

Hormigas cazadoras en un paisaje subandino de Colombia: riqueza, composición y especies indicadoras

Hunter ants in a sub-Andean landscape of Colombia: richness, composition, and indicator species

JUAN CARLOS ABADÍA¹, CHRISTIAN BERMÚDEZ¹, FABIO H. LOZANO-ZAMBRANO² y PATRICIA CHACÓN³

Resumen: Se examinó la riqueza y composición de hormigas cazadoras asociadas a la hojarasca en bosque maduro, bosque secundario, corredor ripario y pastizal, los cuales conforman un paisaje rural ganadero de 2500 Ha localizado en la cuenca media del río Chambery (Caldas, Colombia). En total se recolectaron 23 especies y se obtuvo una eficiencia de muestreo del 97,8%. La riqueza fue mayor en bosque secundario (20 especies) seguida de bosque maduro (19), corredor ripario (18) y pastizal (10). Se encontraron diferencias en la composición de especies entre todos los elementos del paisaje. La mayor disimilitud se halló entre bosque maduro y pastizal (88,73%) y entre bosque secundario y pastizal (88,23%). *Pachycondyla becculata*, *P. aenescens*, *Hypoponera* sp. 1 y *Gnamptogenys bisulca* fueron las especies que más contribuyeron a establecer las diferencias entre los elementos. Las hormigas con mayor valor indicador fueron *Hypoconera* sp. 1 para bosque maduro, *P. aenescens* para bosque secundario, *G. bisulca* para corredor ripario e *Hypoconera* sp. 3, *Heteroponera microps* y *Odontomachus erythrocephalus* para el pastizal.

Palabras clave: Andes. Biodiversidad. Bosque. Corredor ripario. Pastizal.

Abstract: The richness and composition of hunter ants associated with the leaf-litter of mature forest, secondary forest, riparian forest and grassland was examined in a 2500-ha rural ranching landscape located in the middle watershed of the Chambery River (Caldas, Colombia). A total of 23 ant species was collected, and a high sampling efficiency of 97.8% was obtained. Richness was higher in secondary forest (20 species), followed by mature forest (19), riparian forest (18), and grassland (10). Differences in species composition among all elements of the landscape were found. The greatest dissimilarity was found between mature forest and grassland (88.73%) and secondary forest and grassland (88.23%). *Pachycondyla becculata*, *P. aenescens*, *Hypoconera* sp. 1 and *Gnamptogenys bisulca* were the species that contributed most to establish differences between the elements. The species with the highest value as indicators were *Hypoconera* sp. 1 for mature forest, *Pachycondyla aenescens* for secondary forest, and *Hypoconera* sp. 3, *Heteroponera microps*, and *Odontomachus erythrocephalus* for grassland.

Key words: Andes. Biodiversity. Forest. Grassland. Riparian forest.

Introducción

Los bosques montanos y premontanos de los Andes tropicales son considerados a nivel mundial como centros de alta diversidad y endemismo (Dezzeo y Huber 1995; Myers *et al.* 2000). Sin embargo, esta región es una de las más transformadas puesto que su régimen de lluvias, clima templado y riqueza de fuentes hídricas han promovido los asentamientos humanos y el desarrollo de la agricultura y ganadería (Rudas *et al.* 2007). Debido a estas características económicamente ventajosas, los ecosistemas nativos andinos han sufrido procesos de transformación que implican reducción y fragmentación del hábitat, pérdida de conectividad, aumento en tasas de erosión, modificaciones en los suelos y contaminación, los cuales han traído consecuencias como la introducción y extinción de especies y el incremento en la heterogeneidad de los paisajes (Halffter y Ezcurra 1992). Tal es el caso de los Andes centrales de Colombia con un 61.8% de su área modificada (Cavalier *et al.* 2001; Arango *et al.* 2003), donde actualmente se cultivan las mayores extensiones de café (Cavalier y Etter 1995) pero la ganadería constituye la principal motivación económica de la región (Jiménez *et al.* 2008a; Mendoza *et al.* 2008).

El ritmo con el cual se vienen transformando los ecosistemas andinos en Colombia, es mucho mayor al de los estudios tendientes a medir o mitigar las consecuencias de los cambios y en muchos casos ni siquiera se cuenta con un conocimiento previo de lo que se tenía antes de los procesos de transformación (Rudas *et al.* 2007). Para generar conocimiento básico sobre cambios en la diversidad se han utilizado algunos taxones indicadores entre los cuales sobresale la familia Formicidae (Majer 1983; Andersen 1990; Brown 1991) y dentro de ésta, las hormigas cazadoras, un grupo con taxonomía relativamente bien conocida que ha sido propuesto como indicador de biodiversidad en bosques secos tropicales de Colombia (Arcila *et al.* 2008; Chacón de Ulloa *et al.* 2008).

Estudios sobre las hormigas cazadoras de los Andes colombianos concuerdan en que los hábitats con cobertura arbórea presentan mayor riqueza de especies (Bustos 1994; Estrada y Fernández 1998; Bustos y Ulloa-Chacón 1996; Chaves *et al.* 2008; Jiménez *et al.* 2008a). También se han analizado las hormigas cazadoras como indicadoras del efecto de la tenebración en cultivos de café, siendo los de mayor riqueza los cultivos con sombra (García *et al.* 2008; Armbrrecht *et al.* 2008).

En el valle interandino del río Cauca, Chacón de Ulloa *et al.* (2008) registraron 16 especies de hormigas cazadoras

¹ Grupo de investigación en Biología, Ecología y Manejo de Hormigas, Universidad del Valle, A.A. 25360, Cali, <http://hormigas.univalle.edu.co>.

¹ Biólogo estudiante de maestría, jcabadiablozono@gmail.com, christianax@gmail.com. Autor para correspondencia.

