

Hormigas cazadoras (Formicidae: grupos Poneroides y Ectatomminoide) en paisajes cafeteros de Colombia

García Cárdenas R., Zabala G. A. y Botero J. E.

Introducción

La biodiversidad en paisajes rurales es un tema que ha despertado gran interés en años recientes desde los puntos de vista científico y de la conservación (Usher 1997, Ormerod y Watkinson 2000). En parte este interés ha surgido debido a la magnitud de la transformación de los hábitats naturales que ha ocurrido en muchas zonas rurales productivas del mundo y, por lo tanto, debido a la necesidad y urgencia de encontrar oportunidades de conservación de la biodiversidad en esas regiones y de desarrollar herramientas útiles para lograr esa conservación (Petit y Petit 2003). En las últimas décadas se han adelantado estudios en diferentes regiones agrícolas productivas, en diferentes tipos de paisajes rurales y a diversas escalas espaciales, ya sea a nivel de lote de cultivo, de unidad productiva o de región (Petit y Petit 2003).

Entre los diversos paisajes productivos que han recibido mayor atención en este tipo de investigaciones está la caficultura. El café es un cultivo semipermanente de arbustos, que puede encontrarse en zonas montañosas de laderas en ciertas regiones y en otras bajo un estrato arbóreo, denominado sombrío. Debido a estas características y a sus potenciales económicos, el café ha surgido como un sistema productivo con posibilidades para apoyar la conservación de la biodiversidad regional, ya sea suministrando albergue para muchas

especies o mejorando la conectividad de la matriz en los paisajes rurales.

El café ha sido uno de los productos agrícolas de mayor influencia en el desarrollo económico de Colombia en el siglo XX (Pizano 2001); y al igual que en varios países latinoamericanos, durante varias décadas fue uno de los principales productos de exportación. En Colombia, la producción de café ha tenido una importante influencia en el desarrollo y transformación de gran parte de la región andina localizada entre 1.000 y 2.000 msnm en las tres cordilleras colombianas y la Sierra Nevada de Santa Marta. A pesar de que el café no es el único sistema productivo en esa zona, su influencia económica, social y cultural ha sido tan marcada, que esas regiones han llegado a ser conocidas como regiones cafeteras.

Un buen número de estudios se han sido realizados sobre la biodiversidad en diferentes regiones cafeteras del mundo (Greenberg *et al.* 1997a, Greenberg *et al.* 1997b, Shahabuddin 1997, Calvo y Blake 1998). Algunos de estos estudios han identificado el valor de ciertos sistemas productivos de café y otros han evaluado las diferencias entre los variados sistemas, como por ejemplo entre café con sombra y café al sol (Greenberg *et al.* 1997a) o entre diferentes tipos de sombrío (Greenberg *et al.* 1997b; Calvo y Blake 1998; Moguel y Toledo

1999). Estos estudios confirman que algunos sistemas cafeteros son de gran valor para la conservación de la biodiversidad (Perfecto *et al.* 1996). Otros estudios han demostrado que la biodiversidad puede reducirse en monocultivos de café a libre exposición debido a cambios en la luz y en la hojarasca (Perfecto y Vandermeer 1996, Armbrrecht *et al.* 2005) y a la reducción de los sitios de nidificación para diversas especies (Perfecto y Vandermeer 1994, Roberts *et al.* 2000). En estos casos las hormigas han resultado ser un grupo útil en términos de biodiversidad y conservación (Armbrrecht y Ulloa-Chacón 1999). La calidad de matriz que circunde a los bosques determinará la presencia de ciertas especies en estos, así el café a libre exposición podría funcionar como un sumidero para algunas poblaciones de hormigas nativas de bosques cercanos, y el café con sombra podría sostener poblaciones e incluso funcionar como fuente de especies (Perfecto y Vandermeer 2002).

Con el objeto de caracterizar la biodiversidad en el paisaje cafetero colombiano, Cenicafe, con el apoyo del Instituto Alexander von Humboldt, realizó inventarios de aves, hormigas terrestres y vegetación en los principales elementos del paisaje cafetero en tres localidades diferentes. Este estudio

hace parte la Línea de Investigación en Biodiversidad en Paisajes Rurales financiada por el proyecto «Conservación y uso sostenible de biodiversidad en los Andes colombianos», el cual buscó priorizar sitios importantes para la conservación en diferentes paisajes agropecuarios del país.

El paisaje cafetero colombiano, actualmente se caracteriza por ser un mosaico de sistemas productivos, con algunos remanentes de hábitats naturales, los cuales adquieren especial importancia para la conservación de ciertas especies. Teniendo en cuenta lo anterior, esta investigación tuvo como propósito la caracterización biológica de hormigas cazadoras en los diferentes elementos del paisaje cafetero de los Andes colombianos. Entre las hormigas terrestres colectadas en el estudio, el grupo de las hormigas cazadoras tuvo una importancia especial. En este capítulo queremos presentar los resultados iniciales de las colecciones de hormigas cazadoras que se hicieron en diferentes elementos del paisaje en tres regiones cafeteras de Colombia. Dos objetivos principales se consideraron en la elaboración de este capítulo: primero presentar la composición de la comunidad de hormigas cazadoras presentes en las tres zonas cafeteras muestreadas y segundo, comparar los diferentes tipos de elementos del paisaje encontrados.

Metodología

Área de estudio

Como parte de la caracterización de la biodiversidad en paisajes rurales cafeteros, se realizaron muestreos de hormigas en tres localidades cafeteras del país, denominadas «ventanas». Las tres ventanas de 2.500 ha cada una, estuvieron localizadas en un rango altitudinal comprendido entre 1.200 y 1.800 m y

ubicadas en el departamento del Valle del Cauca, municipio de El Cairo (ventana 1), departamento de Antioquia, municipio de Támesis (ventana 2) y departamento de Santander, municipios de San Gil, Páramo, Pinchote y Socorro (ventana 3).

Ventana 1: El Cairo, departamento del Valle

Esta ventana estuvo localizada en la zona cafetera del municipio de El Cairo, en el extremo noroccidental del departamento del Valle del Cauca, sobre la cordillera Occidental. Comprendió

porciones de 14 veredas localizadas inmediatamente al sur y occidente de la cabecera municipal. En esta región, el Comité Departamental de Cafeteros del Valle, en asocio con Conservación Internacional,

promueven un programa de café de conservación que incluye la producción orgánica de café. Los principales sistemas productivos de esta ventana fueron café con sombra, potreros y cultivos de caña panelera. El café de la zona debe ser producido bajo sombra, debido a las limitaciones que imponen las condiciones climáticas regionales. La parte alta de esta región, es denominada Serranía de los Paraguas, una zona de importancia para la conservación por su cercanía con la región chocoana.

