sin representar una diferencia estadísticamente significativa, el peso promedio total de las cerezas en los cafetales con sombra fue mayor que en los cafetales de sol, de tal manera que el peso promedio por cereza fue más alto en este sistema (Figura 3b). Aunque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Tabla 2), al comparar el peso de café producido dentro de cada hábitat, los promedios son ligeramente mayores en las ramas que presentaron hormigas en cafetales con sombra (Figura 3b).

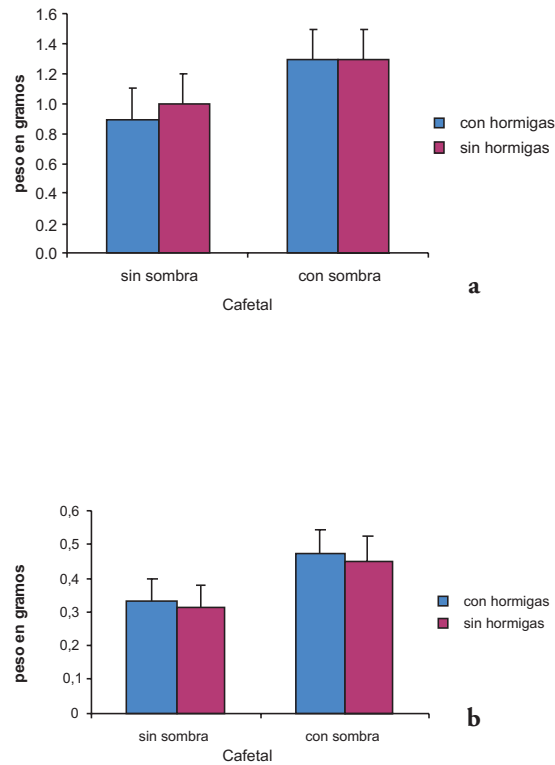


Figura 3. a) Peso promedio de cerezas de café maduras colectadas en los dos sistemas de cultivo (sol y sombra) y bajo los dos tratamientos. b) Peso promedio de café pergamino seco en los dos sistemas (sol y sombra) y bajo los dos tratamientos.

Tabla 2. Análisis de las interacciones de la variable total grano (productividad) con respecto al sitio (1= sombra, 2= sol) y los tratamientos (CH= con hormigas; SH= sin hormigas).

sitio	tratamientos	Diferencia promedios	Error estándar	GL	Valor t	significancia
	CH SH	-17,056	14,423	176	-1,18	0,2386
1:1	CH SH	0,6444	28,846	176	0,22	0,8235
1:2	CH SH	-0,7111	28,846	176	-0,25	0,8056
2:1	CH SH	0,3778	28,846	176	0,13	0,8960
2:2	CH SH	-71,333	28,846	176	-2,47	0,0144

Aunque sugestivos, nuestros resultados no son concluyentes. Este estudio no demuestra que los insectos caminadores, incluyendo las hormigas, disminuyan o aumenten la producción de café en las parcelas de café estudiadas en el Cauca. Una posible razón es que existen interacciones ecológicas complejas, no detectadas

aquí, que involucran la presencia de arañas, aves, insectos y otros artrópodos relacionándose en complejas redes tróficas (PHILPOTT *et al.*, 2008). Por ejemplo, PERFECTO & VANDERMEER (2006) en un estudio realizado en México, encontraron evidencia en la relación mutualista entre la hormiga *Azteca instabilis* y *Coccus viridis*, la cual puede acarrear beneficios indirectos a los cafetos a través de la reducción de la broca del café (cuya proporción se reducía a medida que aumentaban las escamas en los territorios de la hormiga). Este caso ilustra cómo las relaciones entre peso de café y la presencia de hormigas pueden ser indirectas. Se conoce que varias especies de pseudocócidos que se desarrollan sobre el café atraen a las hormigas mediante las secreciones azucaradas que producen (GARCÍA, 1992) y que, a su turno, las hormigas sirven de mecanismos de dispersión de los homópteros (WILLIAMS, 1996).

