

## Diversidad de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en un paisaje cafetero de Risaralda, Colombia

Ant (Hymenoptera: Formicidae) diversity in a coffee landscape of Risaralda, Colombia

GUSTAVO ADOLFO ZABALA<sup>1,2</sup>, LINA MARCELA ARANGO<sup>1,3</sup> y PATRICIA CHACÓN DE ULLOA<sup>1,4</sup>

**Resumen:** Se determinó la diversidad de hormigas en tres elementos representativos de un paisaje cafetero de los Andes occidentales de Risaralda, Colombia. En una muestra de paisaje de 500 ha, en zona rural del municipio de La Celia, se muestreó un bosque, parches de bosque y cafetales a libre exposición, mediante el establecimiento de transectos lineales, con 10 estaciones ubicadas cada 10 m. En cada estación, en un área de 1 m<sup>2</sup>, se tomó una muestra de hojarasca, cernida y procesada en sacos mini-Winkler durante 48 horas. Se registraron 96 especies de hormigas, representantes de 34 géneros y nueve subfamilias. En promedio, la eficiencia de muestreo fue de 81% según los estimadores Chao 2 y Jackknife 1 y 2. Especies como *Cyphomyrmex* cf. *dixus*, *Pheidole biconstricta*, *Solenopsis* sp.1 e *Hypoponera* sp.1, se caracterizaron por su alta abundancia en los elementos del paisaje; entre estas, *P. biconstricta* se catalogó como una especie dominante a escala del paisaje y a escala local. En general, se observó una baja incidencia de hormigas catalogadas como potenciales plagas en los diferentes elementos del paisaje. Representantes de *Atta cephalotes*, *Acromyrmex aspersus* y *Acropyga exsanguis*, se registraron en menos del 5% de las muestras revisadas. La presencia exclusiva de especies de grupos como *Acanthognathus*, *Amblyopone*, *Discothyrea* y *Gnamptogenys* en los elementos boscosos, sumada a la baja incidencia de especies invasoras o potencialmente plagas, se proponen como características que en conjunto resultan indicadoras de la salud (equilibrio) y la heterogeneidad de las comunidades de hormigas en el paisaje cafetero estudiado.

**Palabras clave:** Andes occidentales de Colombia. Biodiversidad. Café. Formicidae. *Pheidole biconstricta*.

**Abstract:** Ant diversity was studied in three representative elements of a coffee landscape of the western Andes from Risaralda, Colombia. In a landscape sample of 500 ha, in rural zone of La Celia municipality, were sampled a forest, forest patches and sun coffee crops by means of lineal transects with 10 stations arranged each 10 m. For each station, in an area of 1 m<sup>2</sup>, leaf litter samples were processed in mini-Winkler sacks during 48 hours. 96 ant species from 34 genera and nine subfamilies were collected. Sampling efficiency was 81% on average, according to Chao 2 and Jackknife 1 and 2 estimators. Species as *Cyphomyrmex* cf. *dixus*, *Pheidole biconstricta*, *Solenopsis* sp.1 and *Hypoponera* sp.1 were abundant in these landscape units. Among these, *P. biconstricta* was catalogued like a dominant species at landscape and local scale. A low incidence of ants catalogued as potential pests in the landscape units was observed. Specimens of *Atta cephalotes*, *Acromyrmex aspersus* and *Acropyga exsanguis* were recorded in less 5% of the samples. In general, it was observed a low incidence of ants catalogued as potential pest in the landscape elements. The exclusive presence of some species of genera as *Acanthognathus*, *Amblyopone*, *Discothyrea* and *Gnamptogenys* in the forest units?, added to low incidence of invasive or potential pest species, are proposed like characteristics that in set turned out indicators of the health (balance) and the heterogeneity of ant communities in the coffee landscape studied.

**Key words:** Western Andes of Colombia. Biodiversity. Coffee. Formicidae. *Pheidole biconstricta*.

### Introducción

La expansión de la frontera agrícola y la tecnificación de la agricultura son factores importantes que amenazan los ecosistemas naturales y la diversidad biológica mundial (Swift *et al.* 1996; Millenium Assesment 2007). Las prácticas agrícolas inadecuadas disminuyen la biodiversidad, contribuyen a la proliferación de plagas y enfermedades y facilitan la colonización por especies invasoras, afectando negativamente la productividad (Pimentel *et al.* 1997). En Colombia, la región andina ha sufrido un proceso intenso de conversión de bosques en potreros, cultivos y zonas urbanas (Kattan 2002), por lo cual se considera la segunda región del país más transformada por procesos antrópicos, después de la región Caribe (Arango *et al.* 2003).

En el territorio nacional, el cultivo del café comprende cerca de 3.000.000 de hectáreas, distribuidas en 590 municipios y 19 departamentos; de éste cultivo dependen 500.000

familias y cerca de 2,5 millones de personas (FNC 2010). Aunque en los últimos años la industria cafetera ha perdido importancia dentro de la producción agrícola del país, en los Andes occidentales el cultivo de café y las actividades relacionadas siguen ocupando el principal renglón de la economía (Barón 2010). Los paisajes cafeteros son elementos dominantes en el ámbito rural nacional y por ello resulta fundamental el desarrollo de investigaciones que contribuyan al conocimiento de procesos que tienen lugar en estos escenarios. Características como la heterogeneidad espacial o el grado de homogenización en los paisajes agrícolas, así como las prácticas de manejo, pueden resultar determinantes en la diversidad y distribución de la biota local y regional, así como en la incidencia de especies invasoras o plaga (Matson *et al.* 1997; Armbrecht *et al.* 2005; Phipott *et al.* 2008).