² Biólogo, Investigador Programa Biología de la Conservación, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, fhlozano@humboldt.org.co.

³ Ph.D. Profesora titular, Universidad del Valle. pachacon@univalle.edu.co.

de las cuales el 94% se encontraron en bosques secundarios y solamente el 19% se hallaron en potreros. En un análisis a nivel del paisaje incluyendo fragmentos de bosque, guaduales, cañadas, cultivos de caña de azúcar y potreros, Arcila *et al.* (2008) registraron 22 especies de las cuales el 73% se encontró en bosque y solamente el 32% se halló en cultivos y potreros. Estos mismos autores encontraron que la hormiga cachona *Ectatomma ruidum* Roger, 1860 es indicadora del hábitat de potrero y la ponerina *Pachycondyla constricta* (Mayr, 1884) lo es para el guadual.

El presente trabajo cuantifica la riqueza y compara la composición de especies de hormigas cazadoras, en el mosaico de parches de vegetación natural y pastizales que conforman el paisaje rural de la cuenca media del río Chambery (Caldas). Además propone especies indicadoras de los tipos de hábitat estudiado (bosque maduro, bosque secundario, corredor ripario y pastizal).

Materiales y Métodos

Área de estudio. La cuenca media del río Chambery (5°18'N, 75°28'W) se encuentra al norte del departamento de Caldas entre los municipios de Aranzazu y Salamina, abarca un rango altitudinal entre 1700 y 2100 msnm, precipitación de 2000 a 4000 mm/año con dos temporadas de lluvia y dos temporadas secas; temperatura media anual entre 12° y 20°C. La zona de vida corresponde a bosque muy húmedo montano bajo (Bmh-MB) (Jiménez *et al.* 2008a). El área de estudio se considera un paisaje ganadero (Jiménez *et al.* 2008a) y cubre una extensión de 2500 Ha (Fig. 1). Se eligieron cuatro tipos de elementos del paisaje para la caracterización de la diversidad de hormigas: bosque maduro (cuatro réplicas), bosque secundario (cinco réplicas), corredor ripario (cobertura vegetal que circunda ríos y riachuelos - siete réplicas) y pastizal (cinco réplicas).

Muestreo de hormigas. Se usó el protocolo recomendado para inventarios de hormigas de hojarasca (Agosti y Alonso 2000), el cual ha sido aplicado con algunas modificaciones en varias zonas montañosas de Colombia (Chaves *et al.* 2008; Jiménez *et al.* 2008a; Mendoza *et al.* 2008) y en el valle geográfico del río Cauca (Arcila *et al.* 2008). Para cada réplica de un elemento del paisaje se delimitó un transecto donde se marcaron doce estaciones de muestreo, separadas 10 m entre sí (ver figura en Arcila *et al.* 2008; Jiménez *et al.* 2008a). En cada estación se usaron dos técnicas de muestreo: una trampa de caída, la cual consistió en un vaso plástico de 16 onzas semi-lleño con una solución de agua jabón dejándose actuar por 24 horas y recolección de 1 m² de hojarasca que luego se procesó en sacos mini-Winkler por 48 horas. Cada estación se muestreó cuatro veces, dos en época seca (septiembre 2006 y enero 2007) y dos en época de lluvia (marzo y noviembre 2006) con el fin de obtener el inventario más completo de la diversidad de hormigas cazadoras. En total el esfuerzo de muestreo comprendió 21 transectos, 252 estaciones, 1008 trampas de caída y 1008 m² de hojarasca para sacos mini-Winkler.

Análisis de laboratorio. La determinación de las especies se realizó con ayuda de las claves de Kempf (1975), Brown (1977), Lattke (1990), Lacau y Delabie (2002), Baroni-Urbani y Andrade (2003), Longino (2008) y Mackay y Mackay (2008). Además se comparó con las colecciones del Institu-

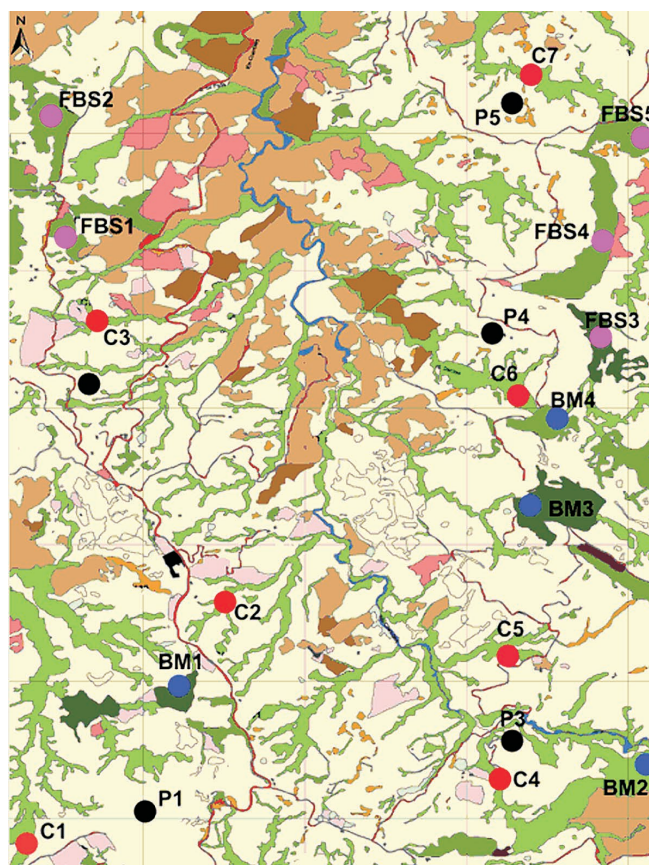


Figura 1. Interpretación de las coberturas vegetales del área de la cuenca media del río Chambery, Caldas-Colombia, mostrando 21 réplicas de cuatro elementos del paisaje. (BS: Bosque secundario, BM: Bosque maduro, C: Corredor ripario y P: Pastizal) (IAvH 2005).

to de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Museo de Entomología de la Universidad del Valle (MEUV) y Museo del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia (ICN).

