

ENSAMBLAJE DE HORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EN FRAGMENTOS DE BOSQUE SECO EN EL COMPLEJO CARBONÍFERO EL CERREJÓN (LA GUAJIRA, COLOMBIA)

ANTS ASSEMBLAGE (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) IN DRY FOREST FRAGMENTS IN THE MINING COMPLEX OF EL CERREJON (LA GUAJIRA, COLOMBIA)

Larrys Fontalvo-Rodríguez y Cesil Solís-Medina

RESUMEN

Se estudió la comunidad de hormigas en nueve áreas del Valle del Cerrejón (departamento de La Guajira-Colombia), dentro del complejo minero del Cerrejón Ltda. En cada área se instalaron 10 estaciones de muestreo en cuatro épocas, cubriendo los diferentes eventos climáticos de la región. Se recolectaron hormigas usando trampas de caída, sacos mini-Winkler, captura manual y trampas Malaise. Para las comparaciones entre áreas se aplicaron estimadores no paramétricos de riqueza, índices de diversidad y coeficientes de similitud. Se recolectaron 3.935 individuos en 2.652 eventos de captura, se identificaron 71 especies de ocho subfamilias, 19 tribus y 37 géneros. La riqueza estimada fue de 73 especies (ICE), 73 (Chao1) y 77 (Jackknife 1). No se encontró una diferencia significativa entre los valores de diversidad. El coeficiente de similitud de Bray-Curtis registró que los sitios no son similares en relación con su riqueza y abundancia. Cada una de las áreas aportó especies a la diversidad total de Formicidae, lo cual sugiere que deben ser conservadas para mantener la biodiversidad local y regional.

PALABRAS CLAVES: Biodiversidad, composición de hormigas, fragmentos de bosque, riqueza.

ABSTRACT

An ant community was studied in nine areas in the complex mining of Cerrejón Ltd. in the Cerrejón Valley (Department of Guajira-Colombia). In each site, 10 sampling stations were installed over four time periods, covering the different climatic events of the region. Ants were collected using pitfall traps, mini-Winkler bags, manual capture and Malaise traps. For the comparisons between areas, we applied non parametric estimators of richness, diversity indices and similarity coefficients. 3.935 individuals were collected in 2.652 capture events, 71 species belonging to eight subfamilies, 19 tribes and 37 genera were identified. The estimators of richness produced estimates of 73 species (ICE), 73 (Chao 1) and 77 (Jackknife 1) respectively, for the nine areas. No significant differences between the diversity values were detected. The Bray-Curtis similarity coefficient showed that the sites are not similar in relation to their richness and abundance. Each area contributed species to the total diversity of Formicidae, which suggest that they should be conserved to maintain the local and regional biodiversity.

KEY WORDS: Biodiversity, Ants composition, fragments forests tropical, richness.

INTRODUCCIÓN

Las actividades humanas alteran las características de los ecosistemas naturales e influyen en la estructura y composición de las comunidades florísticas y faunísticas (Kremen et al., 1993), entre las causas más importantes de degradación del ambiente figuran las explotaciones mineras que se desarrollan en superficie a cielo abierto, al afectar drásticamente el paisaje tanto en el sitio de extracción del mineral como en su entorno; la extracción de estos minerales de la corteza terrestre implica la eliminación de la cubierta vegetal y la remoción de grandes cantidades de materiales estériles, quedando atrás un paisaje desolado, desnudo y ausente de recursos vivos, que incluso con labores de recuperación, tarda mucho tiempo en lograr su restauración (Ingetec, 1982-1997).

Desde hace unos 20 años en el Valle del Cerrejón se realiza la operación de minería de Carbón a cielo abierto más grande del mundo (Cerrejoncoal, 2005); esta actividad ha ocasionado la modificación del paisaje en la cuenca media y baja del río Ranchería, presentando en la actualidad una gama de ambientes constituidos por extensos y profundos fosos en los que se desarrolla la explotación minera, amplias y elevadas terrazas de material estéril desprovistas de cobertura vegetal, así como fragmentos de bosque en diferentes etapas de sucesión con vegetación subxerofítica y riparia, en condiciones naturales o en avanzado estado de recuperación (Gómez Cajiao y Asociados, 1999-2001).