En Colombia el cultivo de café aún representa un importante renglón como fuente de divisas y todavía subsisten minifundios (< 2000 plantas/ha) donde se emplean una gran variedad de especies arbóreas para proveer sombra, por lo tanto es de importancia contextualizar los resultados del presente estudio de forma que permitan cuantificar la sumatoria de todos los aportes de esos pequeños incrementos del peso del grano de café en una productividad total sumado a los valores agregados que la diversidad ofrece al campesino y su medio ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su gratitud al Programa de Ciencia y Tecnología de COLCIENCIAS por el apoyo económico (Proyecto No. 1106-07-17808, Programa de Ciencia y Tecnología Agropecuaria). A la Universidad del Valle. A C. Moreno (CENICAÑA) por la orientación en el análisis de los datos. A los agricultores Célmo Argote, Sr. Franco, de la zona del Descanso, Pescador, por facilitar el acceso a sus propiedades.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDOW, M.C., 1991.- Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology*, 36: 561-586.
- ARMBRECHT, 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 & Environment*, 97: 107-115.
- BAKER, P., 1999.- *La broca del café en Colombia*. Informe final del Proyecto MIP DFID. Cenicafé-CABI-BioScience. CNTR93/1536A.
- BEER, J., MUSCHLER, R., KASS, D. & SOMARRIBA, E., 1998.- Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems*, 38: 139-164.
- BOLTON, C.M., 1994.- *Identification guide to the ant genera of the world*. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts. 222 p.
- GALLEGO-ROPERO, M.C., 2005.- Intensidad del manejo del agroecosistema del café (*Coffea arabica* L.) (monocultivo y policultivo) y riqueza de especies generalistas. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 6 (2): 16-29.
- GALLEGO-ROPERO, M.C. & ARMBRECHT, I., 2005.- Depredación por hormigas sobre la broca del café *Hypothenemus hampei* (Curculionidae: Scolytinae) en cafetales cultivados bajo dos niveles de sombra en Colombia. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 76: 32-40.
- GARCÍA, A., 1992.- *Las cohinillas del café*. Guatemala, Anacafé. 10 p.
- GREENBERG, R., BICHER, P., CRUZ-ANGÓN, A., REITSMA, R., 1997.- Bird populations in shade and sun coffee plantations in central Guatemala. *Conservation Biology*, 11 (2): 448-459.
- HOLDRIDGE L.R., 1967.- *Life zone ecology*. San José, CR, Tropical Science Center. 206 p.
- HÖLDOBLER & WILSON, E.O., 1990.- *The Ants*. Belknap Press, Cambridge, Massachusetts.