Análisis de datos. La eficiencia del muestreo fue evaluada empleando dos estimadores no paramétricos, Chao 2 y Jackknife 1 con el software EstimateS v. 8.0 (Colwell 2000). Debido a diferencias en el número de réplicas por elemento del paisaje, se aplicó un análisis de rarefacción (Colwell y Coddington 1994) para comparar la riqueza de especies entre elementos. Con el objetivo de examinar la relación entre la riqueza de hormigas cazadoras y las réplicas de cada elemento, se utilizó el escalamiento multidimensional no métrico (NMS) como técnica de ordenamiento a través del programa PC-ORD v. 4.34 (McCune y Grace 2002), empleando el índice de Bray-Curtis como medida de distancia. Además se usó la simulación de Monte Carlo (1000 iteraciones) para evaluar la significancia de los ejes de ordenación obtenidos (McCune y Grace 2002).

Para detectar diferencias en la composición de especies entre elementos del paisaje, se utilizaron los análisis ANOSIM (Analysis of Similarities) y MRPP (MultiResponse Permutation Procedure), los cuales ponen a prueba la hipótesis de no diferencia entre grupos (elementos) (Quinn y Keough 2002). Seguidamente se calcularon porcentajes de disimilitud (SIMPER) (Community Analysis Package (CAP v. 3.01)

(Searby *et al.* 2004) para establecer cuales especies contribuyen a diferenciar los elementos del paisaje.

En la búsqueda de especies indicadoras se utilizó el método de Dufrene y Legendre (1997) que se basa en el grado de especificidad a un hábitat particular y en el grado de fidelidad, es decir la frecuencia de ocurrencia dentro del mismo hábitat, ambos medidos de manera independiente para cada especie y expresados como porcentaje. Así, el análisis de especies indicadoras produce valores (*IndVal*) que van desde 0 (no indicador) hasta 100 (indicador perfecto). Las especies con un valor alto se consideran mejores indicadoras porque tienen mayores probabilidades de ser detectadas en contraste con las especies raras (Dufrene y Legendre 1997). Seguidamente y mediante simulaciones de Monte Carlo (1000 iteraciones) se probó la hipótesis nula de que los valores de indicación obtenidos no son mayores que los esperados por el azar (PC-ORD v. 4.34) (Mc Cune y Grace 2002).

Resultados

Patrones generales del ensamblaje. En un total de 977 capturas se hallaron 23 especies de 13 géneros de hormigas ca-

zadoras (Tabla 1). Cuatro especies se registran por primera vez para el área de estudio: *Heteroponera monticola* Kempf & Brown, 1970, *Pachycondyla impressa* Roger, 1861, *Leptogenys ca. ritae* y *Simopelta minima* (Brandao, 1989). Esta última es un nuevo reporte para Colombia. La ectatomina *Gnamptogenys bisulca* Kempf y Brown, 1968 y las ponerinas *Pachycondyla becculata* Mackay & Mackay, 2010 e *Hypoponera* sp. 1 presentaron las mayores frecuencias de captura y sumaron el 49,1% de la recolección total; dichas especies fueron abundantes en corredor ripario y bosque maduro principalmente. Respecto a especies exclusivas, *L. ca. ritae* y *Belonopelta attenuata* Mayr, 1870 se hallaron en bosque maduro y *S. minima* en bosque secundario; el corredor ripario y el pastizal no presentaron ninguna especie exclusiva (Tabla 1). En cuanto a la época de muestreo, el 91,3% de las especies se colectaron tanto en época húmeda como seca aunque con mayor frecuencia en esta última (60,80% del total de capturas). *S. minima* y *Amblyopone orizabana* Brown, 1960 fueron recolectadas solo en época seca.

La curva de acumulación de la riqueza de todo el paisaje exhibe una tendencia asintótica y sugiere que el muestreo fue muy eficiente (97,8%). La mayor eficiencia de muestreo se

Tabla 1. Abundancia de las especies de hormigas cazadoras recolectadas en los elementos del paisaje de la cuenca media del río Chambéry, Caldas, Colombia.

Subfamilia y Especie	Bosque maduro	Bosque secundario	Corredor ripario	Pastizal	Total	%
Amblyoponinae						
<i>Amblyopone orizabana</i> Brown, 1960	4	2	0	0	6	0,61
Ectatomminae						
<i>Gnamptogenys bisulca</i> Kempf y Brown, 1968	53	4	117	4	178	18,20
<i>Gnamptogenys nigrivittata</i> Lattke, 1995	12	2	3	4	21	2,15
<i>Gnamptogenys strigata</i> (Norton, 1871)	23	0	24	12	59	6,03
<i>Typhlomyrmex pusillus</i> Emery, 1894	3	1	2	6	12	1,23
Heteroponerinae						
<i>Heteroponera microps</i> Borgmeier, 1957	6	8	65	27	106	10,84
<i>Heteroponera monticola</i> Kempf & Brown, 1970	2	1	2	1	6	0,61
Ponerinae						
<i>Belonopelta attenuata</i> Mayr, 1870	2	0	0	0	2	0,20
<i>Hypoconera</i> sp. 1	55	28	65	1	149	15,24
<i>Hypoconera</i> sp. 2	4	15	15	8	42	4,29
<i>Hypoconera</i> sp. 3	0	1	0	22	23	2,35
<i>Leptogenys ca. ritae</i>	2	0	0	0	2	0,20
<i>Odontomachus erythrocephalus</i> Emery, 1890	0	1	5	11	17	1,74
<i>Pachycondyla aenescens</i> (Mayr, 1870)	25	50	9	0	84	8,59
<i>Pachycondyla becculata</i> Mackay & Mackay, 2010	52	39	62	0	153	15,64
<i>Pachycondyla ferruginea</i> (Smith F, 1858)	15	23	16	0	54	5,52
<i>Pachycondyla impressa</i> Roger, 1861	1	9	1	0	11	1,12
<i>Pachycondyla</i> sp. 1	6	6	3	0	15	1,53
<i>Simopelta minima</i> (Brandao, 1989)	0	1	0	0	1	0,10
<i>Thaumatomyrmex zeteki</i> Smith, 1944	2	5	6	0	13	1,33
Proceratiinae						
<i>Discothyrea horni</i> Menozzi, 1927	5	2	3	0	10	1,02
<i>Discothyrea testacea</i> Roger, 1863	3	6	1	0	10	1,02
<i>Proceratium brasiliense</i> Borgmeier, 1959	0	1	2	0	3	0,31
Total frecuencia de captura	275	205	401	96	977	100