Cuatro elementos del paisaje fueron estudiados en esta ventana: bosque secundario, café con sombra, café en cañada, potrero con rastrojo bajo, potrero

limpio y caña panelera (Tabla 1). El café con sombra fue el elemento predominante en la región. Sin embargo, se encontró que el sombrío es relativamente uniforme y con pocas especies. En total se registraron 13 especies de árboles en los transectos de vegetación muestreados en los ocho cafetales con sombra, entre las cuales predominaron los guamos, del género *Inga*. La ventana también incluyó varios fragmentos pequeños de bosque secundario. Sin embargo, la vegetación de las cañadas ha sido reemplazada por café u otros cultivos. Se encontró, además, que los fragmentos de bosque eran de tamaños pequeños y estaban desconectados entre sí, y también de los bosques de las partes altas de la Serranía de los Paraguas.

Ventana 2: Támesis, departamento de Antioquia

La segunda ventana de estudio estuvo localizada en el municipio de Támesis, en el departamento de Antioquia, sobre la vertiente oriental de la cordillera Occidental. Comprende un área que se extendió desde la vereda La Virgen hacia el sur, pasando por la cabecera municipal e incluyó porciones de ocho veredas. Los sistemas productivos predominantes fueron café con sombra y al sol y potreros. Se encontraron algunos cafetales orgánicos, de los cuales cuatro fueron incluidos en el estudio.

Siete elementos del paisaje fueron estudiados en la ventana de Támesis: café con sombra y a libre exposición, café orgánico, potreros con rastrojo bajo, potreros arbolados, cerca viva y rastrojo alto (Tabla 1). Sólo se encontraron fragmentos de rastrojo alto, principalmente a lo largo de cañadas, con alturas promedio entre 7 y 12 m, que presentaron especies de sucesiones tempranas. La cobertura vegetal en algunas de estas cañadas se extendía hacia las partes altas, convirtiéndose en conectores o corredores de biodiversidad con los bosques de esa zona.

Ventana 3: San Gil, Páramo, Pinchote y Socorro, departamento de Santander

La tercera ventana de estudio estuvo localizada en la zona cafetera de Santander, en porciones de los municipios de San Gil, Páramo, Pinchote y Socorro, en terrenos de once veredas diferentes. Esta zona está ubicada sobre la vertiente occidental de la cordillera Oriental. Sus condiciones climáticas son diferentes a las de las dos zonas anteriores, con precipitaciones más bajas y períodos secos más prolongados. En esta zona, la caracterización de las hormigas se realizó al final del período seco. Los sistemas productivos predominantes fueron café con sombra y potreros para producción ganadera. Además, se encontró caña panelera y maíz. De las tres ventanas, ésta es la que cuenta con la más larga historia de ocupación histórica y

posiblemente la que ha sufrido una mayor alteración en sus hábitats naturales.

Los elementos seleccionados en esta zona fueron café con sombra, potrero con rastrojo, potrero arbolado, cerca viva y rastrojo alto (Tabla 1). Los cafetales fueron primordialmente de sombra, con una proporción significativa de café orgánico y con otros tipos de certificaciones ambientales otorgadas por Rainforest Alliance, a través de la Fundación Natura. La mayoría de los rastrojos existentes fueron franjas pequeñas de vegetación alrededor de las cañadas y en algunos casos en pequeños fragmentos aislados en cimas de montañas, con especies de sucesión secundaria temprana.

Tabla 1
Descripción de los elementos encontrados en las tres ventanas de estudio

Ventanas	Elementos	Réplicas
1. Municipio de El Cairo Departamento del Cauca	Bosque secundario	4
	Café con sombra	8
	Café con sombra en cañada	8
	Caña panelera	3
	Potrero con rastrojo	8
	Potrero limpio	2
2. Municipio de Támesis Departamento de Antioquia	Rastrojo Alto	8
	Café con sombra	8
	Café a libre exposición	4
	Cerca viva	8
	Potrero arbolado	8
	Potrero con rastrojo	8
3. Municipios de Pinchote, Páramo y Socorro Departamento de Santander	Rastrojo Alto	6
	Café con sombra	8
	Cerca viva	7
	Potrero arbolado	7
	Potrero con rastrojo	8

Elementos del paisaje

Cada ventana de 2.500 ha fue dividida en ocho segmentos de igual tamaño, los cuales fueron ubicados espacialmente de forma que la ventana cubriera áreas dentro del rango altitudinal de las zonas cafeteras. Debido a las características topográficas de las zonas, la disposición espacial de los ocho segmentos varió de acuerdo con las condiciones de la región. En cada ventana se seleccionaron los elementos más representativos del paisaje, los cuales en lo posible debieron abarcar un área total mayor al 5% del área de la ventana. Por lo tanto, el número y el tipo de elementos del paisaje y el número de réplicas no fue el mismo para las tres ventanas y dependió de las características de cada región. El número de réplicas para cada elemento varió dependiendo de su

presencia o ausencia en los segmentos y en las ventanas (Tabla 1).

Las tres ventanas de estudio se caracterizaron por ser mosaicos con diferentes tipos de uso del suelo, en donde predominó una matriz cafetera. No obstante, en las tres regiones se detectó una tendencia al reemplazo de café por potreros, sin embargo este proceso no fue evaluado. Además, como en muchos de los paisajes rurales colombianos, se encontró una eliminación casi total del bosque.

Las tres ventanas mostraron diferencias en el tipo de elementos del paisaje presentes, número de réplicas e incluso en las características de esos

elementos. Por ejemplo, mientras los sombríos en El Cairo tuvieron una diversidad baja, en Santander ésta fue alta. Mientras en El Cairo se encontraron fragmentos de bosque, en Tamesis y Santander la

vegetación natural sólo pudo ser considerada como propia considerado como propio de rastrojos altos. De igual manera se encontraron diferencias en las características de las cercas vivas y en los potreros.

Colecta de datos

El muestreo de hormigas se realizó siguiendo el protocolo metodológico desarrollado por el Instituto Alexander von Humboldt y adaptando algunas modificaciones. Éste protocolo establece, que en cada estación de muestreo se realizan dos transectos de 50 m de longitud separados entre sí por una distancia de 50 m. En cada estación de muestreo se ubican 12 puntos de muestreo a intervalos de 10 m. Cada punto de muestreo fue referenciado con GPS y nombrado con un código para facilitar su ubicación.