El principal interés de las investigaciones relacionadas con el impacto de la minería sobre las comunidades animales que habitan en el Valle del Cerrejón, es generar información básica que contribuya a la caracterización de la flora y fauna en la formación Bosque Seco Tropical, la cual permitirá comprender el impacto de la minería sobre los diferentes ecosistemas y servirá para que la empresa Carbones del Cerrejón Ltda., implemente estrategias de manejo dirigidas a mitigar el impacto de la actividad minera tanto en el sitio de la explotación como en las áreas circundantes.

Las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) han sido consideradas como un grupo ecológico especial debido a sus propiedades como indicadores de biodiversidad (Brown, 1991; Roth et al., 1994), disturbio o perturbación (Majer, 1992; Burbidge et al., 1992) y rehabilitación o estados de sucesión en el ecosistema (Majer, 1983 y 1985; Roth et al., 1994). Igualmente, se ha propuesto que la diversidad de hormigas puede reflejar las condiciones del hábitat y posiblemente la variedad de otros invertebrados presentes (Andersen y Majer, 1991; Andersen, 1997).

En el área de estudio que corresponde a un territorio con características geográficas, climáticas, hidrográficas y ecológicas bien definidas, son pocos los estudios realizados en relación con la diversidad de hormigas en esta zona, no obstante se pueden referenciar los trabajos de Granados (2000), Domínguez et al. (2008a), Domínguez y Armbrrecht (2008), lo que hace necesario su estudio y caracterización ecológica.

Ante esta situación, el objetivo del presente estudio fue determinar a través de muestreos sistemáticos la composición, abundancia, riqueza de especies y distribución espacio-temporal de las comunidades de hormigas en remanentes de bosque dentro del complejo minero del Cerrejón Ltda., en las riberas de los arroyos ubicados en la cuenca del río Ranchería constituyéndose en una línea base para su monitoreo periódico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El muestreo se realizó en los meses de octubre-diciembre de 2005 (época de lluvias) y febrero-marzo de 2006 (época seca), en las riberas de los arroyos Bruno, La Puente, Tabaco, Paladines, Palomino, Cerrejón, cuenca del río Ranchería en el sector La Calaguala y en las áreas de Rehabilitación y Compensación localizadas en el Valle del Cerrejón en la jurisdicción de los municipios de Albania, Barrancas, Hato Nuevo y Maicao, departamento de la Guajira, en la costa norte de Colombia (Figura 1 y Tabla 1).

Los fragmentos de bosques que se encuentran en el Valle del Cerrejón se caracterizan por presentar una topografía de pendiente leve y suelos con bajo nivel freático que se agrietan en sequía; la vegetación puede clasificarse como matorral secundario abierto caducifolio, donde es posible diferenciar los estratos vegetativos subarbóreo, arbustivo y herbáceo (Espinosa, 2006). Además, en el área pueden reconocerse tres tipos de hábitats, bosque de galería que corresponde a una franja de vegetación con un dosel que puede alcanzar los 15 m de altura, con una cobertura claramente discontinua; bosque bajo xerofítico y matorrales compuesto por cactáceas de diferentes portes, arbustos y matorrales espinosos, escandentes, semicaducifolios y caducifolios, árboles y arbustos de mediano porte, deciduos y pocas especies siempre verdes, con coberturas que no se traslapan y dosel que no supera los 8 m de altura y por último hábitats de potreros y pastizales que resultan de la

ENSAMBLAJE DE HORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EN FRAGMENTOS DE BOSQUE SECO EN EL COMPLEJO CARBONÍFERO DEL CERREJÓN (LA GUAJIRA, COLOMBIA)