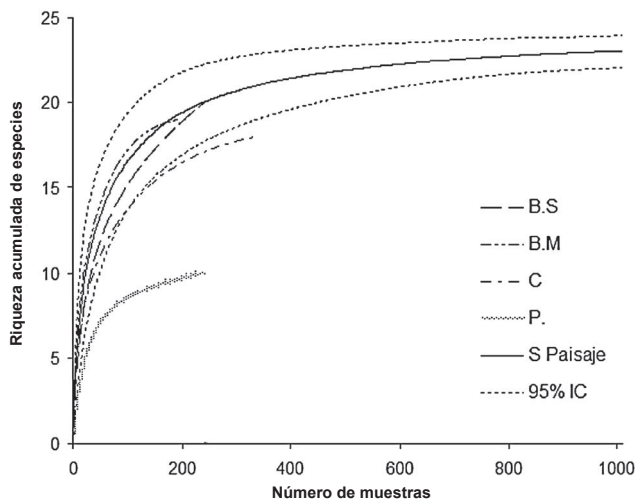


Figura 2. Curvas de acumulación de especies de hormigas cazadoras en el paisaje de la cuenca media del río Chambéry y Rarefacción. BS: Bosque secundario, BM: Bosque maduro, C: Corredor ripario y P: Pastizal.

obtuvo en bosque maduro (96%) y corredor ripario (94%); mientras que en bosque secundario y pastizal fue del orden del 80%. El análisis de rarefacción indicó que las diferencias en riqueza de especies se debieron a la diversidad contenida en cada elemento y no a la variación en el número de muestras (Fig. 2). Así, la riqueza fue mayor en bosque secundario (20 especies) seguida de bosque maduro (19), corredor ripario (18) y pastizal (10).

El análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMS) indicó que un ordenamiento en dos dimensiones es adecuado para representar los datos (Fig. 3). Los pastizales se separaron de los elementos con mayor cobertura vegetal, bosques y corredor ripario, y a su vez, éstos se agruparon a lo largo del eje 1 (Stress promedio = 42,306; Stress mínimo = 25,1; $P < 0.05$), sin encontrarse diferencias entre las réplicas (BM, BS, C), aunque éstas no se agruparon como elementos discretos.

Composición del ensamblaje. El análisis de similitud detectó diferencias significativas en la composición de especies de hormigas cazadoras entre todos los elementos del paisaje (ANOSIM $R_{global} = 0.1606$, $P < 0.001$; MRPP, $T = -64.38$, $A = 0.082$, $\delta = 0.76$, $P < 0.001$). Los dos tipos de bosque comparados con el pastizal fueron los elementos con las mayores diferencias en composición (Tabla 2); así, la disimilitud promedio entre bosque maduro y pastizal (88,73%) fue semejante a la encontrada entre bosque secundario y pastizal (88,23%). Para la primera comparación, las especies *P. becculata*, *Hypoponera* sp. 1 y *G. bisulca* fueron las que más aportaron a la disimilitud (16,70%, 16,52% y 15,03% respectivamente), y para la segunda comparación, también *P. becculata* además de *Pachycondyla aenescens* (Mayr, 1870) (17,64% y 16,27% respectivamente) marcaron las diferencias. Por otro lado, el menor promedio de disimilitud (58,67%) se obtuvo entre bosque maduro y corredor ripario.

Especies indicadoras. Seis especies mostraron valor indicador altamente significativo ($P < 0.001$) para los cuatro elementos del paisaje (Tabla 3). *Hypoponera* sp. 1 resultó indicadora de bosque maduro, *P. aenescens* de bosque secundario, *G.*

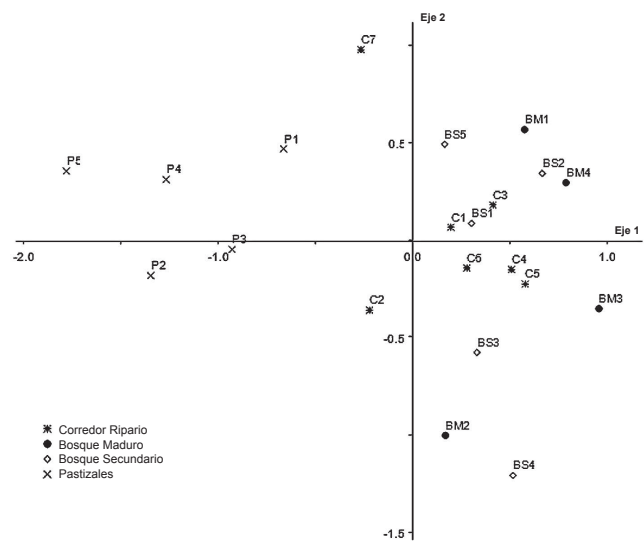


Figura 3. Ordenamiento de las réplicas de los elementos del paisaje de la cuenca media del río Chambéry, utilizando Escalamiento Multidimensional No Métrico (NMS) con el índice de Bray-Curtis.

bisulca de corredor ripario y tres especies *Hypoconera* sp. 3, *Heteroponera microps* Borgmeier, 1957 y *Odontomachus erythrocephalus* (Emery, 1890) de pastizal.