En los puntos de muestreo se utilizaron dos métodos de captura. El primero corresponde a trampas de caída, que consiste en vasos desechables semillenos con una solución de agua-alcohol. Estos vasos se entierran en el suelo y se dejan actuar por 24 horas. El segundo método consiste en la recolección de un metro cuadrado de hojarasca, el cual se pasa por un cernidor y posteriormente se coloca en los sacos mini-Winkler durante 48 horas. Los métodos de captura fueron intercalados en cada punto de conteo a lo largo del transecto.

Análisis de Datos

La información recolectada se organizó de forma preliminar en una base de datos en Excel. Para evaluar la diversidad alfa, se consideró a la abundancia como el número de capturas y la riqueza como el número de especies en cada sitio de muestreo. El índice de diversidad de Shannon se evaluó utilizando el programa BioDiversity Pro[®] versión 2. La eficiencia de los muestreos se midió mediante el análisis de curvas de acumulación de especies, con el estimador no paramétrico Chao2 basado en la incidencia, usando el programa

Las hormigas colectadas en campo fueron separadas por morfoespecies utilizando un estereoscopio. Además se le asignó un código a cada una de ellas para la elaboración de una colección de referencia, la cual se preservó en frascos con alcohol al 70% y en colecciones en seco. En la determinación de hormigas se utilizó la clave morfológica de subfamilias y géneros para Colombia de Palacio et al. (Sin publicar), Hölldobler y Wilson (1993) y Jaffe *et al.* (1993). La confirmación en la determinación específica de las hormigas cazadoras se realizó con ayuda de la bióloga Tania Arias del Instituto Alexander von Humboldt. Un duplicado de las hormigas fue entregado al Museo de Entomología de la Universidad del Valle y otro se depositó en el Museo Entomológico de Cenicafé.

La colección de referencia fue entregada al Instituto Alexander von Humboldt.

Estimates[®] 5.0.1 (Colwell 1997). Para eliminar el efecto de las diferentes técnicas de colecta utilizadas en el estudio así como el orden en el cual se adicionaron las muestras, éstas se aleatorizaron 100 veces. Se comparó la diversidad entre elementos para cada ventana calculando el índice de diversidad ponderado en función de la frecuencia de cada especie y comparando varianzas a través de una *t*-student, siguiendo lo propuesto por Hutcherson en 1970 (Zar 1996).

Para la diversidad beta se utilizó la complementariedad de especies entre los elementos de cada ventana con el índice de complementariedad (IC) propuesto por Colwell y Coddington (1994), como

una medida del recambio de especies. La diversidad gama se evaluó para cada ventana teniendo en cuenta la riqueza de especies según la definición de Lander (1996), de la siguiente manera:

$$\text{Gamma} = \text{alfa promedio} + \text{beta}$$

donde

$$\text{Beta} = \text{SqJ} (\text{St} - \text{Sj})$$

qj: peso proporcional de la comunidad j, basado en el número de réplicas
 St: número total de especies registradas en el conjunto de comunidades
 Sj: número de especies registradas en la comunidad j

Resultados y discusión

Diversidad de especies en los elementos de cada ventana

Ventana 1. Departamento del Valle del Cauca

En el municipio de El Cairo, departamento del Valle del Cauca, se ubicaron 33 transectos en seis elementos del paisaje, para un total de 396 muestras. En estas muestras se efectuaron 445 eventos de captura correspondientes a 24 morfoespecies de hormigas de la subfamilia Ponerinae. El 75% de

las hormigas reportadas, fue determinado a nivel de especie, el 6% restante son morfoespecies de géneros taxonomicamente difíciles de trabajar como *Hypoponera* y *Leptogenys*. Según el estimador Chao2, el muestreo registró el 82,44% de las especies esperadas para la ventana (Figura 1).

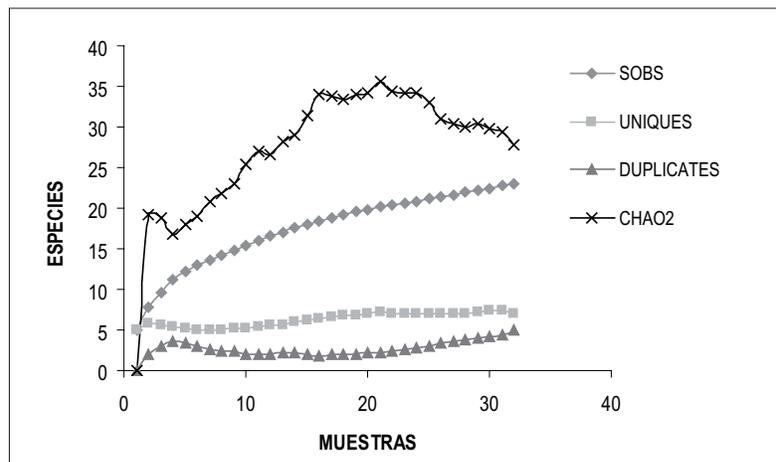


Figura 1
 Estimación del número de especies para la ventana 1, con Chao2

Ectatomma ruidum fue la especie dominante por su presencia en todos los elementos y su alto número de capturas (123 eventos de captura), *Hypoconera* sp. 6 e *Hypoconera microps* igualmente se presentaron en todos los elementos del paisaje; sin embargo, no en forma tan abundante como *E. ruidum*. El mayor número de especies entre elementos, lo mostró el café con sombra en

cañada (15 especies), seguido muy de cerca por el bosque secundario y el café con sombra (13 especies cada uno). El potrero con rastrojo registró el mayor número de capturas, a pesar de mostrar un bajo número de especies (11 especies en 117 capturas). Los elementos caña panelera y potrero limpio registraron los más bajos números de especies y de capturas (Tabla 2).