En Colombia algunos trabajos han abordado el estudio de la diversidad asociada a los agroecosistemas cafeteros desde la perspectiva de la ecología del paisaje. En paisajes cafete-

<sup>1</sup> Universidad del Valle, A.A. 25360, Cali, Colombia. <sup>2</sup> Estudiante de Doctorado en Ciencias - Biología. Grupo de investigación en Biología, Ecología y Manejo de Hormigas. <http://hormigas.univalle.edu.co>. [gustavo.zabala@correounivalle.edu.co](mailto:gustavo.zabala@correounivalle.edu.co). Autor para correspondencia. <sup>3</sup> Bióloga, Grupo de investigación en Biología, Ecología y Manejo de Hormigas. <sup>4</sup> Ph. D. Profesora titular. [patricia.chacon@correounivalle.edu.co](mailto:patricia.chacon@correounivalle.edu.co).

ros de tres localidades de los departamentos de Antioquía, Santander y Valle del Cauca, García y colaboradores (2008) estudiaron la diversidad de hormigas cazadoras asociadas a los elementos representativos de estos escenarios, encontrando una mayor diversidad en los elementos con mayor grado de cobertura arbórea (bosques, parches de bosque y cafetales con diferentes tipos de sombrero). En un contexto ecológico diferente, los trabajos de mayor impacto, realizados por Armbrrecht (2003) y Armbrrecht y colaboradores (2005, 2008) en Apía, Risaralda, se enfocaron en la evaluación de la pérdida de diversidad y los cambios en la función ecológica de las hormigas, en gradientes de intensificación, siguiendo el modelo de Moguel y Toledo (1999). Los resultados mostraron una disminución de la riqueza de especies de hormigas con el aumento en el grado de intensificación y sugieren que los cafetales orgánicos con diferentes tipos de sombrero constituyen una matriz favorable para la diversidad de hormigas propias de los elementos boscosos. El estudio de aspectos como la abundancia y dominancia de hormigas en paisajes rurales, se ha abordado únicamente en el bosque seco tropical del valle geográfico del río Cauca. Así, Achury *et al.* (2012) estudiaron los efectos de la heterogeneidad del paisaje y la presencia de la pequeña hormiga de fuego, *Wasmannia auropunctata* Roger, 1863, sobre los ensamblajes de las hormigas del suelo, encontrando que la abundancia y dominancia de *W. auropunctata* se correlacionaron negativamente con la riqueza de hormigas, mientras que niveles más altos de heterogeneidad de los paisajes favorecieron la diversidad de especies a diferentes escalas. En esta región, Armbrrecht y Ulloa-Chacón (2003) ya habían propuesto a *W. auropunctata* como indicadora de baja diversidad de las comunidades de hormigas en los relictos de bosque seco. Las hormigas constituyen un grupo ideal para realizar estudios en ecología de paisaje porque presentan múltiples características como su notable diversidad taxonómica y funcional, su abundancia, la fidelidad ecológica de algunos grupos, la presencia de especies características de hábitats perturbados, y la presencia de especies de importancia económica como las hormigas cortadoras de hojas. Las colonias de hormigas son relativamente sésiles y se asemejan a las plantas de muchas formas (Andersen 1991).

El presente trabajo se realizó con el objetivo de estudiar la diversidad de hormigas asociada a un paisaje cafetero de los Andes occidentales de Risaralda, analizando la presencia e incidencia de especies dominantes, grupos con potencial bioindicador y potenciales plagas, en tres elementos representativos de estos escenarios rurales: bosque, parches de bosque y cafetales a libre exposición.

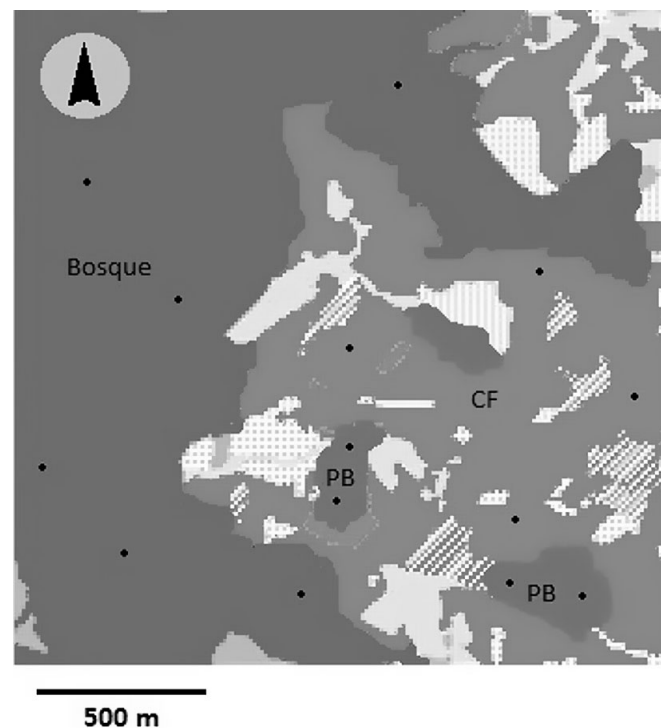
### Materiales y métodos

**Área de estudio:** La muestra de paisaje de 500 ha (Fig.1) se encuentra ubicada en zona cafetera del occidente del departamento de Risaralda, al noroccidente del casco urbano del municipio de La Celia, en la vereda La Secreta. El cuadrante comprende un gradiente altitudinal que va desde los 1.500 hasta los 2.000 msnm, y en su interior se encuentra una parte importante y significativa (aproximadamente 20%) del Distrito de Manejo Integrado Verdúm. El área de interés se caracteriza por su relieve heterogéneo y escarpado, en el que se encuentran zonas con pendientes superiores al 100%. El principal cultivo es el café a libre exposición, seguido por el plátano y en menor proporción por pequeños cultivos de maíz, frijol y yuca. En general, el tamaño de las fincas en

promedio oscila entre tres y cinco hectáreas y su manejo no se asocia a las prácticas propias de una caficultura intensiva. Las zonas destinadas a la ganadería son pequeñas y escasas, debido a aspectos como el relieve y la cultura cafetera que predomina en este municipio.

**Trabajo de campo y laboratorio:** Los muestreos se realizaron durante los meses de julio y agosto del año 2010 y enero y febrero del año 2011. Se estudiaron tres elementos (coberturas) representativos del paisaje cafetero (bosque(1), parches de bosque (2) y cafetales a libre exposición (4), en los cuales se establecieron transectos lineales (Fig.1), (seis en bosque, dos en cada parche de bosque y uno en cada cafetal) con 10 estaciones de muestreo, ubicadas cada 10 m. En cada estación (unidad muestral), en un área de 1 m<sup>2</sup>, se recogió una muestra de hojarasca, la cual fue cernida y posteriormente procesada durante 48 horas en sacos mini-Winkler. El material colectado se almacenó en viales con alcohol al 70%, se rotuló y se llevó al laboratorio del grupo de investigación en Ecología, Biología y Manejo de Hormigas, para su identificación. Los muestreos se complementaron con colecta manual, mediante búsqueda directa en suelo, bajo piedras y troncos en descomposición, y en la vegetación. La determinación a nivel de género se realizó siguiendo las claves taxonómicas de Palacio y Fernández (2003) y a nivel de especie empleando las claves disponibles para los diferentes grupos (e.g. Longino 2012). Los especímenes colectados reposan en la colección de referencia, depositada en el Museo de Entomología de la Universidad del Valle (MUSEUV).