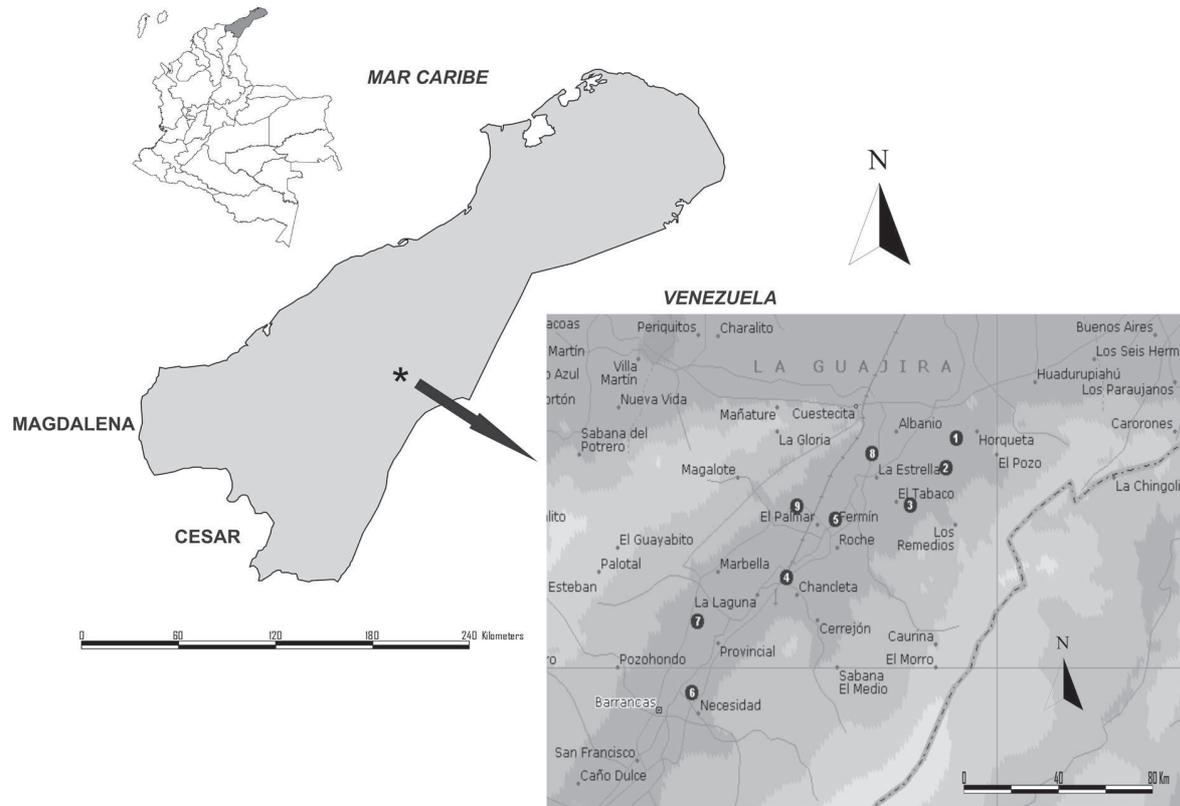


Figura 1. Ubicación de las localidades de muestreo en el Valle del Cerrejón. (Fuente: Fundación Hidrobiológica George Dahl).

Tabla 1. Ubicación geográfica y tipo de hábitat de las localidades monitoreadas en el Valle del Cerrejón.

Zona	Localidad	Extensión (Ha)	Hábitat	Coordenadas geográficas
ZONA NORTE (Nuevas Áreas Mineras NAM)	Arroyo Bruno (1)*	76	Bs-T Formación de Galería.	11°09'59,2"N 72°32'51,7"W**
	Arroyo La Puente (2)	9	Bs-T Formación Xerofítica.	11°08'42,2"N 72°32'11,8"W
	Arroyo Tabaco (3)	93	Bs-T Formación de Galería.	11°06'36,3"N 72°34'41,1"W
ZONA CENTRO	Arroyo Cerrejón (4)	62	Bs-T Formación de Galería.	11°03'15,9"N 72°40'19,2"W
ZONA SUR	Río Ranchería (5) Sector La Calaguala	71	Bs-T Formación de Galería con sucesión Xerofítica.	11°06'43,2"N 72°38'05,2"W
	Arroyo Palomino (6)	47	Bs-T Formación de Galería.	10°58'13,4"N 72°45'28,9"W
	Arroyo Paladines (7)	58	Bs-T Formación Xerofítica.	11°01'57,6"N 72°45'16,3"W
ÁREAS DE REHABILITACIÓN Y COMPENSACIÓN	Compensación – sector Mushaisa (8)	84	Bs-T Secundario en proceso de recuperación.	11°09'45,0"N 72°36'59,9"W
	Rehabilitación – sector Aguas Blancas (9)	35	Bs-T en temprano proceso de recuperación - Matorral espinoso alto, arbustos dispersos sin estrato herbáceo, amplias zonas cubiertas por pastizales.	11°06'49,9"N 72°40'58,3"W

(Los números en paréntesis representan los sitios en el mapa)* (Punto medio del remanente donde se ubicaron los transectos)**

transformación del paisaje natural debido al uso de la tierra en prácticas agrícolas y ganaderas, deforestación de árboles de importancia económica y sobrepastoreo; son por lo general áreas dominadas por vegetación de bajo porte, rasante y herbáceas especialmente gramíneas y con algunos árboles aislados mantenidos dentro del mismo (Espinosa, 2006).