Tabla 2

Composición de especies y eventos de captura para cada elemento del paisaje cafetero en la ventana 1.
 BS: bosque secundario, CCS: café con sombra, CSC: café con sombra en cañada, CP: caña panelera,
 PR: potrero con rastrojo, PL: potrero limpio

TAXA	ELEMENTOS DE LA VENTANA						Total Gral.
	BS	CCS	CSC	CP	PR	PL	
<i>Anochetus simoni</i>		3	2				5
<i>Discothyrea</i> sp. 1	5	4	3		1		13
<i>Ectatomma ruidum</i>	1	26	4	18	65	9	123
<i>Gnamptogenys andina</i>	11	4	4		3	2	24
<i>Gnamptogenys annulata</i>			2				2
<i>Gnamptogenys bisulca</i>			1				1
<i>Gnamptogenys</i> sp. 1 (grupo <i>minuta</i>)	1	1					2
<i>Heteroponera inca</i>			3				3
<i>Heteroponera microps</i>	7	4	1	2	5	1	20
<i>Hypoconera</i> sp. 1	6	9	11	4	2		32
<i>Hypoconera</i> sp. 2					3		3
<i>Hypoconera</i> sp. 6	9	18	28	10	23	3	91
<i>Leptogenys</i> sp. 1					1		1
<i>Odontomachus bauri</i>		6	7		4		17
<i>Odontomachus erythrocephalus</i>		5		1	8	5	19
<i>Pachycondyla becculata</i>	2						2
<i>Pachycondyla carbonaria</i>			1				1
<i>Pachycondyla crenata</i>	1						1
<i>Pachycondyla ferruginea</i>	1		2				3
<i>Pachycondyla harpax</i>	2	8	15	7			32
<i>Pachycondyla impressa</i>	7	16	20				43
<i>Probolomyrmex boliviensis</i>						1	1
<i>Proceratium goliath</i>	1						1
<i>Typhlomyrmex pusillus</i>		1		2	2		5
Nº capturas	54	105	104	44	117	21	445
Nº especies	13	13	15	7	11	6	24

El café con sombra en cañada y el bosque secundario fueron los elementos con mayor número de especies exclusivas (cuatro y tres respectivamente), destacándose aún más la importancia de su aporte a la fauna de hormigas cazadoras de la región. Se resalta el reporte de *Probolomyrmex boliviensis* en el potrero limpio y una especie desconocida de *Leptogenys* en el potrero con rastrojo, pues según sus hábitos no son especies muy comunes en este tipo de hábitat.

Al medir la estructura de la comunidad con el índice de diversidad de Shannon-Wiener, se obtuvo el valor más alto en el bosque secundario seguido por café sombra y café sombra en cañada. Al comparar entre los diferentes elementos del paisaje, se observó que la diversidad del bosque secundario es diferente a la diversidad en caña panelera, potrero con rastrojo y potrero limpio. Así mismo, la diversidad del potrero con rastrojo resultó diferente a la del café con sombra y al café con sombra en cañada (Tabla 3).

El bosque secundario fue un elemento exclusivo para esta ventana, se tomaron pocas muestras de él, pues sólo se ubicó en cuatro cuadrantes, y con áreas muy pequeñas como resultado de la fuerte presión por la extensión de la ganadería y otras actividades humanas. Sin embargo, aporta una fauna muy interesante de hormigas al paisaje, así como de hormigas propias, brindando un refugio a estas especies.

Estos resultados muestran una comunidad más equitativa en la distribución de las abundancias de las especies en el bosque secundario y, en general, no se observan diferencias estadísticas en la diversidad entre éste y los elementos café con sombra y café con sombra en cañada. Posiblemente la cubierta arbórea que aún prevalece en estos cultivos, permite que se den los microhábitats y las condiciones apropiadas para la adaptación de las especies a hábitats transformados por el hombre.

Tabla 3

En la diagonal, índices de diversidad ponderado; en casillas t-calculado y en paréntesis t-tabla y grados de libertad * diversidades diferentes. BS: bosque secundario, CCS: café con sombra, CSC: café con sombra en cañada, CP: caña panelera, PR: potrero con rastrojo, PL: potrero limpio.

ELEMENTOS	BS	CCS	CSC	CP	PR	PL
BS	0,968	0,06 (1,96-112,92)	0,188 (1,96-111,62)	2,126* (1,96-43,98)	3,078* (1,96-125)	2,446* (2,07-21,9)
CCS		0,961	0,086 (1,96-208,95)	1,64 (1,96-99,9)	2,199* (1,96-221,8)	1,919 (1,96-49,53)
CSC			0,949	1,566 (1,96-100,76)	2,099* (1,96-220,6)	1,846 (1,96-50,12)
CP				0,7	0,306 (2,07-21,7)	0,28 (1,96-55,57)
PR					0,651	0,066 (1,96-51,46)
PL						0,65

Ventana 2. Departamento de Antioquia.

Esta ventana se realizó en el municipio de Támesis, donde se ubicaron 44 transectos en seis elementos del paisaje y un total de 528 muestras. Se colectaron 30 morfoespecies de hormigas cazadoras en 746 capturas, de las cuales el 73,3% fue determinado a nivel específico. Según el estimador Chao2, en el muestreo se colectó el 83% de las especies esperadas para esta ventana (Figura 2).

En Támesis dominó la especie *Heteroponera microps*, tanto por su presencia en todos los elementos como por su abundancia (178 capturas). *Hypoconerops* sp. 2 y *Ectatomma ruidum* presentaron eventos de captura altos (98 y 90 capturas respectivamente) pero no se reportaron en el elemento café a libre exposición. El café con sombra mostró el mayor número de especies y de capturas de hormigas (22 y 177 respectivamente). Los elementos potrero arbolado, cerca viva y rastrojo alto presentaron un número muy similar de especies y de capturas (Tabla 4). El café a libre exposición resultó ser el elemento con menos especies y capturas.

Adicionalmente, el café con sombra presentó el mayor número de especies exclusivas *Gnamptogenys ejuncida*, *Pachycondyla carbo-*

naria, *Probolomyrmex boliviensis* y *Proceratium goliath*. Cabe anotar la importancia de reportar especies que se destacan por habitar zonas poco intervenidas como *Proceratium catio* en el café a libre exposición, y un individuo de *Thaumatomyrmex ferox* en el potrero arbolado.

El índice de diversidad de Shannon-Wiener mostró un valor más alto en el café con sombra en cañada seguido por el rastrojo alto. La comparación entre los índices de diversidad arrojó diferencias entre el café con sombra y el elemento café a libre exposición, potrero arbolado y potrero con rastrojo. El rastrojo alto se diferenció del café a libre exposición y del potrero arbolado y este último de la cerca viva (Tabla 5). Las cercas vivas de la ventana se ubicaron alrededor de cafetales y algunas alrededor de rastrojos, esta cercanía puede ser una posible explicación para que las diversidades de hormigas cazadoras en estos elementos no muestren diferencias. El café a libre exposición presentó el índice de diversidad más bajo junto al potrero arbolado, justamente estos dos elementos presentaron poca o ninguna cobertura boscosa en comparación con los elementos restantes.