**Análisis estadístico:** A partir de los registros de las diferentes especies y morfoespecies colectadas en cada estación de muestreo, se elaboró una base de datos en la cual se consignó la información referente a los diferentes eventos de captura.



**Figura 1.** Mapa de la muestra de paisaje, con las correspondientes coberturas muestreadas: Bosque, PB: parche de bosque y CF: café sol (café a libre exposición).

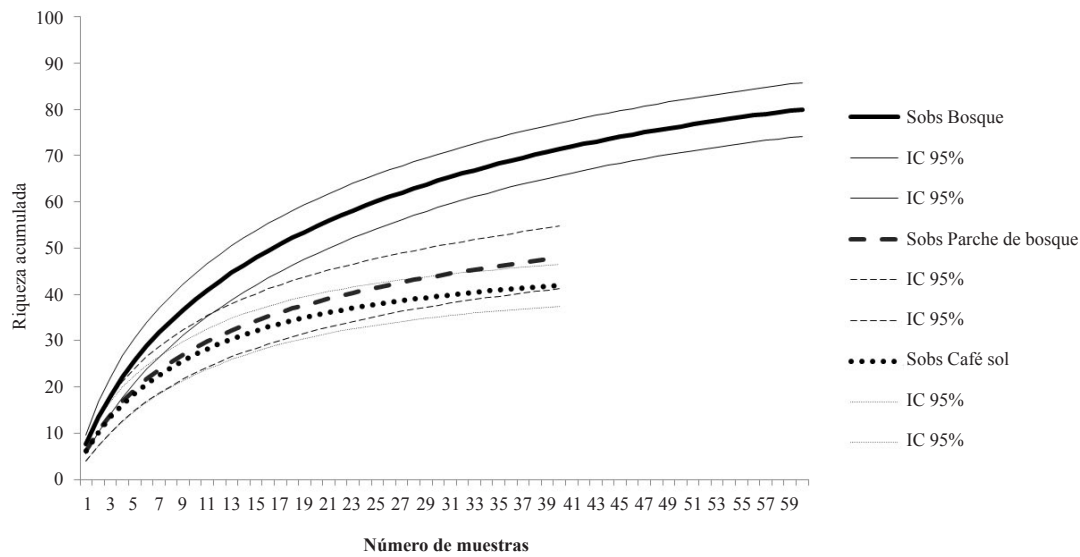


Figura 2. Riqueza acumulada de especies en los tres elementos del paisaje.

Posteriormente, se elaboraron matrices (3) de presencia/ausencia para los tres elementos muestreados, con el objetivo de evaluar la eficiencia de muestreo y realizar un análisis de composición por coberturas. La eficiencia del muestreo se evaluó calculando el promedio de tres estimadores no paramétricos, Chao 2 y Jackknife 1 y 2, empleando el programa EstimateS v. 8.0. Para comparar la riqueza de especies entre elementos de paisaje se realizó inicialmente un análisis de rarefacción, dadas las diferencias en el número de estaciones por cobertura, y posteriormente un análisis de varianza, seguido de una prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% (Coldwell y Coddington 1994). Para detectar diferencias en la composición de especies de hormigas entre los tres elementos del paisaje, se utilizó el análisis de similitud ANOSIM y posteriormente se calculó el porcentaje de disimilitud (SIMPER) para establecer cuales especies son las que contribuyen más a diferenciar los elementos del paisaje. La representación gráfica de las similitudes en composición entre los tres elementos del paisaje estudiados, se realizó mediante un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMS), empleando el índice de Jaccard como medida de distancia. Los análisis de composición se realizaron empleando el programa PAST, versión 2.17b (Hammer *et al.* 2001).

### Resultados

Se obtuvieron 4.121 individuos, representantes de 96 especies, 34 géneros y nueve subfamilias. La subfamilia que presentó el mayor aporte a la riqueza total del paisaje fue Myrmicinae, con 56 especies, seguida por Ponerinae (15), Formicinae (9) y Ectatomminae (8). En cuanto a la riqueza por coberturas o elementos del paisaje, el bosque presentó el mayor número de especies (74), seguido por los parches de bosque (49) y el café a libre exposición (41). Especies como *Cyphomyrmex cf. dexus* Snelling & Longino, 1992, *Gnamptogenys bisulca* Kempf & Brown, 1968, *Octostruma stenoscapa* Palacio, 1997, *Pheidole biconstricta* Mayr, 1870, *Pyramica gundlachi* Roger, 1862, *Hypoponera* sp.1 y *Solenopsis* sp.1 y sp.2 presentaron las mayores frecuencias de captura, sumando el 38% de la abundancia total (Tabla 1). En el caso

de *P. biconstricta*, además de su abundancia en las muestras de hojarasca, las observaciones y los eventos de captura manual, permitieron catalogarla como una especie dominante a escala local (unidades de los elementos) y de paisaje.

Especies como *Acanthognathus teledectus* Brown & Kempf, 1969, *Amblyopone* sp., *Discothyrea sexarticulata* Borgmeier, 1954, *Gnamptogenys interrupta* Mayr, 1887 y *G. minuta* Emery, 1896, se registraron únicamente en las coberturas boscosas, con frecuencias de captura muy bajas. En general, en las muestras de hojarasca se encontró una baja incidencia de hormigas catalogadas como plagas potenciales en los diferentes elementos muestreados. Las hormigas cortadoras de hojas *Atta cephalotes* Linnaeus, 1758 y *Acromyrmex aspersus* F. Smith, 1858 y especies como *Acropyga exsanguis* Wheeler, 1909 y especies como *Acropyga exsanguis* y *Wasmannia auropunctata*, se encontraron en menos del 5% de las muestras. Sin embargo, las observaciones en los recorridos a través del cuadrante de 500 hectáreas para llegar a los diferentes sitios de muestreo y la búsqueda directa, permitieron detectar la presencia de grandes hormigueros de *A. cephalotes* tanto en cafetales como en parches de bosque.