Discusión

La riqueza y la composición de especies en un ensamblaje son dos características que pueden arrojar patrones diferentes en un área, debido a que el número de especies y la identidad pueden tener efectos diferentes sobre el ecosistema (O'Connor y Crowe 2005). En la cuenca media del río Chambéry se recolectó el 86,95% de las 23 especies registradas por Jiménez *et al.* (2008b), obteniéndose en total 25 especies. La ausencia de *Amblyopone degenerata* Borgmeier, 1957 y de una especie perteneciente al género *Hypoconera* recolectadas por Jiménez *et al.* (2008b), puede obedecer a que estos autores muestrearon otros elementos del paisaje como cercas vivas, plantaciones de frijol, cafetales con sombra y cafetales asociados, los cuales no se tuvieron en cuenta en este trabajo.

En el pastizal que es la matriz que domina el paisaje del área de estudio (Fig. 1), el número de especies de hormigas cazadoras se redujo en un 47,2% en promedio frente a los elementos que conservan cobertura vegetal nativa. Este resultado es acorde con otros estudios realizados en regiones subandinas de los cuales se deduce una pérdida en riqueza de especies del 42,3% (Serna y Vergara-Navarro 2008), 52,9% (Jiménez *et al.* 2008b) y 67,1% (Chaves *et al.* 2008); y en el valle interandino del río Cauca, donde Arcila *et al.* (2008) calculan una reducción promedio del 53,1% al comparar la matriz de potrero y cañaduzal con bosques secundarios, riparios y guaduales.

Al examinar la composición de especies entre todos los elementos del paisaje se encontraron diferencias significativas. Sin embargo, la gráfica de ordenamiento de NMS muestra que las réplicas se separan entre las que presentan cobertura vegetal nativa como los bosques y corredores riparios, y las que no la presentan como los pastizales. Esto coincide con otros estudios en los cuales se encontró que las hormi-

gas cazadoras dependen altamente de la cobertura boscosa (Chacón de Ulloa *et al.* 2008; Chaves *et al.* 2008; Jiménez *et al.* 2008a) donde anidan en raíces de epifitas, madera en descomposición, hojarasca del suelo y acumulada en rosetas de bromélias (Lattke 2003; Chacón de Ulloa *et al.* 2008; Fernández y Arias-Penna 2008).

Las especies que se encontraron en los pastizales son un subconjunto de las especies que se recolectaron en los demás elementos; la diferencia radica en sus abundancias. *P. becculata* marcó la mayor diferencia entre elementos con cobertura vegetal y el pastizal ya que no se encontró en ninguna de las réplicas de este último elemento. Otras especies como *Hypoponera* sp. 1 y *G. bisulca*, también marcaron diferencias entre los elementos mencionados; a mayor cobertura vegetal su frecuencia de captura fue más alta. Lo contrario ocurrió con *Hypoconera* sp. 3 cuya frecuencia de captura fue máxima (96%) en el elemento con menor cobertura vegetal. Aunque se ha encontrado que las hormigas del género *Hypoconera* son de hábitos boscosos (Lattke 2003; Fernández 2008), diferentes autores las han recolectado en abundancia en áreas

abiertas (Arcila *et al.* 2008; Chaves *et al.* 2008; García *et al.* 2008; Jiménez *et al.* 2008a). En el presente estudio, las *Hypoconera* aportaron un número importante de individuos (214) lo cual es esperado ya que es considerado el tercer género más abundante en hojarasca (Lattke 2003).

A nivel del paisaje se encontró que las especies *A. orizabana*, *Thaumatomyrmex zeteki* Smith, 1944, *Discothyrea horni* Menozzi, 1927, *Discothyrea testacea* Roger, 1863, *Proceratium brasiliense* Borgmeier, 1959, *B. attenuata*, *L. ca. ritae* y *S. minima* junto con cinco especies del género *Pachycondyla*, solo se registraron en elementos con cobertura arbórea (Tabla 1). Cabe destacar que con excepción de las *Pachycondyla*, las ocho especies mencionadas junto con *H. monticola*, tuvieron una baja frecuencia de captura (< 1%, Tabla 1). Tales hormigas son de hábitos crípticos, depredadoras especialistas de artrópodos y generalmente no muy abundantes en muestreos por lo que han sido consideradas especies con prioridad de conservación (Jiménez *et al.* 2008b), revistiendo importancia la calidad del medio que habitan. Además *H. monticola* es una especie endémica de Colombia que se encuentra en re-

Tabla 2. Disimilitud entre cuatro elementos del paisaje de la cuenca media del río Chambéry con base en la fauna de hormigas cazadoras.