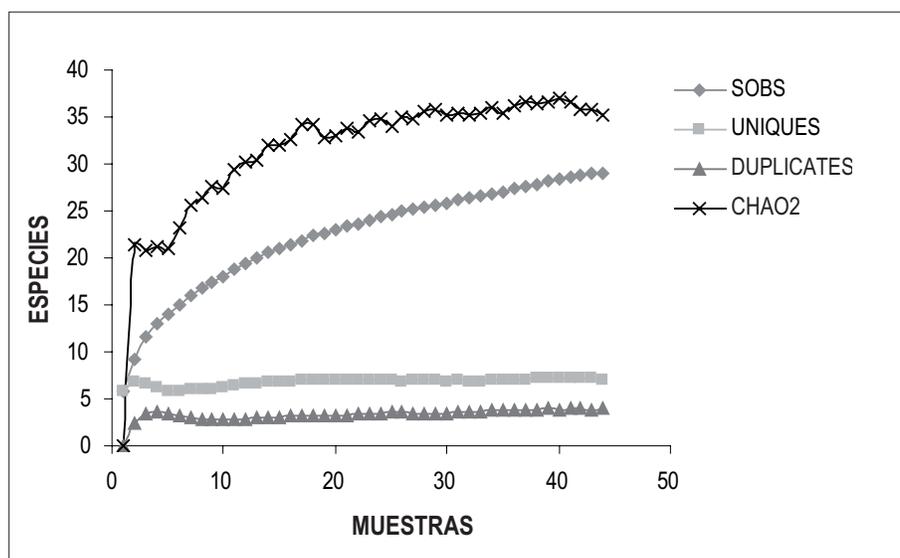


Figura 2

Estimación del número de especies para la ventana 2 con Chao2

Tabla 4

Composición de especies y eventos de captura para cada elemento del paisaje cafetero en la ventana 2.
 CCS: café con sombra, CLE: café a libre exposición, CV: cerca viva, PA: potrero arbolado,
 PR: potrero con rastrojo y RA: rastrojo alto.

TAXA	ELEMENTOS DE LA VENTANA						
	CCS	CLE	CV	PA	PR	RA	Total Gral.
<i>Anochetus simoni</i>	1					3	4
<i>Discothyrea</i> sp. 1	7					4	11
<i>Ectatomma ruidum</i>	6		13	39	32	3	90
<i>Ectatomma tuberculatum</i>			2	3	5		10
<i>Gnamptogenys andina</i>	3		2	1	1	11	18
<i>Gnamptogenys annulata</i>	1			1			2
<i>Gnamptogenys ejuncida</i>	3						3
<i>Gnamptogenys</i> sp. 1 (grupo <i>minuta</i>)	42	14	41	28	19	34	178
<i>Heteroponera microps</i>				1			1
<i>Hypoponera</i> sp. 1	13	12	9	3	6	5	48
<i>Hypoponera</i> sp. 2	26		12	26	17	17	98
<i>Hypoponera</i> sp. 3	2				3		5
<i>Hypoponera</i> sp. 4	4	5	10	5	5	5	34
<i>Hypoponera</i> sp. 5	7		1	1			9
<i>Leptogenys</i> sp. 1			1			1	2
<i>Odontomachus bauri</i>				1	1		2
<i>Odontomachus erythrocephalus</i>	4	1	5	7	16		33
<i>Pachycondyla becculata</i>	9		1		1	12	23
<i>Pachycondyla carbonaria</i>	1						1
<i>Pachycondyla eleonora</i>	2			1		7	10
<i>Pachycondyla ferruginea</i>	3		4			2	9
<i>Pachycondyla harpax</i>	25	3	11	3	10	8	70
<i>Pachycondyla impressa</i>	12	4	8	1		9	34
<i>Prionopelta amabilis</i>			2				2
<i>Probolomyrmex boliviensis</i>	3						3
<i>Proceratium catio</i>		1					1
<i>Proceratium goliath</i>	1						1
<i>Thaumatomyrmex ferox</i>				1			1
<i>Typhlomyrmex pusillus</i>	2	6	14	3	7	2	34
Nº capturas	177	56	136	125	123	129	746
Nº especies	22	8	16	17	13	816	30

Tabla 5

En la diagonal, índices de diversidad ponderado; en casillas t-calculado y en paréntesis t-tabla y grados de libertad * diversidades diferentes CCS: café con sombra, CLE: café a libre exposición, CV: cerca viva, PA: potrero arbolado, PR: potrero con rastrojo y RA: rastrojo alto.

ELEMENTOS	CCS	CLE	CV	PA	PR	RA
CCS	1,091	3,41 (1,96-126)*	1,710 (1,96-277)	4,36 (1,96-216)*	2,781 (1,96-259)*	0,874 (1,96-286)
CLE		0,866	1,788 (1,96-125)	0,084 (1,96-183)	1 (1,96-122)	2,578 (1,96-110)*
CV			0,99	2,204 (1,96-202)*	0,924 (1,96-259)	0,827 (1,96-262)
PA				0,86	1,279 (1,96-233)	3,22 (1,96-223)*
PR					0,938	1,80 8(1,96-248)
RA						1,045

Ventana 3. Departamento de Santander

La ventana del departamento de Santander, se ubicó entre los municipios de Pinchote, Páramo y Socorro, donde se seleccionaron cinco elementos en una matriz de café con sombra. Dentro de estos elementos se trazaron 36 transectos con 432 muestras, se colectaron 20 especies de hormigas cazadoras en

380 eventos de captura. El 60% de las hormigas colectadas fue determinado a especie. Chao2, estimó que la muestra de hormigas colectadas en esta ventana corresponde al 68% de las especies que se esperaban encontrar (Figura 3).