La eficiencia de muestreo en el paisaje fue del 81%, según el promedio de los estimadores no paramétricos Chao 2 y Jackknife 1 y 2. La mayor eficiencia se obtuvo en los elementos bosque (83,7%) y café a libre exposición (84,7%), y la eficiencia más baja en los dos parches de bosque muestreados (75,37%) (Tabla 2). En las curvas de rarefacción (Figura 2), la línea de corte en el número mínimo de estaciones de muestreo dispuestas en un tipo de elemento del paisaje (40), muestra un resultado consistente con las cifras obtenidas antes de efectuar este procedimiento; es decir, la riqueza de especies de nuevo fue mayor en bosque (68), seguida por fragmento de bosque (49) y café a libre exposición (41).

El análisis de varianza y la prueba de Tukey, evidenciaron la existencia de diferencias significativas entre la riqueza de los tres elementos ( $F_{2,11} = 2,657$ ;  $P = 0,001$ ), tal como se muestra en la tabla 3. El análisis de similitud (ANOSIM) mostró diferencias significativas en la composición de especies entre los tres elementos del paisaje (R global 0,217;  $P < 0,001$ ) (Tabla 4). Corroborando lo anterior, los resultados del análisis

**Tabla 1.** Abundancia de las especies de hormigas recolectadas en tres elementos de un paisaje cafetero de los Andes occidentales de Risaralda, Colombia.

Subfamilia y especie	Bosque	Parque de bosque	Café sol	Frecuencia de captura	Abundancia relativa %
<b>Myrmicinae</b>					
<i>Acanthognathus teledectus</i> (Brown & Kempf, 1969)	0	1	0	1	0,11
<i>Acromyrmex aspersus</i> (F. Smith, 1858)	3	2	1	6	0,65
<i>Adelomyrmex tristani</i> (Menozzi, 1931)	10	9	0	19	2,05
<i>Apterostigma</i> sp.	0	1	0	1	0,11
<i>Atta cephalotes</i> (Linnaeus, 1758)	0	3	6	9	0,97
<i>Crematogaster longispina</i> (Emery, 1890)	9	2	6	17	1,84
<i>Crematogaster nigropilosa</i> (Mayr, 1870)	0	0	4	4	0,43
<i>Crematogaster</i> sp.1	1	1	0	2	0,22
<i>Cyphomyrmex</i> cf. <i>dixus</i> (Snelling & Longino, 1992)	28	19	4	51	5,51
<i>Cyphomyrmex</i> sp.1	16	3	0	19	2,05
<i>Cyphomyrmex</i> sp.2	4	0	0	4	0,43
<i>Monomorium pharaonis</i> (Linnaeus, 1758)	2	1	11	14	1,51
<i>Octostruma stenoscapa</i> (Palacio, 1997)	33	21	0	54	5,83
<i>Octostruma</i> ca. <i>rugiferoides</i>	0	2	0	2	0,22
<i>Octostruma balzani</i> (Brown & Kempf, 1960)	3	0	13	16	1,73
<i>Pheidole biconstricta</i> (Mayr, 1870)	19	16	17	52	5,62
<i>Pheidole</i> sp.1	2	1	0	3	0,32
<i>Pheidole</i> sp.2	3	7	0	10	1,08
<i>Pheidole</i> sp.3	0	6	0	6	0,65
<i>Pheidole</i> sp.4	0	5	2	7	0,76
<i>Pheidole</i> sp.5	14	16	3	33	3,56
<i>Pheidole</i> sp.6	0	8	0	8	0,86
<i>Pheidole</i> sp.7	14	5	5	24	2,59
<i>Pheidole</i> sp.8	0	0	6	6	0,65
<i>Pheidole</i> sp.9	0	0	4	4	0,43
<i>Pheidole</i> sp.10	0	0	1	1	0,11
<i>Pheidole</i> sp.11	4	0	0	4	0,43
<i>Pheidole</i> sp.12	6	0	0	6	0,65
<i>Pheidole</i> sp.13	6	0	0	6	0,65
<i>Pheidole</i> sp.14	1	0	0	1	0,11
<i>Pheidole</i> sp.15	1	0	0	1	0,11
<i>Pheidole</i> sp.16	2	0	0	2	0,22
<i>Pheidole</i> sp.17	1	0	0	1	0,11
<i>Pheidole</i> sp.18	2	0	0	2	0,22
<i>Pheidole</i> sp.19	0	2	0	2	0,22
<i>Pheidole</i> sp.20	2	0	0	2	0,22
<i>Pheidole</i> sp.21	1	0	0	1	0,11
<i>Pheidole</i> sp.22	3	0	0	3	0,32
<i>Pyramica gundlachi</i> (Roger, 1862)	11	12	15	38	4,10
<i>Pyramica xenognatha</i> (Kempf, 1958)	0	3	1	4	0,43
<i>Pyramica nubila</i> (Lattke & Goitia, 1997)	16	8	0	24	2,59
<i>Rhopalothrix ciliata</i> (Mayr, 1870)	11	2	0	13	1,40
<i>Rogeria belti</i> (Mann, 1922)	8	1	0	9	0,97
<i>Solenopsis</i> sp.1	19	21	15	55	5,94
<i>Solenopsis</i> sp.2	9	7	17	33	3,56

(Continúa)