Comparaciones	Especie	Contribución (%)	Disimilitud promedio (%)
Bosque maduro vs Bosque secundario	<i>Gnamptogenys bisulca</i>	16.38	64.66
	<i>Hypoconera</i> sp. 1	16.11	
	<i>Pachycondyla becculata</i>	11.95	
	<i>Pachycondyla aenescens</i>	11.51	
	<i>Gnamptogenys strigata</i>	9.39	
Bosque maduro vs Corredor ripario	<i>Gnamptogenys bisulca</i>	18.53	58.67
	<i>Pachycondyla becculata</i>	13.82	
	<i>Hypoconera</i> sp. 1	13.46	
	<i>Heteroponera microps</i>	10.74	
	<i>Gnamptogenys strigata</i>	8.81	
Bosque maduro vs Pastizal	<i>Pachycondyla becculata</i>	16.70	88.73
	<i>Hypoconera</i> sp. 1	16.52	
	<i>Gnamptogenys bisulca</i>	15.03	
	<i>Gnamptogenys strigata</i>	8.96	
	<i>Pachycondyla aenescens</i>	7.00	
Bosque secundario vs Corredor ripario	<i>Gnamptogenys bisulca</i>	22.24	69.237
	<i>Pachycondyla aenescens</i>	12.87	
	<i>Hypoconera</i> sp. 1	12.24	
	<i>Heteroponera microps</i>	11.37	
	<i>Pachycondyla becculata</i>	9.51	
Bosque secundario vs Pastizal	<i>Pachycondyla becculata</i>	17.64	88.23
	<i>Pachycondyla aenescens</i>	16.27	
	<i>Hypoconera</i> sp. 3	8.25	
	<i>Pachycondyla ferruginea</i>	7.97	
	<i>Hypoconera</i> sp. 1	7.95	
Corredor ripario vs Pastizal	<i>Gnamptogenys bisulca</i>	25.13	78.79
	<i>Pachycondyla becculata</i>	14.52	
	<i>Hypoconera</i> sp. 1	13.86	
	<i>Heteroponera microps</i>	10.00	
	<i>Hypoconera</i> sp. 3	8.12	

Tabla 3. Prueba de significancia de Monte Carlo para los máximos valores de indicación calculados en el análisis de especies indicadoras (Dufrene y Legendre 1997).

Elemento	Especie	Valor Indicador		P
		Observado	Esperado	
Bosque maduro	<i>Hypoponera</i> sp. 1	20.1	8.5	0.001
Bosque secundario	<i>Pachycondyla aenescens</i>	15.4	5.4	0.001
Corredor ripario	<i>Gnamptogenys bisulca</i>	24.5	9.7	0.001
Pastizal	<i>Hypoponera</i> sp. 3	28.8	2.2	0.001
	<i>Heteroponera microps</i>	17.5	6.4	0.001
	<i>Odontomachus erythrocephalus</i>	12.4	1.8	0.001

giones lluviosas y elevadas (Jiménez *et al.* 2008b), ha sido recolectada en bosque primario y secundario de los Farallones de Cali (Bustos y Ulloa-Chacón 1996) y en bosque maduro del Quindío (Chaves *et al.* 2008).

Seis especies de cinco géneros resultaron indicadoras de los diferentes elementos del paisaje. El mayor número de especies indicadoras ocurrió en el pastizal donde se hallaron tres especies, dos de las cuales (*Hypoponera* sp. 3 y *Heteroponera microps* Borgmeier, 1957) han sido reconocidas como comunes en pastizales de los departamentos de Quindío (Chaves *et al.* 2008) y Caldas (Jiménez *et al.* 2008a); la tercera especie (*O. erythrocephalus*) se encuentra entre las hormigas más comunes y conspicuas del suelo, se ha registrado en zonas altamente intervenidas como jardines y terrenos baldíos (Lattke 2003), áreas urbanas (Chacón de Ulloa 2003) y pastizales (Chaves *et al.* 2008). *P. aenescens* y *G. bisulca* se proponen como indicadoras de bosque secundario y corredor ripario respectivamente. Ambas especies presentan alta prioridad de conservación (Jiménez *et al.* 2008b); han sido observadas desde el borde hasta el interior de bosque maduro en la reserva de Bremen (Quindío) sin llegar a recolectarse en áreas abiertas como el pastizal adyacente al bosque (Chaves *et al.* 2008); lo cual apoya los resultados del presente estudio.

Este trabajo es un importante avance en el conocimiento de la riqueza, composición y selección de hormigas cazadoras, como bioindicadores de un paisaje ganadero en los Andes colombianos, dando paso a la implementación de programas de monitoreo, para evaluar la recuperación o degradación del área estudiada.

Agradecimientos

Se agradece la participación y apoyo en el trabajo de campo de la comunidad local de Aranzazu, igualmente a la Fundación Pangea quienes aportaron en la fase preliminar del proyecto. El profesor Fernando Fernández (ICN – Universidad Nacional de Colombia) y la bióloga Elizabeth Jiménez (Instituto Humboldt) contribuyeron en la determinación de algunos especímenes. La Unidad de S.I.G. (Instituto Humboldt) facilitó los mapas y referencias geográficas. Se agradece a la Embajada Real de los Países Bajos, el GEF y el Banco Mundial por la financiación del proyecto “Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad en los Andes Colombianos”, en el marco del cual se desarrolló el convenio de cooperación 05-01-24843-054CE entre el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos “Alexander von Humboldt” y la Universidad del Valle. A Philip Silverstone Sopkin, el editor y

dos revisores anónimos hicieron valiosas sugerencias para mejorar la calidad del manuscrito.