El régimen climático exhibe una temperatura promedio anual de 28°C, humedad relativa del 73% y 85% y precipitación promedio anual de 800-1.400 mm en dos períodos de lluvias, el primero en los meses de abril-mayo y el segundo de octubre-diciembre donde se presentan las máximas precipitaciones; los períodos secos corresponden a los meses de enero-marzo (sequía máxima) y los meses de junio-agosto caracterizados por la disminución de la precipitación y la presencia de vientos fuertes (Intercor, 2002).

Muestreo de hormigas

Se realizaron cuatro muestreos, dos en la época de lluvias y dos en la época seca; al interior de cada fragmento de bosque se estableció un transecto lineal de 100 m conformado por diez estaciones de muestreo distanciadas entre sí cada 10 m, por estación se aplicaron diferentes técnicas de muestreo: captura manual con un esfuerzo de captura total de 4 horas/persona por sitio, trampas Pitfall las cuales se recogieron 72 horas después de su instalación, cernido y extracción de 1 m² de hojarasca con saco Winkler por estación (Villareal et al., 2004). En las áreas de Rehabilitación y Compensación se realizó una evaluación ecológica rápida con un tratamiento metodológico diferente al de las otras localidades, porque son unidades boscosas que presentan procesos de recuperación y estados de madurez del bosque distinto a los encontrados en los arroyos monitoreados.

Los individuos recolectados se fijaron y conservaron siguiendo las debidas labores curatoriales; para su determinación a género y en lo posible hasta especie se aplicaron las claves taxonómicas de Mackay y Mackay (1989), Lattke y Goitía (1997), Andrade (1998, 2001), Palacio (1999), Bolton (2000), Serna y Vergara (2001), Fernández (2003) y Longino (2007). La colección resultante se encuentra en el laboratorio de entomología del Programa de Biología en la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad del Atlántico.

Análisis de la información

Para cada área monitoreada se realizó la curva de acumulación de especies y se calculó la eficiencia del

muestreo utilizando los estimadores de riqueza no paramétricos ICE, Chao1 y Jackknife1 calculados con 100 aleatorizaciones de las muestras mediante el programa EstimateS 8.0. (Colwell, 2000). Además, para obtener una visión general de la diversidad de las localidades, se calcularon y compararon el índice de diversidad de Shannon - Wiener y equidad de Pielou; igualmente se halló el coeficientes de similitud de Bray - Curtis con la técnica de ligamiento por la media aritmética no ponderada (UPGMA), con el programa (BioDiversity Professional version 2).

Los datos de riqueza, abundancia, diversidad y sus cambios con respecto a los factores (localidad y época de muestreo), fueron comparados mediante análisis de varianza de una vía (ANAVA) o prueba de rangos de Kruskal - Wallis, dependiendo de lo obtenido en las pruebas de normalidad de Shapiro - Wilk y homogeneidad de varianza. Estas pruebas estadísticas fueron realizadas mediante el programa Statgraphics versión Plus 5.1 (Statgraphics. Net, 2002).

RESULTADOS

Composición y riqueza

La comunidad de hormigas en el Valle del Cerrejón se encuentra agrupada en ocho subfamilias, 19 tribus, 37 géneros y 71 especies; la subfamilia más rica fue Myrmicinae con 32 especies, seguida de Formicinae y Ponerinae con 13 y 10 especies respectivamente; los géneros con mayor número de especies fueron *Pheidole* (9), *Camponotus* (7), *Pseudomyrmex* y *Solenopsis* (4) especies; además se recolectaron 25 géneros con una sola especie (Tabla 2).

Las localidades con mayor riqueza de hormigas fueron arroyo Bruno y Cerrejón con 56 especies cada una, que corresponden al 78% de la riqueza total registrada; seguida por los arroyos Tabaco y Palomino con 53 y 52 especies respectivamente, las áreas de Compensación (31) y Rehabilitación (26), fueron las localidades con el menor número de especies y representan el 42% y 35% respectivamente (Tabla 3). Estas diferencias fueron estadísticamente significativas ($H = 13,36$; $n = 9$; $P = 0,00125$).

Los valores de riqueza observados y esperados son muy similares, según ICE: 73, Chao 1: 73, Jack 1: 77; es posible considerar que la eficiencia de captura varió entre 93% y 97% (Figura 2). Aun así, es posible

ENSAMBLAJE DE HORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EN FRAGMENTOS DE BOSQUE
SECO EN EL COMPLEJO CARBONÍFERO DEL CERREJÓN (LA GUAJIRA, COLOMBIA)

Tabla 2. Composición de la comunidad de hormigas en el Valle del Cerrejon.