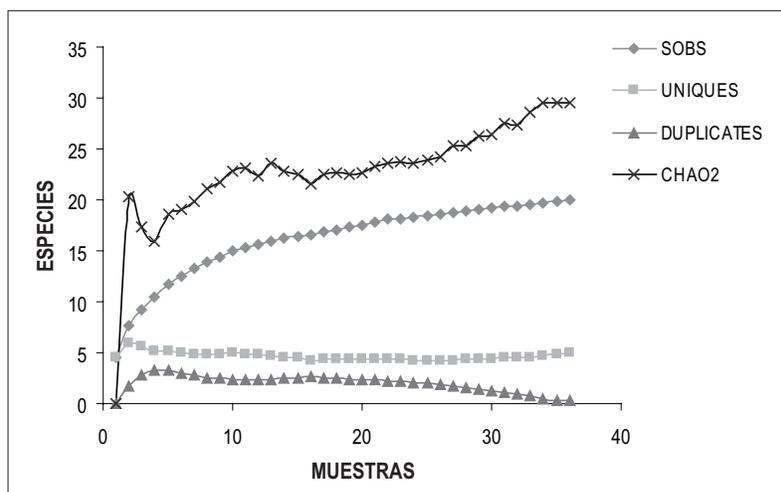


Figura 3

Estimación del número de especies para la ventana 3 con Chao2

Pachycondyla impressa fue la especie dominante tanto en la ventana como en cada elemento, *Odontomachus erythrocephalus* también fue una de las especies más colectadas en la ventana. La riqueza de especies fue muy homogénea entre los diferentes elementos, este valor osciló entre un máximo de 14 especies en el rastrojo alto y un mínimo de 11 especies en el potrero con rastrojo. Este mismo comportamiento se observó en el número de capturas con un incremento en el rastrojo alto (98 capturas). El rastrojo alto fue el elemento con más especies exclusivas mientras que el potrero arbolado y el

potrero con rastrojo no presentaron especies exclusivas. Las especies *Leptogenys* sp. 3, *Pachycondyla becculata*, *P. eleonora*, *Probolomyrmex boliviensis* y *Gnamptogenys* sp. 1, presentaron un único evento de captura (Tabla 6).

Los índices de diversidad fueron igualmente muy similares entre los diferentes elementos del paisaje, siendo ligeramente más alto el índice del rastrojo alto. La prueba de comparación no arrojó diferencias, aceptándose la hipótesis nula de que las diversidades de los elementos del paisaje son iguales (Tabla 7).

Tabla 6

Composición de especies y eventos de captura para cada elemento del paisaje cafetero en la ventana 3. CCS: café con sombra, CV: cerca viva, PA: potrero arbolado, PR: potrero con rastrojo y RA: rastrojo alto.

TAXA	ELEMENTOS DE LA VENTANA					Total Gral.
	CCS	CV	PA	PR	RA	
<i>Anochetus simoni</i>	1				11	12
<i>Discothyrea</i> sp. 1	11	4		1	16	11
<i>Ectatomma ruidum</i>	2	7	11	10		30
<i>Gnamptogenys</i> sp. 1 (grupo <i>minuta</i>)	1					1
<i>Heteroponera microps</i>	8	4	3	4	10	29
<i>Hypoponera</i> sp. 1	12	2	4	5		23
<i>Hypoponera</i> sp. 3	3	15	14	4	3	39
<i>Hypoponera</i> sp. 4	2	2	3	3	8	18
<i>Hypoponera</i> sp. 6	3	8	8	5	9	33
<i>Leptogenys</i> sp. 1			2	1		3
<i>Leptogenys</i> sp. 3					1	1
<i>Odontomachus erythrocephalus</i>	2	8	14	25	1	50
<i>Pachycondyla becculata</i>					1	1
<i>Pachycondyla eleonora</i>					1	1
<i>Pachycondyla harpax</i>		1	1		5	7
<i>Pachycondyla impressa</i>	27	17	9	3	26	82
<i>Prionopelta amabilis</i>	2		1	5		8
<i>Probolomyrmex boliviensis</i>		1				1
<i>Proceratium catio</i>		3	1		1	5
<i>Typhlomyrmex pusillus</i>	2		1	1		4
Nº. capturas	76	72	72	62	98	380
Nº. especies	13	12	13	11	14	20

Tabla 7

En la diagonal, índices de diversidad ponderado; en casillas t calculado y en paréntesis t tabla y grados de libertad * diversidades diferentes. CCS: café con sombra, CV: cerca viva, PA: potrero arbolado, PR: potrero con rastrojo y RA: rastrojo alto

ELEMENTOS	CCS	CV	PA	PR	RA
CCS	0,879	0,709 (1,96-139)	0,938 (1,96-134)	0,505 (1,96-130)	0,623 (1,96-146)
CV		0,935	0,25 (1,96-143)	1,206 (1,96-108)	0,273 (1,96-165)
PA			0,951	1,423 (1,96-102)	1,152 (1,96-168)
PR				0,83	1,414 (1,96-169)
RA					0,953

Diversidad de especies entre elementos

Para la ventana 1, los valores del índice de complementariedad (IC) o el grado de disimilitud en la composición de especies, fluctuó entre el 76 y el 40% de especies complementarias entre los diferentes elementos. Las mayores diferencias se observaron al comparar el potrero limpio con el café con sombra en cañada y el bosque secundario (76 y 73% respectivamente). El 70% de las especies de la caña panelera se complementan con las del café con sombra en cañada y el 67% de las especies del bosque secundario son complementarias con la caña panelera y el potrero con rastrojo (Tabla 8).

En la ventana 2, los valores del recambio de especies oscilaron entre el 70% al comparar café con sombra y café a libre exposición y el 35% al comparar rastrojo alto y café con sombra. La complementariedad de especies entre el rastrojo alto y el café a libre exposición fue igualmente alta (67%). En general, el grado de disimilitud de especies fue mayor al comparar el café a libre exposición y los elementos restantes, lo anterior se deduce al observar el número de especies compartidas (Tabla 9).

Tabla 8

Ventana 1. Índices de complementariedad sobre la diagonal, especies compartidas bajo la diagonal. BS: bosque secundario, CCS: café con sombra, CSC: café sombra en cañada, CP: caña panelera, PR: potrero con rastrojo y PL: potrero limpio.

ELEMENTOS	BS	CCS	CSC	CP	PR	PL
BS	-	0,47	0,53	0,67	0,67	0,73
CCS	9	-	0,44	0,46	0,4	0,64
CSC	9	10	-	0,7	0,63	0,76
CP	5	7	5	-	0,5	0,56
PR	6	9	7	6	-	0,58
PL	4	5	4	4	5	-

Tabla 9

Ventana 2. Índices de complementariedad sobre la diagonal, especies compartidas bajo la diagonal.

ELEMENTOS	CCS	CLE	CV	PA	PR	RA
CCS	-	0,7	0,48	0,5	0,6	0,35
CLE	7	-	0,59	0,61	0,6	0,67
CV	13	7	-	0,43	0,39	0,4
PA	13	7	12	-	0,42	0,57
PR	10	6	11	11	-	0,55
RA	15	6	12	10	9	-

Los elementos de la ventana 3, presentaron un recambio de especies por debajo del 50%, con excepción del rastrojo alto y el potrero con rastrojo (61%). La fauna de hormigas cazadoras en esta ventana resultó ser más similar entre los diferentes

elementos que lo observado en las otras ventanas. Incluso el número de especies compartidas entre los elementos es muy semejante (entre diez y siete especies) (Tabla 10).