Literatura citada

- AGOSTI, D. J.; ALONSO, L. E. 2000. The All Protocol: A standard protocol for the collection of ground dwelling ants. p. 204-206. En Agosti, D. J.; Majer, D.; Alonso, L.; Schultz, T. R. (eds.). Ants: Estándar methods for measuring and monitoring Biodiversity, Smithsonian Institution press, Washington D.C. United States of America. 280 p.
- ANDERSEN, A. N. 1990. The use of ant communities to evaluate change in Australian terrestrial ecosystems: a review and recipe. Proceedings of the ecological society of Australia 16: 347-357.
- ARANGO, N.; ARMENTERAS, D.; CASTRO, M.; GOTTSMANN, T.; HERNÁNDEZ, O.; MATA LLANA, C.; MORALES, M.; NARANJO, L.; RENJIFO, L.; TRUJILLO, A.; VILLAREAL, H. 2003. Vacíos de conservación del Sistema de Parques Nacionales de Colombia desde una perspectiva ecorregional. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, WWF. Bogotá Colombia. 64 p.
- ARCILA, C. A.; OSORIO, A. M.; BERMÚDEZ, C.; CHACÓN DE ULLOA, P. 2008. Diversidad de hormigas cazadoras asociadas a los elementos del paisaje del bosque seco. p. 531-552. En: Lozano-Zambrano, F.; Fernández, F.; Jiménez, E.; Arias, T. (eds.). Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. Colombia. 617 p. Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/download/andes/IAVH-00958.pdf> [Fecha revisión: 2 noviembre 2009].
- ARMBRECHT, I.; CHACÓN DE ULLOA, P.; GALLEGU, M. C.; RIVERA, L. 2008. Efecto de la tecnificación del cultivo de café sobre las hormigas cazadoras de Risaralda. p. 479-495. En: Lozano-Zambrano, F.; Fernández, F.; Jiménez, E.; Arias, T. (eds.). Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. Colombia. 617 p. Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/download/andes/IAVH-00958.pdf> [Fecha revisión: 2 noviembre 2009].
- BARONI-URBANI, C.; ANDRADE, M. L. 2003. The ant genus *Proceratium* in the extant and fossil record (Hymenoptera: Formicidae). Monografie XXXVI. Museo Regionale di Scienze Naturali-Torino. 492 p.
- BROWN, K. S. Jr. 1991. Conservation of neotropical environment, insects as indicators. p. 350-404. En: Collins, N, M.; Thomas, J.A. (eds.). Conservation of insects and their habitats. Academic Press, San Diego, U.S.A. 450 p.
- BROWN, W. L. Jr. 1977. A supplement to the world revision of *Odontomachus* (Hymenoptera: Formicidae). Psyche 83 (3-4): 281-285.
- BUSTOS, J. 1994. Contribución al conocimiento de la fauna de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) del occidente del depar-