Subfamilia y especie	Bosque	Parche de bosque	Café sol	Frecuencia de captura	Abundancia relativa %
<i>Solenopsis</i> sp.3	7	0	1	8	0,86
<i>Solenopsis</i> sp.4	1	0	1	2	0,22
<i>Solenopsis</i> sp.5	1	0	0	1	0,11
<i>Solenopsis</i> sp.6	5	0	0	5	0,54
<i>Strumigenys biolleyi</i> (Forel, 1908)	2	0	0	2	0,22
<i>Strumigenys cordovens</i> (Mayr, 1887)	0	1	0	1	0,11
<i>Strumigenys louisianae</i> (Roger, 1863)	0	0	5	5	0,54
<i>Strumigenys raptans</i> (Bolton, 2000)	3	1	0	4	0,43
<i>Trachymyrmex</i> sp.	4	0	0	4	0,43
<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)	0	0	3	3	0,32
<b>Formicinae</b>					
<i>Acropyga exsanguis</i> (Wheeler, 1909)	0	0	3	3	0,32
<i>Brachymyrmex</i> sp.1	12	0	9	21	2,27
<i>Brachymyrmex</i> sp.2	2	0	2	4	0,43
<i>Brachymyrmex</i> sp.3	0	4	12	16	1,73
<i>Brachymyrmex</i> sp.4	5	0	0	5	0,54
<i>Camponotus</i> sp.1	2	0	0	2	0,22
<i>Camponotus</i> sp.2	0	1	0	1	0,11
<i>Nylanderia steinheili</i> (Forel, 1893)	2	4	5	11	1,19
<i>Nylanderia</i> sp.	1	0	0	1	0,11
<b>Dolichoderinae</b>					
<i>Linepithema</i> sp.1	5	0	0	5	0,54
<i>Linepithema</i> sp.2	3	0	0	3	0,32
<b>Ecitoninae</b>					
<i>Labidus coecus</i> (Latreille, 1802)	2	1	1	4	0,43
<b>Amblyoponinae</b>					
<i>Amblyopone orizabana</i> (Brown, 1960)	1	0	0	1	0,11
<i>Amblyopone</i> sp.	1	1	0	2	0,22
<b>Ectatomminae</b>					
<i>Ectatomma ruidum</i> (Roger, 1860)	0	0	8	8	0,86
<i>Gnamptogenys andina</i> (Latke, 1995)	3	1	0	4	0,43
<i>Gnamptogenys bisulca</i> (Kempfe & Brown, 1968)	21	17	5	43	4,64
<i>Gnamptogenys interrupta</i> (Mayr, 1887)	1	0	0	1	0,11
<i>Gnamptogenys minuta</i> (Emery, 1896)	3	9	0	12	1,30
<i>Gnamptogenys porcata</i> (Emery, 1896)	1	0	0	1	0,11
<i>Gnamptogenys strigata</i> (Norton, 1871)	9	0	2	11	1,19
<i>Typhlomyrmex pusillus</i> (Emery, 1894)	7	2	6	15	1,62
<b>Heteroponerinae</b>					
<i>Heteroponera inca</i> (Brown, 1958)	5	3	0	8	0,86
<i>Heteroponera microps</i> (Borgmeier, 1957)	4	1	4	9	0,97
<b>Ponerinae</b>					
<i>Anochetus</i> sp.	1	0	0	1	0,11
<i>Hypoponera</i> sp.1	28	9	4	41	4,43
<i>Hypoponera</i> sp.2	9	4	3	16	1,73
<i>Hypoponera</i> sp.3	5	0	0	5	0,54
<i>Hypoponera</i> sp.4	3	0	3	6	0,65
<i>Hypoponera</i> sp.5	0	0	6	6	0,65
<i>Hypoponera</i> sp.6	0	0	1	1	0,11

(Continúa)

(Continuación Tabla 1)

Subfamilia y especie	Bosque	Parque de bosque	Café sol	Frecuencia de captura	Abundancia relativa %
<i>Leptogenys</i> sp.	1	0	0	1	0,11
<i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille, 1802)	2	1	4	7	0,76
<i>Pachycondyla arhuaca</i> (Forel, 1901)	8	3	0	11	1,19
<i>Pachycondyla becculata</i> (Mackay and Mackay 2010)	1	0	0	1	0,11
<i>Pachycondyla fauveli</i> (Emery, 1896)	3	0	0	3	0,32
<i>Pachycondyla ferruginea ferruginea</i> (Smith F, 1858)	2	0	0	2	0,22
<i>Pachycondyla ferruginea panamensis</i> (Forel, 1899)	2	2	0	4	0,43
<i>Pachycondyla impressa</i> (Roger, 1861)	5	3	1	9	0,97
<b>Proceratinae</b>					
<i>Discothyrea sexarticulata</i> (Borgmeier, 1954)	1	1	0	2	0,22
<i>Discothyrea</i> sp.	1	3	0	4	0,43
Total frecuencia de captura	449	254	223	926	0,11
Total especies	74	49	41		

de porcentajes de similitud (SIMPER) mostraron según los promedios de disimilitud total entre coberturas, diferencias marcadas en la composición de las correspondientes comunidades (bosque vs. café sol: 89,19%, parche de bosque vs. café sol: 86,57 y bosque vs. parche de bosque: 82,57%). Las especies que más contribuyeron a esta diferenciación fueron *Solenopsis* sp.1 y sp.2, *Gnamptogenys bisulca* y *Cyphomyrmex* cf. *dixus* (Tabla 5). El resultado del análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMS) se presentan en la figura 3, (Stress 0.4816, axis 1: 0.04204 y axis 2: 0.02359).

### Discusión

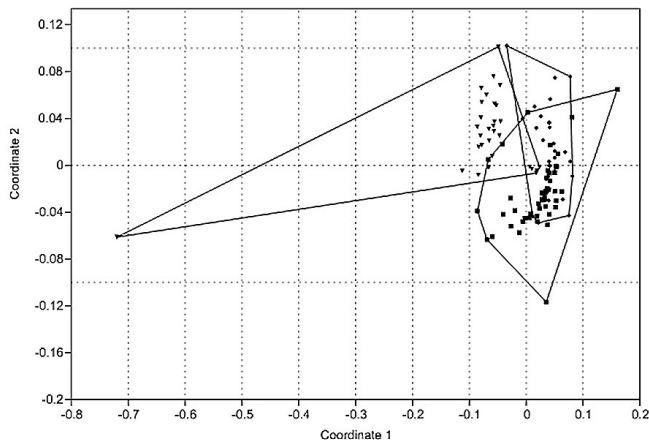
La riqueza total a escala de paisaje (96 especies), representa para un área previamente inexplorada en estudios mirmecológicos, una cifra elevada en relación con las cifras registradas en otros estudios realizados en diferentes zonas del país. En el caso de las hormigas cazadoras (poneromorfas), por ejemplo, el número de especies colectadas (29) supera la riqueza encontrada en los paisajes cafeteros estudiados por García *et al.* (2008) en Valle del Cauca y Santander (24 y 20 especies respectivamente), así como la riqueza registrada en un paisaje ganadero de Caldas (25 especies) (Jiménez *et al.* 2008; Abadía *et al.* 2010). Es importante resaltar que en estas investigaciones, la extensión del área de trabajo fue cinco veces mayor (2.500 ha) que la extensión de la muestra de paisaje definida en este estudio. La eficiencia promedio de muestreo, tanto para el paisaje, como para los tres elementos que fueron objeto de atención, indica que se consiguió una buena repre-

sentatividad de la mirmecofauna presente en la zona. Considerando aspectos como el nivel de perturbación antrópica al cual se encuentra expuesto un paisaje agrícola destinado principalmente a la caficultura, el tamaño de la muestra de paisaje, el número de elementos de paisaje muestreados, el rango altitudinal que comprende el cuadrante que limita la zona de estudio (1.500-2.000 msnm), el número de especies encontrado y la composición global de la mirmecofauna, es posible afirmar que este paisaje alberga comunidades heterogéneas de una proporción importante de las especies que se conocen actualmente en el país (900 especies, Fernández 2006).