Subfamilia	Tribu	Especie			
Formicinae	Plagiolepidini	<i>Brachymyrmex</i> spp. (3)			
	Camponotini	<i>Paratrechina</i> spp. (3)			
		<i>Camponotus</i> spp. (7)			
Dolichoderinae	Dolichoderini	<i>Dolichoderus bispinosus</i> (Olivier, 1791)			
		<i>Azteca alfari</i> (Emery, 1894)			
		<i>Dorymyrmex</i> sp.			
Ecitoninae	Ecitonini	<i>Eciton burchelli</i> (Westwood, 1842)			
		<i>Labidus coecus</i> (Latreille, 1802)			
		<i>Neivamyrmex pilosus</i> (F. Smith, 1858)			
Ectatomminae	Ectatommini	<i>Ectatomma ruidum</i> (Roger, 1861)			
		<i>Gnamptogenys ericae</i> (Forel, 1912)			
		<i>Gnamptogenys striatula</i> (Mayr, 1883)			
		<i>Gnamptogenys sulcata</i> (F. Smith, 1858)			
		<i>Anochetus</i> gr. <i>Altisquamis</i> (Mayr, 1887)			
Ponerinae	Ponerini	<i>Hypoponera</i> spp. (3)			
		<i>Leptogenys</i> spp. (2)			
		<i>Odontomachus bauri</i> (Emery, 1892)			
		<i>Pachycondyla harpax</i> (Fabricius, 1804)			
		<i>Pachycondyla impressa</i> (Roger, 1861)			
	Platythyreini	<i>Pachycondyla carinulata</i> (Roger, 1861)			
		<i>Platythyrea pilosula</i> (F. Smith 1858)			
		Cylindromyrmecini	<i>Cylindromyrmex whymperi</i> (Cameron, 1891)		
			Myrmicinae	Attini	<i>Acromyrmex octospinosus</i> (Reich, 1793)
					<i>Atta colombica</i> (Guerin, 1845)
<i>Cyphomyrmex rimosus</i> (Spinola, 1853)					
<i>Cyphomyrmex</i> sp.					
<i>Myrmicocrypta</i> sp.					
<i>Sericomyrmex diego</i> (Forel, 1912)					
<i>Trachymyrmex</i> spp. (3)					
Blepharidattini	<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)				
Cephalotini	<i>Cephalotes atratus</i> (Linneo, 1758)				
Crematogastrini	<i>Crematogaster distans</i> (Mayr, 1870)				
Dacetini	<i>Pyramica subdentata</i> (Mayr, 1887)				
	<i>Strumigenys marginiventris</i> (Santschi, 1931)				
Formicoxenini	<i>Cardiocondyla emeryi</i> (Forel, 1881)				
	<i>Nesomyrmex tristani</i> (Emery, 1896)				
Myrmecini	<i>Pogonomyrmex mayri</i> (Forel, 1899)				
	Pheidolini	<i>Pheidole</i> spp. (9)			
Solenopsidini	<i>Monomorium pharaonis</i> (Linnaeus, 1758)				
	<i>Solenopsis geminata</i> (Fabricius, 1804)				
	<i>Solenopsis</i> spp. (3)				
Stenammini	<i>Rogeria foreli</i> (Emery, 1894)				
	Pseudomyrmecini	<i>Pseudomyrmex</i> spp. (4)			



recolectar entre dos y seis especies más; lo anterior sugiere que el muestreo es una muestra representativa de la comunidad estudiada.

En 2.652 eventos de captura se recolectaron 3.935 individuos, el 16% se recolectó en el arroyo Bruno, constituyéndose en la localidad con mayor frecuencia de capturas seguida del arroyo Tabaco 15% y arroyo Cerrejón 14%; las localidades con menor porcentaje de captura fueron las áreas de Compensación y Rehabilitación con el 5% y 4% respectivamente; sin embargo, el análisis de variación no estableció diferencias significativas entre las localidades ($F = 0,826$; g. l. = 2; $P = 0,538$).

Tabla 3. Valores de Riqueza (S), diversidad de Shannon (H') y equidad (Pielou) estimados para cada localidad.