Tabla 10

Ventana 3. Índices de complementariedad sobre la diagonal, especies compartidas bajo la diagonal.

ELEMENTOS	CCS	CV	PA	PR	RA
CCS	-	0,44	0,38	0,29	0,5
CV	9	-	0,34	0,47	0,38
PA	10	10	-	0,29	0,5
PR	10	8	10	-	0,61
RA	9	10	9	7	-

Diversidad de especies en el paisaje

La diversidad gamma basada en la riqueza de especies, teniendo en cuenta la diversidad alfa de las comunidades y la diversidad beta (diferenciación entre comunidades), mostró un mayor valor para la ventana 2 ($\gamma=29,19$), donde la diversidad alfa comprende el 52,52% y la diversidad beta el 47,48% de la diversidad del paisaje. En la ventana 1, se

observó el segundo valor más alto de la diversidad gamma (22,23), donde la diversidad alfa comprende el 46,7% y la diversidad beta el 53,3% de la diversidad gamma de la ventana. En la ventana 3 se obtuvo la diversidad gamma más baja (20,03), donde la diversidad alfa comprende el 62,9% y la diversidad beta el 37,10% de la diversidad de la ventana.

Consideraciones generales y conclusiones

El uso del suelo en el paisaje cafetero de Colombia continúa en su proceso de transformación, no sólo al pasar de un cultivo con sombra a cultivos totalmente expuestos al sol, la tecnificación y el auge de los cafés orgánicos cambia los procesos que se dan al interior de los cultivos y las técnicas varían en cada región. Adicionalmente, cultivos de café son reemplazados por pastizales para el ganado u otro tipo de cultivo. Lo anterior se ve reflejado en los diferentes elementos del paisaje seleccionados en este estudio para cada ventana, pues de los diez elementos totales sólo dos fueron comunes a las tres ventanas. Otra de las consecuencias de la transformación del paisaje cafetero es la pérdida de los bosques, sólo en cuatro cuadrantes de la ventana 1 se encontraron pequeños fragmentos muy intervenidos. Sin la presencia de bosques en buen estado fue imposible hacer comparaciones con base en un control, y será igualmente imposible saber cuántas especies de hormigas existían y cuántas se perdieron en este tipo de hábitat.

Dada la posición geográfica de las ventanas y la gran heterogeneidad en cada región cafetera visitada pese a que la matriz dominante fue la misma (café con sombra), se decidió analizar por separado cada una de ellas. Los resultados muestran a Támesis en Antioquia, como la región cafetera con mayor número de especies y eventos de capturas, igualmente su diversidad gamma fue mayor. La selección de elementos en esta ventana demostró una mayor variabilidad de hábitats presentes en cada cuadrante, es decir un mayor número de réplicas por elemento. Estos dos factores, heterogeneidad y número de réplicas, posiblemente expliquen los resultados obtenidos. En El Cairo, por la presencia de algunos fragmentos de bosque, se esperaba encontrar un mayor número de especies, pero al seleccionar otros elementos se reflejó una mayor homogeneidad a través de toda la ventana, siendo difícil encontrar elementos adicionales a la matriz, con algunos hábitats diferentes caracterizados por un bajo número de réplicas. La ventana de Santander, se caracterizó por presentar cafetales con un sombrero denso y diverso, lamentablemente las condiciones climáticas hacen

de ésta una región muy seca, y el inicio del muestreo coincidió con la etapa final de una fuerte sequía, que posiblemente afectó la captura de hormigas de suelo.

Al observar los diferentes elementos del paisaje, el café con sombra mostró un alto número de especies en las tres ventanas, inclusive más que bosques en la ventana 1, y fue el elemento más rico en la ventana 2. Sin embargo, la distribución de los eventos de captura para cada especie, indican que el bosque secundario es el elemento más diverso para la ventana 1, el rastrojo alto en la ventana 3 y el café con sombra en la ventana 2. En la ventana 1 se visualiza una tendencia a presentar diversidades más altas en los elementos con mayor cobertura vegetal, esto se ratifica al comparar los índices de diversidad ponderados con una t-student, en los cuales no se encontró diferencias entre los elementos bosque secundario, café con sombra y café con sombra en cañada. En la ventana 2 sucede algo similar entre el rastrojo alto, el café con sombra y las cercas vivas. En la ventana 3 los datos fueron tan homogéneos que estadísticamente no mostraron diferencias. Es muy importante resaltar estos resultados, pues muestran cómo algunos elementos del paisaje modificados por el hombre pueden ser una opción viable para la fauna siempre y cuando presenten ciertas características necesarias como la permanencia del componente arbóreo.

Como un complemento a lo anterior, en la ventana 2 se encontró diferencias en la diversidad entre el café a libre exposición y el café con sombra. Estos mismos resultados fueron obtenidos por Armbrrecht y Perfecto (2003) y Armbrrecht *et al.* 2005, quienes afirman que la calidad de los cultivos de café es importante para el establecimiento de poblaciones asociadas a la hojarasca.

La diversidad beta medida como el recambio de especies entre elementos, mostró en la ventana 1 una complementariedad entre el 40 y el 73%, compartiendo más especies aquellos elementos con mayor cobertura vegetal. Este mismo comportamiento se presentó en la ventana 2 y en la ventana 3. Lo anterior demuestra el uso de estos elementos

como medios alternativos de desplazamiento e incluso de nidificación para varias especies de hormigas. La implementación de cercas vivas en los potreros con especies arbustivas o arbóreas nativas, garantizan beneficios para la biodiversidad al contribuir con hojarasca en el suelo y otro tipo de refugios para diferentes especies. La hojarasca y la presencia de troncos o ramas huecas, es importante para el establecimiento de hormigas cazadoras, pues según Lattke (2003), las hormigas cazadoras nidifican principalmente en estos sustratos.