La riqueza y composición por elementos resulta igualmente significativa considerando las correspondientes cifras y la identidad de las especies. El bosque de Verdúm, en el cual se encuentran zonas en diferente grado de sucesión ecológica, constituye el área de conservación más importante y representativa del municipio de La Celia. El hallazgo de 74 especies, de las cuales 28 resultaron exclusivas de esta cobertura, denota la importancia de esta área protegida (actualmente bajo la figura de Distrito de Manejo Integrado) para la conservación de la biota local y regional. Los parches de bosque, comúnmente inmersos en la matriz de café, permanecen en estos paisajes principalmente porque se valoran como elementos indispensables para la protección de los nacimientos de agua, o porque se encuentran en zonas de difícil acceso por su topografía. Con 49 especies registradas en los dos fragmentos muestreados, se manifiesta la importancia de estos elementos a escala local y regional para propósitos de

**Tabla 2.** Eficiencias de muestreo basadas en los estimadores no paramétricos Chao2, y Jackknife1 y 2, para los elementos del paisaje.

Elemento	N	Sob	Estimador y eficiencia de muestreo (%)						Promedio general
			Chao2	%	Jack1	%	Jack2	%	
Bosque	60	80	88,85	90,04	98,68	81,07	99,94	80,05	83,72
Parche de bosque	40	48	60,68	79,10	61,65	77,86	69,4	69,16	75,37
Café sol	40	42	46,55	90,23	49,8	84,34	52,77	79,59	84,72
Total paisaje	140	98		86,46		81,09		76,27	81,27



**Figura 3.** Resultado del análisis de escalamiento múltiple no métrico. Stress = 0,4816. Bosque ■, Parche de bosque ●, café a libre exposición ▼.

conservación, manejo e investigación. Los parches de bosque constituyen el hábitat de especies propias de los bosques nativos y representan elementos fundamentales de conectividad en la dinámica de las poblaciones de hormigas. Mientras que especies como *Acanthognathus teledectus* y *Strumigenys cordovensis* Mayr, 1887 se colectaron exclusivamente en estos fragmentos, otras como *Discothyrea sexarticulata*, *Gnamptogenys minuta*, *Heteroponera inca* Brown, 1958, *Pachycondyla arhuaca* Forel, 1901 y *Strumigenys raptans* Bolton, 2000 se colectaron tanto en bosque como en este elemento.

En general, los cafetales a libre exposición en la vereda La Secreta son cultivos cuya extensión oscila entre una y dos hectáreas, con un manejo que si bien no corresponde totalmente al tradicional (e.g. bajas densidades de siembra y poco uso de agroquímicos y), dista más de un manejo intensivo (e.g. altas densidades de siembra y uso frecuente, en cantidades importantes, de agroquímicos). La riqueza encontrada en este elemento (42 especies), las abundancias y la identidad de las especies colectadas, aunque marcaron diferencias significativas con lo encontrado en las otras coberturas, reflejan la capacidad del cultivo de café para albergar, a diferencia de otras matrices de paisajes agrícolas, grupos que generalmente se catalogan como propios de coberturas boscosas (e.g. *Gnamptogenys bisulca*, *Heteroponera microps* Borgmeier, 1957, *Pachycondyla impressa* Roger, 1861 y *Typhlomyrmex pusillus* Emery, 1894).

En este mismo contexto biogeográfico, resulta importante resaltar que las cifras registradas en los parches de bosque y los cafetales a libre exposición de este paisaje (49 y 42 especies respectivamente) son más altas que aquellas registradas

en las muestras de hojarasca, tomadas en estos elementos por Armbrecht *et al.* (2005) en la zona cafetera de Apía, Risaralda (32 y 24 especies respectivamente). Posiblemente estas diferencias obedezcan a características particulares de estos paisajes cafeteros (e.g. grado de homogenización, heterogeneidad topográfica o heterogeneidad estructural) o a un factor determinante como las prácticas de manejo.

Los resultados de los análisis ANOSIM y SIMPER, evidenciaron la existencia de diferencias marcadas en la composición de las comunidades asociadas a los tres elementos. Pese a encontrarse en las tres coberturas, cuatro de los grupos que en el paisaje registraron las abundancias más altas, fueron los que más contribuyeron a esta diferenciación (*Cyphomyrmex* cf. *dixus*, *Gnamptogenys bisulca*, *Octostruma stenoscapa* y *Solenopsis* sp.1). El resultado del análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMS), muestra en un ordenamiento en dos dimensiones que existe una mayor afinidad en la composición de la mirmecofauna del bosque y los parches de bosque, y una menor afinidad entre la mirmecofauna de estos dos elementos y la de los cafetales a libre exposición (Figura 3).

Entre las especies más abundantes, definidas según los valores más altos de frecuencia de captura (tabla 1), sobresale *Pheidole biconstricta* como una especie dominante a escala local y regional. Su incidencia en las muestras de hojarasca, así como la frecuencia de observación de sus colonias en los recorridos realizados en la zona de estudio, evidenciaron la plasticidad ecológica de esta especie, que por su agresividad y sus hábitos generalistas y oportunistas limita la actividad de forrajeo de otros grupos en el territorio cercano a sus sitios de nidificación. En bosques y parches, se encontraron colonias de *P. biconstricta* en suelo, bajo troncos caídos, y bajo la corteza de árboles de mediano porte. En cafetales a libre exposición, esta especie se encontró anidando predominantemente en suelo.