Localidades	S	H'	Pielou
Bruno	56	3,55	0,883
Cerrejón	56	3,62	0,893
Tabaco	53	3,61	0,905
Palomino	52	3,56	0,899
Paladines	41	3,57	0,908
Calaguala	44	3,39	0,895
La Puente	41	3,17	0,854
Compensación	31	2,91	0,853
Rehabilitación	26	3,04	0,935

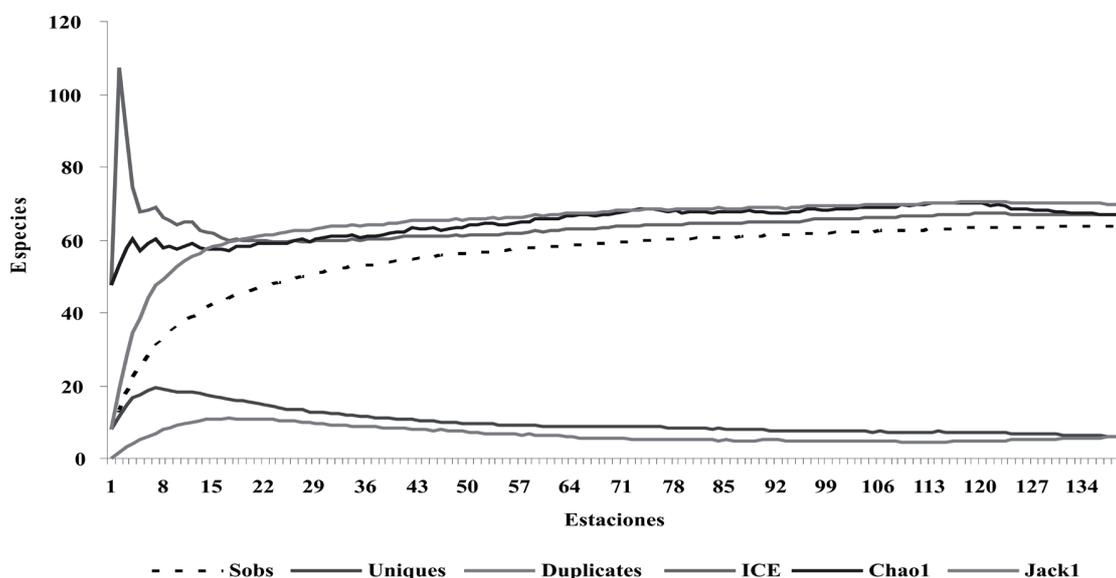


Figura 2. Curva de riqueza observada y estimada de especies para el Valle del Cerrejón.

En la Figura 3 se observa la abundancia de cada una de las especies registradas, las más abundantes fueron *Ectatomma ruidum* (Roger, 1861) (8,55%), *Odontomachus bauri* (Emery, 1892) (5,84%), *Cephalotes atratus* (Linneo, 1758) (3,96%), *Crematogaster distans* (Mayr, 1870) (3,12%) y *Pheidole* sp. 3 (2,85%); 28 especies fueron medianamente abundantes y 39 especies tuvieron colectas inferiores al 1% y son consideradas especies raras poblacionalmente, éstas contribuyeron con el 16,1% de la abundancia total.

Al aplicar el coeficiente de similitud de Bray-Curtis, los resultados muestran diferencias entre las áreas monitoreadas, este análisis establece que el nivel de

asociación entre las localidades evaluadas es bajo, si tenemos en cuenta la abundancias de las especies; sin embargo, se destacan similitudes del 57% entre las localidades de arroyo Tabaco, arroyo Cerrejón, arroyo Palomino, arroyo Paladines y arroyo Bruno (bosques levemente intervenidos) y del 53% entre La Puente y Ranchería (bosques moderadamente intervenidos); a diferencia de las áreas de Rehabilitación y Compensación (bosques en recuperación) que se muestran como unidades independientes dentro de las estaciones monitoreadas (Figura 4).