- tamento de Nariño (Colombia). Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle 2 (1,2): 19-30.
- BUSTOS, J.; ULLOA-CHACÓN, P. 1996. Mirmecofauna y perturbación en un bosque de niebla neotropical (Reserva Natural Hato Viejo, Valle del Cauca, Colombia). *Revista de Biología Tropical*: 44(3)/45(1): 259-266.
- CAVALIER, J. A.; ETTER, A. 1995. Deforestation of montane forest in Colombia as a result of illegal plantations of opium (*Papaver somniferum*). p. 541-549. En: Churchill, P.; Baslev, H.; Forero, E.; Luteyn, J. L. (eds.). *Biodiversity and conservation of neotropical montane forests*. New York Botanical Garden, Bronx, New York. 702 p.
- CAVALIER, J.; LIZCAÍNO, D.; PULIDO, M. T. 2001. Colombia. p. 443-496. En: Maarten, M. Y A. D. Brown (eds.). *Bosque nublados del neotrópico*. Santo Domingo de Heredia. Costa Rica. 698 p.
- CHACÓN DE ULLOA, P. 2003. Hormigas urbanas. p. 351-359. 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.
- CHACÓN DE ULLOA, P.; ARMBRECHT, I.; LOZANO-ZAMBRANO, F. 2008. Aspectos de la ecología de hormigas cazadoras en bosques secos colombianos. p. 515-529. En: Lozano-Zambrano, F.; Fernández, F.; Jiménez, E.; Arias, T. (eds.). *Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia*. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. Colombia. 617 p. Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/download/andes/IAVH-00958.pdf> [Fecha revisión: 2 noviembre 2009].
- CHAVES, M. C.; CHACÓN DE ULLOA, P.; LOZANO-ZAMBRANO, F. 2008. Riqueza y rareza de hormigas cazadoras en el gradiente bosque-borde-pastizal de un fragmento de bosque subandino (Quindío, Colombia). p. 425-438. En: Lozano-Zambrano, F.; Fernández, F.; Jiménez, E.; Arias, T. (eds.). *Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia*. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. Colombia. 617 p. Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/download/andes/IAVH-00958.pdf> [Fecha revisión: 2 noviembre 2009].
- COLWELL, R. K.; CODDINGTON, J. A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society London B*. 345: 101-118.
- COLWELL, R. K. 2000. Estimate-S. Version 7.5.0. Disponible en: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates> [Fecha revisión: 25 noviembre 2008].
- DEZZEO, N.; HUBER, O. 1995. Tipos de bosque sobre el cerro Duida, Guayana venezolana. p. 149-158. En: Churchill, S. P.; Balslev, S., H.; Forero, E.; Luteyn, J. (eds.). *Biodiversity and conservation of neotropical montane forests. Proceedings*. Nueva York, The New York Botanical Garden. 702 p.
- DUFRENE, M.; LEGENDRE, P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67 (3): 345-366.
- ESTRADA, C. M.; FERNÁNDEZ, F. 1998. Diversidad de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en un gradiente sucesional del bosque nublado (Nariño, Colombia). *Revista de Biología Tropical* 47: 189-201.
- FERNÁNDEZ, F. 2008. Subfamilia Ponerinae. p. 123-218. En: Lozano-Zambrano, F.; Fernández, F.; Jiménez, E.; Arias, T. (eds.). *Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia*. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. Colombia. 617 p. Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/download/andes/IAVH-00958.pdf> [Fecha revisión: 2 noviembre 2009].
- FERNÁNDEZ, F.; ARIAS-PENNA, T. M. 2008. Las hormigas cazadoras en la región neotropical. p. 3-39. En: Lozano-Zambrano, F.; Fernández, F.; Jiménez, E.; Arias, T. (eds.). *Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia*. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. Colombia. 617 p. Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/download/andes/IAVH-00958.pdf> [Fecha revisión: 2 noviembre 2009].
- GARCÍA, C. J.; ZABALA, G. A.; BOTERO, J. E. 2008. Hormigas cazadoras (Formicidae: grupos Poneroides y Ectatomminoides) en paisajes cafeteros de Colombia, pp. 461-478. En: Lozano-Zambrano, F.; Fernández, F.; Jiménez, E.; Arias, T. (eds.). *Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia*. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. Colombia. 617 p. Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/download/andes/IAVH-00958.pdf> [Fecha revisión: 2 noviembre 2009].
- HALFFTER, G.; EZCURRA, E. 1992. "¿Qué es la biodiversidad?" G. Halffter (comp.), la diversidad biológica de Iberoamérica I. *Acta Zoológica, Volumen Especial, CYTED-D*, Instituto de Ecología, Secretaría de Desarrollo Social, México. 389 p.
- IAvH (INSTITUTO DE INVESTIGACION DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT). 2005. Mapa de herramientas de manejo del paisaje complementarias, región cuenca media del río Chambéry. Unidad de Sistemas de Información geográfica – UNISIG, Bogotá, Colombia.
- JIMÉNEZ, E.; LOZANO-ZAMBRANO, F.; ALVAREZ-SAA, G. 2008a. Diversidad alfa (α) y beta (β) de hormigas cazadoras de suelo en tres paisajes ganaderos de los andes centrales de Colombia. p. 439-459. En: Lozano-Zambrano, F.; Fernández, F.; Jiménez, E.; Arias, T. (eds.). *Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia*. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. Colombia. 617 p. Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/download/andes/IAVH-00958.pdf> [Fecha revisión: 2 noviembre 2009].
- JIMÉNEZ, E.; LOZANO-ZAMBRANO, F.; RODRIGUÉZ, J.; RAMIRÉZ, D. 2008b. Conservación de hormigas cazadoras: rareza y endemismo, pp. 407-421. En: Lozano-Zambrano, F.; Fernández, F.; Jiménez, E.; Arias, T. (eds.). *Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia*. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. Colombia. 617 p. Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/download/andes/IAVH-00958.pdf> [Fecha revisión: 2 noviembre 2009].
- KEMPF, W. W. 1975. A revision of the Neotropical ponerine ant genus *Thaumatomyrmex* Mayr (Hymenoptera: Formicidae). *Studia Entomologica* 18: 95-126.
- LACAU, S.; DELABIE, J. H. C. 2002. Description de trois nouvelles espèces d'*Amblyopone* avec quelques notes biogéographiques sur le genre au Brésil (Formicidae, Ponerinae). *Bulletin de la Société Entomologique de France* 107 (1): 33-41.
- LATTKE, J. E. 1990. Revisión del género *Gnamptogenys* Mayr para Venezuela. *Acta Terramaris* 2: 1-47.
- LATTKE, J. E. 2003. Subfamilia Ponerinae. p. 261-276. 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.
- LONGINO, J. 2008. Hormigas de Costa Rica. Disponible en: http://academic.evergreen.edu/projects/ants/Genera_ [Fecha revisión 25 noviembre 2008].
- MACKAY, W.; MACKAY, E. 2008. Subfamilies of living ants in the new world. Disponible en: <http://www.utep.edu/LEB/antgenera.htm> [Fecha revisión 25 noviembre 2008].
- MAJER, J. D. 1983. Ants: Bio-indicators of Minesite rehabilitation, land use and land conservation. *Environment Management* 7: 375-383.
- MCCUNE, B.; GRACE J. B. 2002. *Analysis of Ecological communities*. MjM Software design. Gleneden Beach, Oregon, USA. 300 p.
- MENDOZA, J. E.; JIMÉNEZ, E.; LOZANO-ZAMBRANO, F. H.; CAYCEDO ROSALES, P.; RENJIFO, L. M. 2008. Identificación de elementos del paisaje prioritarios para la conservación de biodiversidad en paisajes rurales de los Andes Centrales de

- Colombia. En: Sáenz, J.; Harvey, C. A. Conservación de Biodiversidad en Paisajes Fragmentados y Agropaisajes. Editorial UNA. Heredia. Costa Rica. 620 p.
- MYERS, N.; MITTERMERER, R.; MITTERMERER, C.; FONSECA, G.; KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 402: 853-858.
- O'CONNOR, N. E.; CROWE, T. P. 2005. Biodiversity loss and ecosystem functioning: distinguish between number and identity of species. *Ecology* 86 (7): 1783-1796.
- QUINN, G. P.; KEOUGH, M. J. 2002. *Experimental Design and Data Analysis for Biologists*. Cambridge University Press, New York, U.S.A. 557 p.
- RUDAS, G.; MARCELO, M.; ARMENTERAS, D.; RODRÍGUEZ, N.; MORALES, M.; DELGADO, L.; SARMIENTO, A. 2007. Biodiversidad y actividad humana: Relaciones en ecosistemas de bosque subandino en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos - Alexander von Humboldt, Bogotá. 128 p.
- SEARBY, R. M. H.; HENDERSON, P. A.; PRENDERGAST, J. 2004. *Community analysis package v 3.01*. Pisces Conservation Ltd. Hampshire UK.
- SERNA, F. J.; VERGARA-NAVARRO, E.V. 2008. Hormigas cazadoras de Porce (Antioquia, Colombia). p. 553-569. En: Lozano-Zambrano, F.; Fernández, F.; Jiménez, E.; Arias, T. (eds.). *Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia*. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. Colombia. 617 p. Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/download/andes/LAVH-00958.pdf> [Fecha revisión: 2 noviembre 2009].

Recibido: 5-abr-2009 • Aceptado: 24.dic-2009