La mayoría de las especies se observaron en más de un elemento, pero en la ventana 1, el café con sombra en cañada y el bosque secundario aportaron el mayor número de especies exclusivas, los registros de especies únicas y exclusivas como *Probolomyrmex boliviensis* en el potrero limpio y *Leptogenys* sp. en el potrero con rastrojo posiblemente no correspondan a poblaciones bien establecidas en estos hábitats, podrían ser individuos transportados accidentalmente. Sin embargo, es necesario confirmar lo anterior para posibles estrategias de conservación. En la ventana 2, el café con sombra aportó el mayor número de especies exclusivas, el rastrojo alto a pesar de su alta diversidad no presentó especies exclusivas, mientras que los elementos potrero arbolado y café a libre exposición con una menor diversidad presentaron especies únicas como *Proceratium catio* y *Thaumatomyrmex ferox*, especies generalmente presentes en hábitats mejor conservados. La captura de un sólo individuo por especie puede ser consecuencia de transporte accidental o un indicador del desplazamiento de especies a otros hábitats. En la ventana 3, por el contrario el rastrojo alto fue el elemento con más especies exclusivas y

el café con sombra sólo presentó una especie exclusiva. Si se analiza el paisaje en forma global sin separar elementos por ventanas, se observa que algunas especies se distribuyen por todo el paisaje ocupando los diferentes elementos seleccionados como *Heteroponera microps*, *Hypoconera* sp. 1, *Pachycondyla harpax* y *Pachycondyla impressa*. Pero, algunas especies fueron exclusivas para ciertos hábitats como *Pachycondyla crenata* que sólo fue hallada en bosque secundario o *Gnamptogenys ejuncida*, en café con sombra.

En general, el número de especies colectadas no fue muy alto, pues de las 348 especies registradas para el Neotrópico (Fernández 2003), sólo se reportaron 34 especies para el paisaje cafetero colombiano repartidas en las tres ventanas, de las cuales según su abundancia, el 40% se encuentra representado por las especies *Ectatomma ruidum*, *Heteroponera microps* y *Pachycondyla impressa*. El género *Ectatomma* se encuentra en bosques y sabanas, son generalistas y suelen ser muy conspicuas y abundantes, razón por la cual dominaron en el área del muestreo. *Heteroponera* es un género que generalmente nidifica en ambientes boscosos algo húmedos, sin embargo, la especie *H. microps* fue hallada en todos los elementos del paisaje cafetero, aún en aquellos sin cobertura boscosa y poca humedad. *Pachycondyla* es reportada como el segundo grupo más diverso de las cazadoras, muy común y con gran variedad de hábitos, y *P. impressa* lo refleja claramente en este estudio al ser colectada en todos los elementos del paisaje. La dominancia de unas pocas especies con poblaciones grandes refleja el grado de alteración que ha sufrido la región cafetera.

Literatura citada

- Armbrecht I. y Ulloa-Chacón P. 1999. Rareza y diversidad de hormigas en fragmentos de bosque seco colombianos y sus matrices. *Biotropica*, 31, 646–653.
- Armbrecht I. and 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.
- Armbrecht I., Rivera L. and Perfecto I. 2005. Reduced diversity and complexity in the leaf

- litter ant assemblage of Colombian coffee plantations. *Conservation Biology*, 19(3).
- Calvo L. and Blake J. 1998. Bird diversity and abundance on two different shade coffee plantations in Guatemala. *Bird Conservation International*, 8, 297-308.
- Colwell, R. K. 1997. Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Versión 5. User's guide and application published at: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.
- Colwell, R.K. and Coddington A. 1994. Estimating the extent of terrestrial biodiversity through extrapolation. *Phil. Trans. R. Soc. London (Ser. B)*. 345:101-118.
- Fernández F. (ed). 2003 *Introducción a las Hormigas de la Región Neotropical* Instituto Humboldt, Bogotá D.C., xxvi + 398 pp.
- Greenberg R., Bichier P., Cruz Angon A., and Reitsma R. 1997a. Bird populations in shade and sun coffee plantations in Central Guatemala. *Cons. Biol.* 11, 448-459.
- Greenberg R., Bichier P. and Sterling J. 1997b. Bird populations in rustic and planted shade coffee plantations of Eastern Chiapas, Mexico. *Biotropica*, 29, 501-514.
- Hölldobler, B. and Wilson E. 1990. *The ants*. Harvard University Press. USA.
- Jaffe, K., Lattke J. and Pérez E. 1993. *El mundo de las hormigas*. Equinoccio Ediciones. Universidad Simón Bolívar. Venezuela. 196 pp.
- Lander R. 1996. Statistic and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. *Oikos*, 76: 5-13.
- Lattke J. E. 2003. Subfamilia Ponerinae. Pp 261. En: Fernández F. (ed.). 2003. *Introducción a las Hormigas de la región Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. XXVI + 98 p.
- Moguel P. and Toledo V. M. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems in Mexico. *Conserv. Biol.*, 13, 11-21.
- Ormerod S. J. and Watkinson A. R. 2000. Editors' Introduction: Birds and agriculture. *Journal of Applied Ecology*, 37, 699-705.
- Perfecto I. and Vandermeer J. 1994. Understanding biodiversity loss in agroecosystems: reduction of ant diversity resulting from transformation of the coffee ecosystems in Costa Rica. *Entomol. Trends Agric. Sci.*, 2, 7-13.
- Perfecto I. and Vandermeer J. 1996. Microclimatic changes and the indirect loss of ant diversity in a tropical agroecosystem. *Oecologia*, 108, 577-582.
- Perfecto I. and Vandermeer J. 2002. The quality of agroecological matrix in a tropical montane landscape: ants in coffee plantations in southern Mexico. *Conserv. Biol.*, 16, 174-182.
- Perfecto I., Rice R., Greenberg R. and Van der Voort M. E. 1996. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. *Bioscience*, 46, 598-608.
- Petit L. J. and Petit D. R. 2003. Evaluating the importance of human-modified lands for Neotropical bird conservation. *Conserv. Biol.*, 17, 687-694.
- Pizano D. 2001. *El café en la encrucijada, evolución y perspectivas*. Edición Alfaomega. Bogotá, Colombia. 80 p.
- Roberts D. L., Cooper R. J. and Petit L. J. 2000. Flock characteristics of ant-following birds in premontane moist forest and coffee agroecosystems. *Ecol. Appl.*, 10, 1414-1425.
- Shahabuddin G. 1997. Preliminary observations on the role of coffee plantations as avifaunal refuges in the Palni Hills of the Western Ghats. *Journal Bombay Nat. Hist. Society*, 94, 10-21.

- Usher M. B. 1997. Biodiversity on agricultural land: habitats, species and hotspots. Pages 1-14 en R.C. Kirkwood (chair), Biodiversity and conservation in agriculture. Proceedings of a symposium held at the Stakis Brighton Metropole Hotel, 17 November 1997.
- Symposium Proceedings No. 69. British Crop Protection Council.
- Zar J. H. 1996. Biostatistical analysis. Tercera edición. Prentice may. New Jersey. 988 pp.