La baja incidencia de especies catalogadas como potenciales plagas en las muestras de hojarasca se resalta como un aspecto positivo que podría favorecer la sostenibilidad social, agrícola y ambiental en este paisaje. Los escasos registros de géneros como *Acropyga* y *Wasmannia*, la baja incidencia de una especie exótica como *Monomorium pharaonis* y la ausencia de especies como *Paratrechina fulva* Mayr, 1862 (otra especie invasora conocida comúnmente como la “hormiga loca”, registrada en diferentes zonas cafeteras del país) y de *Solenopsis geminata* Fabricius, 1804, asociada frecuentemente a problemas en diferentes cultivos (Della Lucia 2003), permiten afirmar que tanto en estos elementos representativos, como en el paisaje en general, el riesgo que representan actualmente estos grupos como potenciales plagas es bajo. Aunque la incidencia de las hormigas cortadoras de hojas *A. cephalotes* y *A. aspersus* fue igualmente baja en las muestras de hojarasca, la presencia de estas especies en las diferentes coberturas del paisaje, se vislumbra como un problema po-

**Tabla 3.** Resultado de la prueba de Tukey. Comparaciones pareadas entre la riqueza de los tres elementos del paisaje estudiados.

	Bosque	Parche de bosque	Café a libre exposición
Bosque		0,5099	0,1126
Parche de bosque	1,615		0,5496
Café a libre exposición	3,131	1,517	

**Tabla 4.** Resultados del análisis de similitud (ANOSIM), utilizando como medida de distancia el índice de Jaccard.

Elemento	Bosque	Parche de bosque	Café a libre exposición
Bosque	0	0,046	0,0001
Parche de bosque	0,046	0	0,0001
Café a libre exposición	0,0001	0,0001	0

**Tabla 5.** Disimilitud entre tres elementos de un paisaje cafetero de Risaralda, según la composición de la fauna de hormigas de cada cobertura.

Comparaciones	Especie	Contribución %	Disimilitud promedio (%)
Bosque vs. Parche de bosque	<i>Solenopsis</i> sp.1	5,72	82,57
	<i>Cyphomymex</i> cf. <i>dixus</i>	5,51	
	<i>Gnamptogenys bisulca</i>	4,60	
	<i>Hypoconera</i> sp.1	4,24	
Bosque vs. Café sol	<i>Solenopsis</i> sp.1	5,59	89,19
	<i>Solenopsis</i> sp.2	5,34	
	<i>Cyphomyrmex</i> cf. <i>dixus</i>	4,33	
	<i>Octostruma balzani</i>	4,19	
Parche de bosque vs. Café sol	<i>Solenopsis</i> sp.2	5,55	86,57
	<i>Solenopsis</i> sp.1	5,21	
	<i>Cyphomyrmex</i> cf. <i>dixus</i>	5,08	
	<i>Pyramica gundlachi</i>	4,66	

tencial para caficultores y demás habitantes en la zona. En los recorridos a través del área de estudio, se detectaron en los parches de bosque y en cultivos de café grandes hormigueros de *A. cephalotes*, con numerosas obreras forrajando activamente en diferentes especies vegetales e incluso en los arbustos de café y almácigos. Dadas las características de estas especies, se recomienda realizar estudios con métodos de muestreo orientados exclusivamente a la detección de sus colonias para conocer en detalle aspectos como su densidad poblacional por coberturas y en todo el paisaje. Varias de las especies colectadas, pertenecen a grupos para los cuales se ha documentado su potencial como controladores biológicos de la principal plaga de este cultivo en Colombia, la broca del café (*Hypothenemus hampei*, Ferrari, 1867). Bustillo *et al.* (1998), Vélez *et al.* (2000 y 2003) y Gallego y Armbrecht (2005) han reportado en zonas cafeteras de los departamentos de Caldas y Risaralda, especies de géneros como *Crematogaster*, *Gnamptogenys*, *Pheidole* y *Solenopsis* depredando la broca del café en diferentes estadios.

La fidelidad ecológica y la rareza de especies como *Acanthognathus teledectus*, *Amblyopone* sp. (posiblemente nueva especie, Lattke com. pers), *Discothyrea sexarticulata* y *Gnamptogenys minuta*, reflejada en el bajo número de eventos de captura en bosque y parches de bosque, son aspectos que sumados a la baja ocurrencia de hormigas potencialmente plaga y de especies invasoras, se proponen como características que en conjunto resultan indicadoras de la salud (equilibrio) y la heterogeneidad de las comunidades de hormigas en el paisaje cafetero estudiado.

#### Agradecimientos

A Colciencias y su programa Jóvenes Investigadores e Innovadores “Virginia Gutiérrez de Pineda” (P-2010-0391) en colaboración con la Universidad del Valle, por el apoyo financiero a la Joven Investigadora Lina Marcela Arango. A Colciencias, la Universidad del Valle y Wildlife Conservation Society - Programa Colombia, por la financiación y el apoyo logístico en el proyecto “Análisis de heterogeneidad espacial y diversidad de hormigas y escarabajos coprófagos en paisajes cafeteros” (Proyecto No.110652128706). A los propietarios y demás habitantes de las fincas cafeteras por su

colaboración y por permitir el desarrollo de este trabajo en sus predios. Al Comité de Cafeteros de La Celia, Risaralda, a Jens Dauber, John Lattke, Fernando Zapata, Leonardo Delgado y a los compañeros del grupo de investigación “Biología, Ecología y Manejo de Hormigas” de la Universidad del Valle.