En el Valle del Cerrejón se estimaron valores de diversidad y equidad altos, éstos se reducen gradualmente desde el

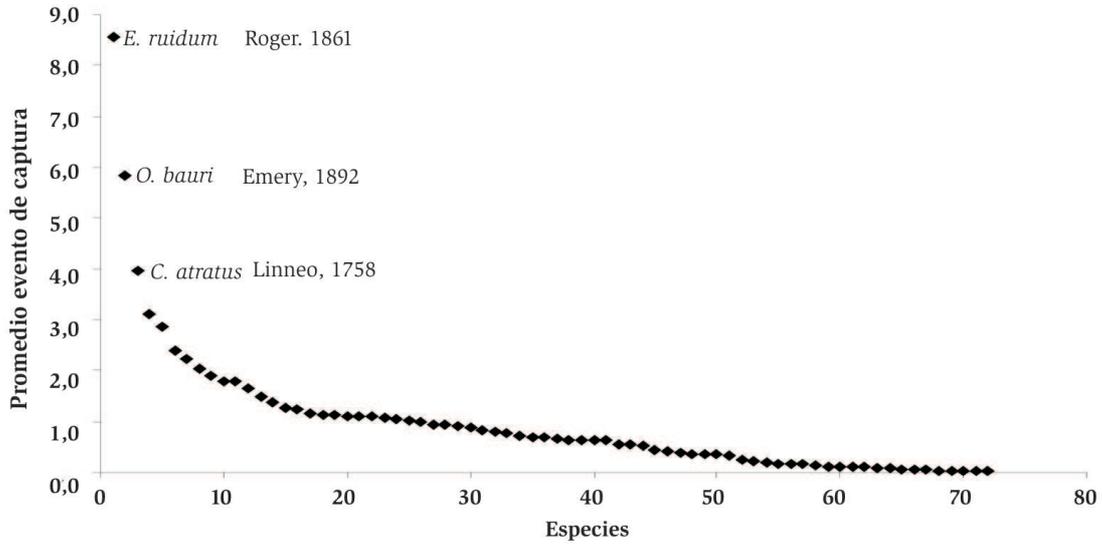


Figura 3. Curva de distribución del promedio de individuos por especie en el Valle del Cerrejón.