- LATTKE, J., 1993.- Claves para la determinación de las subfamilias y géneros de hormigas neotropicales (en) JAFFE, K. LATTKE, J. & PÉREZ, E. (eds.) *El mundo de las hormigas*. Equinoccio Ediciones. Universidad Simón Bolívar, Venezuela. 196 p.
- LONGINO, J.T., 2009.- Ants of Costa Rica. En: <http://academic.evergreen.edu/projects/ants/AntsofCostaRica.html> [Consulta: enero de 2009].
- LONGINO, J.T. & SNELLING, R.R., 2002.- A taxonomic revision of the *Procryptocerus* (Hymenoptera: Formicidae) of Central America. *Contributions in Science*, 495: 1-30.
- MULETA, D., FASSIL, A., SILESHI, N. & ULF, G., 2008.- Distribution of arbuscular mycorrhizal fungi spores in soils of smallholder agroforestry and monocultural systems in southwestern Ethiopia. *Biology and Fertility of Soils*, 44 (4): 563-659.
- MUSCHLER, R.G., 2004.- Shade management and its effect on coffee growth and quality: 391-418 (en) WINTGENS JN (ed.) *Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production. A guidebook for growers, processors, traders, and researchers*. Weinheim, Germany: Wiley-VCH. 976 p.
- NESTEL D. & DICKSCHEN, F., 1990.- The foraging kinetics of ground ant communities in different Mexican coffee agroecosystems. *Oecología*, 84: 58-63.
- PERFECTO, I. & SNELLING, R., 1995.- Biodiversity and the transformation of a tropical agroecosystem - ants in coffee plantations. *Ecological Applications*, 5: 1084-1097.
- PERFECTO I., RICE, R., GREENBERG, R. & VAN DER VOORT, M.E., 1996.- Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. *BioScience*, 46: 598-608.
- PERFECTO, I. & VANDERMEER, J., 2002.- Quality of agroecological matrix in a tropical montane landscape: ants in coffee plantations in southern Mexico. *Conservation Biology*, 16: 174-182.
- _____, 2006.- The effect of an ant-hemipteran mutualism on the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) in southern Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 117: 218-221.
- PERFECTO I., VANDERMEER J., HANSON, P. & CARTIN, V., 1997.- Arthropod biodiversity loss and the transformation of a tropical agroecosystem. *Biodiversity and Conservation*, 6: 935-945.
- PHILPOTT S.M., PERFECTO, I. & VANDERMEER, J., 2006.- Effects of management intensity and season on arboreal ant diversity and abundance in coffee agroecosystems. *Biodiversity and Conservation*, 15: 139-155.
- _____, 2008.- Effects of predatory ants on lower trophic levels across a gradient of coffee management complexity. *Journal of Animal Ecology*, 77: 505-511.
- RIVERA, L. & ARMBRECHT, 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.
- SANTAMARÍA, C., ARMBRECHT, I. & LACHAUD, J. P., 2009.- Nest distribution and food preferences of *Ectatomma ruidum* (Hymenoptera: Formicidae) in shaded and open cattle pastures of Colombia. *Sociobiology*, 53 (2): 1-25.
- SILESHI, G., MAFONGOYA, P. L., KWESIGA, F. & NKUNIKA, P., 2005.- Termite damage to maize grown in agroforestry systems, traditional fallows and monoculture on nitrogen-limited soils in eastern Zambia. *Agricultural and Forest Entomology*, 7: 61-69.
- THOMAS, M.L., TSUTSUI, N.D. & HOWAY, D.A., 2005.- Intraspecific competition influences the symmetry and intensity of aggression in the Argentine ant. *Behavioral Ecology* 16: 472-481.
- VAN MELE, P. & VAN LENTEREN, J. C., 2002.- Survey of current crop management practices in a mixed ricefield landscape, Mekong Delta, Vietnam - potential of habitat manipulation for improved control of citrus leafminer and citrus red mite. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 88: 35-48.
- VANDERMEER, J., PERFECTO, I., IBARRA-NÚÑEZ, G., PHILPOTT, S. & GARCÍA-BALLINAS, J. A., 2002.- Ants (*Azteca* sp.) as potential biological control agents in organic shade coffee production in Southern Chiapas, Mexico: complication of indirect effects. *Agroforestry Systems*, 56: 271-276.
- VARON, E.H; 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*, 73: 9.
- VÉLEZ M., BUSTILLO, A.E. & POSADA F.J., 2000.- *Predación sobre Hypothenemus hampei (Ferrari) de las hormigas Solenopsis spp., Pheidole spp. y Dorymyrmex spp. durante el secado del café*. Resúmenes XXVII Congreso. Sociedad Colombiana de Entomología, Medellín, Colombia. p. 17.
- WHEELER D.E., 1984.- Behavior of the ant, *Procryptocerus scabriusculus* (Hymenoptera: Formicidae), with comparisons to other Cephalotines. *Psyche*, 91 (3-4): 171-192.
- WILLIAMS, D.J., 1996.- A brief account of the hibiscus mealybug *Maconellicoccus hirsutus* (Hemiptera: Pseudococcidae), a pest of agriculture and horticulture, with descriptions of two related species from southern Asia. *Bulletin of Entomological Research*, 86: 617-628.