#### Literatura citada

- ACHURY, R.; CHACÓN DE ULLOA, P.; ARCILA, A. M. 2012. Effects of the heterogeneity of the landscape and the abundance of *Wasmannia auropunctata* on ground ant assemblages in a colombian tropical dry forest. *Psyche* Volume 2012, Article ID 960475, 12 pages, doi:10.1155/2012/960475.
- ABADÍA, J.C.; BERMÚDEZ, C.; LOZANO-ZAMBRANO, F.H.; CHACÓN P. 2010. Hormigas cazadoras en un paisaje subandino de Colombia: riqueza, composición y especies indicadoras. *Revista Colombiana de Entomología* 36 (1): 127-134.
- ARANGO, N. D.; ARMENTERAS, M.; CASTRO, T.; GOTTMANN, O. L.; HERNÁNDEZ, C. L.; MATALLANA, M. 2003. Vacíos de conservación del Sistema de Parques Nacionales de Colombia desde una perspectiva ecorregional, Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt-WWF. 64 p.
- ARMBRECHT, I.; CHACÓN DE ULLOA, P. 2003. The little fire ant *Wasmannia auropunctata* (Roger) (Hymenoptera: Formicidae) as a diversity indicator of ants in tropical dry forest fragments of Colombia. *Environmental Entomology* 32 (3): 542-547.
- ARMBRECHT, I. 2003. Diversity and function of leaf litter ants in Colombian coffee agroecosystems. Tesis Doctoral. Escuela de Recursos Naturales y Ambiente. Universidad de Michigan, Ann Arbor, Michigan, E.U. 242 p.
- ARMBRECHT, I.; 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.
- ARMBRECHT, I.; CHACÓN, P.; GALLEGO, M. C.; RIVERA, L. 2008. Efecto de la tecnificación del cultivo de café sobre las hormigas cazadoras de Risaralda. pp. 479-495, capítulo 13. En: Jiménez E.; Fernández, F.; Arias, T. M.; Lozano-Zambrano, F. H. (Eds.). *Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. Colombia 609 + xiv p.
- BARÓN, J. D. 2010. Geografía económica de los Andes Occidentales de Colombia. Documentos de trabajo sobre economía re-



- gional. Banco de la República. Centro de Estudios Económicos Regionales (CEER). Cartagena. 100 p.
- BUSTILLO, A. E.; CÁRDENAS, M. R.; VILLALBA, G. D.; BENAVIDES, M. P.; OROZCO, H. J.; POSADA, F. F. 1998. Manejo integrado de la Broca del café, *H. hampei* (Ferrari) en Colombia. Chinchiná, CO, CENICAFE. 127 p.
- COLWELL, R. K.; CODDINGTON, J. A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society London B* 345: 101-118
- DELLA-LUCIA, T. M. C. 2003. Hormigas de importancia económica en la región Neotropical. pp. 337-349. En: F. Fernández. (Ed.). *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. 398 p.
- FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS (FNC). 2010. La Tierra del Café. Documento electrónico disponible en: [http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/la\\_tierra\\_del\\_cafe](http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/la_tierra_del_cafe). [Fecha revisión: Diciembre 2012].
- FERNÁNDEZ, F. 2006. Caracterización de la diversidad de hormigas en Colombia. pp: 288-290. En: Chaves, M.E.; Santamaría, M. (Eds.). *Informe sobre el avance en el conocimiento y la información de la biodiversidad 1998 - 2004*. 2 Tomo. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá.
- 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 (Costa Rica)* No. 76, p. 32-40.
- GARCÍA, R.; ZABALA, G.; BOTERO, J. E. 2008. Hormigas cazadoras en paisajes cafeteros de Colombia. pp. 461-478, capítulo 12. En: Jiménez, E.; Fernández, F.; Arias, T.M.; Lozano-Zambrano, F. H. (Eds.). *Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. Colombia. 609 + xiv p.
- HAMMER, O.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 1-9.
- JIMÉNEZ, E.; LOZANO-ZAMBRANO, F.; ÁLVAREZ-SAA, G. 2008. Diversidad alfa ( $\alpha$ ) y beta ( $\beta$ ) de hormigas cazadoras de suelo en tres paisajes ganaderos de los andes centrales de Colombia. pp. 439-459, capítulo 11. En: Jiménez, E.; Fernández, F.; Arias, T. M.; Lozano-Zambrano, F. H. (Eds.). *Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia*. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. Colombia. 609 + xiv p.
- KATTAN, G. H. 2002. Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies. pp. 561-590. En: Guariguata, M. R.; Kattan, G. H. (Eds.). *Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales*. Costa Rica, Libro Universitario Regional.
- LONGINO, J. 2012. Hormigas de Costa Rica. Disponible en: <http://academic.evergreen.edu/projects/ants/Genera> [Fecha revisión: 28 septiembre 2012].
- MATSON, P. A.; PARTON, A.W.; POWER, A.G.; SWIFT, M. 1997. Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science* 277: 504-509.
- MILLENIUM ASSESMENT. 2007. Millenium Ecosystem Assessment. A toolkit for understanding and action. *Protecting Natures's services. Protecting ourselves*. Island Press. Washington.
- MOGUEL, P.; TOLEDO, V. M. 1999. Biodiversity conservation in traditional systems of México. *Conservation Biology* 13: 11-21.
- PALACIO, E. E.; FERNÁNDEZ, F. 2003. Clave para las subfamilias y géneros. pp. 233-260. En: Fernández, F. (Ed.). *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*. Instituto de Investigación de recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 423 p.
- PHILPOTT, S. M.; ARENDT, W.; ARMBRECHT, I.; BICHER, P.; DIETSCH, T.; GORDON, C.; GREENBERG, R.; PERFECTO, I.; SOTO-PINTO, L.; TEJEDACRUZ, C.; WILLIAMS, G.; VALENZUELA, J. 2008. Biodiversity loss in Latin American coffee landscapes: Reviewing evidence on ants, birds, and trees. *Conservation Biology* 22: 1093-1105.
- PIMENTEL, D.; WILSON, C.; MCCULLUM, C.; HUANG, R.; DWEN, P.; FLACK, J.; TRAN, Q.; SALTMAN, T.; CLIFF, B. 1997. Economic and environmental benefits of biodiversity. *Bioscience* 47:747-757.
- SWIFT, M. J.; VANDERMEER, J.; RAMAKRISHNAN, P. S.; ANDERSON, J. M.; ONG, C. K.; HAWKINS, B. A. 1996. Biodiversity and agroecosystem function. pp. 261-298. In: Mooney, H. A.; Cushman, J. H.; Medina, E.; Sala, O. E.; Schulze E. D. (Eds.). *Functional Roles of Biodiversity: a global perspective*. Nueva York, US, John Wiley and Sons.
- VÉLEZ, M.; BUSTILLO, A.; POSADA, F.J. 2000. Predación sobre *Hypothenemus hampei* (Ferrari) de las hormigas *Solenopsis* sp., *Pheidole* sp. y *Dorymyrmex* sp. durante el secado del café. En Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN (27, Medellín, CO). *Memorias*. Colombia. p. 17.
- VÉLEZ, M.; BUSTILLO, A.; POSADA, F.J. 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.

Recibido: 6-feb-2013 • Aceptado: 29-mayo-2013