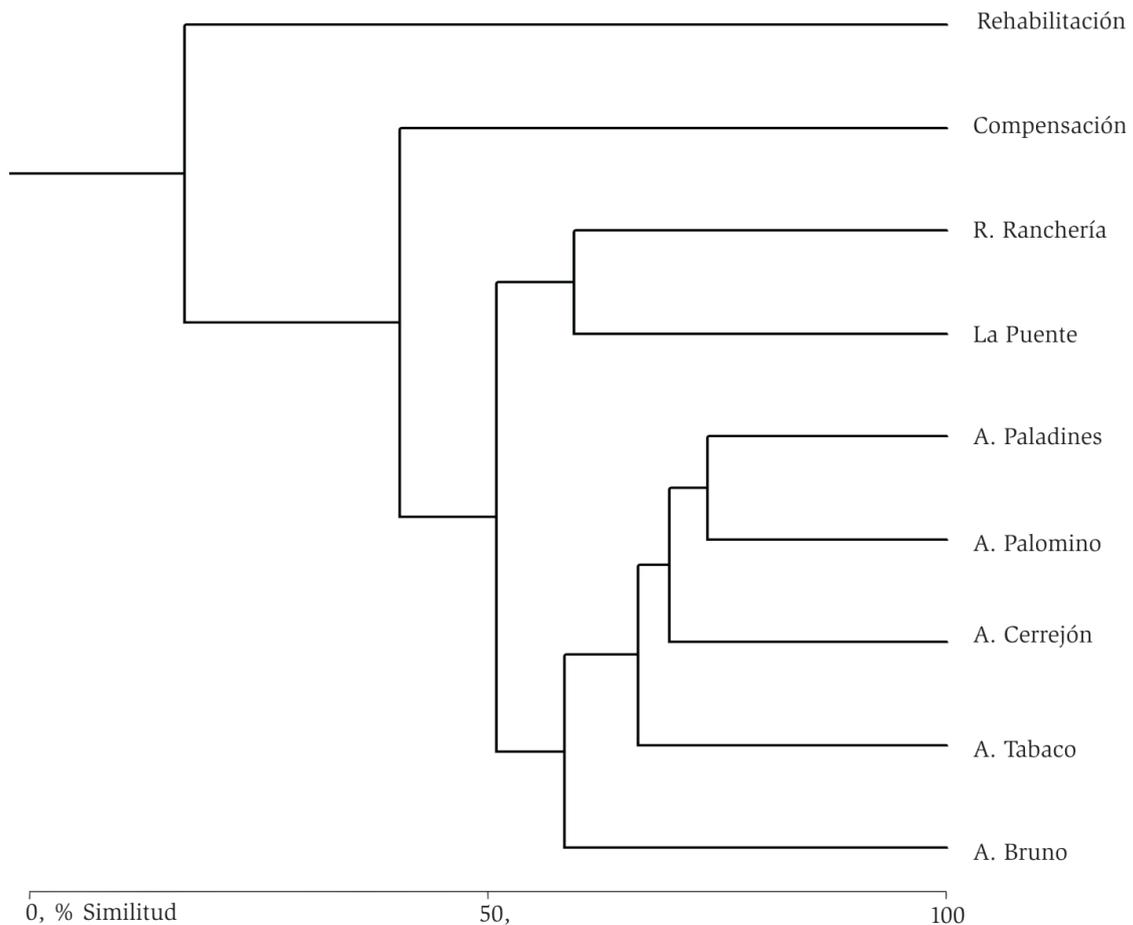


Figura 4. Análisis de similitud entre las localidades aplicando el índice de Bray-Curtis y la técnica de ligamiento promedio UPGMA

arroyo Bruno, localidad con el valor de diversidad más alto, hasta las áreas de Rehabilitación y Compensación, que presentaron la menor diversidad (Tabla 3). Sin embargo, las diferencias entre éstos no fueron estadísticamente significativas ($H = 3,41$; $n = 9$; $P = 0,0646$).

Variación temporal

La riqueza fue de 65 especies para la época de lluvias y 61 especies para la época de sequía, pero no hay diferencias significativas entre el número de especies y los muestreos ($H = 3,56$; $n = 28$; $P = 0,426$). La abundancia de hormigas fue de 1.508 eventos de capturas en el período de lluvias y 1.609 eventos de capturas en el período seco, existiendo diferencias estadísticas significativas para los eventos de captura entre ambos periodos ($H = 7,18$; $n = 28$; $P = 0,0025$).

De las 71 especies encontradas, 41 estuvieron presente en todos los muestreos y 12 especies presentaron una distribución temporal restringida a un solo muestreo; entre éstas, *Pachycondyla carinulata* (Roger, 1861), *Pheidole* sp. 8, *Pheidole* sp. 9 y *Sericomyrmex diego* (Forel, 1912), fueron recolectadas únicamente durante el período de lluvias; *Cylindromyrmex whymperi* (Cameron, 1891) y *Azteca alfari* (Emery, 1894) solo se registraron en la época de sequía.

DISCUSIÓN

La mirmecofauna colectada en el Valle del Cerrejón puede considerarse rica, si se compara con otros estudios en hábitats de bosque seco realizados en el país, Domínguez et al. (2008a) registraron 66 morfoespecies de hormigas en cuatro áreas de rehabilitación y dos remanentes de bosques en el Valle del Cerrejón, Armbrecht y Ulloa-Chacón (2003) reportan 128 especies en 14 fragmentos de bosque seco en el Valle del Cauca, Dix et al. (2002) encontraron 54 especies en un remanente de bosque y pastizal en San Antero, Córdoba y Molano (1994) obtiene 74 especies en 10 fragmentos de bosques y 10 agroecosistemas en la región de Zambrano, Bolívar; en este estudio se destacan 71 especies de hormigas en zonas de bosque seco fragmentado con influencia minera a cielo abierto, este aporte de especies a la diversidad local puede deberse en parte a la heterogeneidad del bosque, característica que crea condiciones específicas favorables para albergar muchas especies de hormigas.

La riqueza de hormigas registrada, representan aproximadamente el 41,8% de los géneros y 9,7% de

las especies reportadas para el territorio colombiano, estos porcentajes asociados al hallazgo de especies como *Nesomyrmex tristani* (Emery, 1896), *C. whymperi* y *S. diego* evidencian la importancia biológica del área de estudio a nivel de géneros y especies, como una muestra representativa de la fauna de hormigas; si a nivel regional no se ha perdido la riqueza original, existe la posibilidad de que ésta haya sufrido cambios en la composición de especies, como consecuencia de la fragmentación del hábitat, la ampliación de los bordes o ecotonos y la apertura de claros al interior del bosque.

La abundancia se comporta según lo esperado para este tipo de comunidades silvestres pocas especies muy abundantes, muchas especies medianamente abundantes y pocas especies raramente coleccionadas o con pocos individuos, mostrando una distribución de las abundancias similar a una curva log normal (Begon et al., 1999). Sin embargo, los cambios en la estructura que cada localidad presenta de forma independiente demuestran los efectos que los fenómenos de perturbación ambiental en el área, como la rápida tala y descapote de zonas de bosque y la ampliación de fronteras agrícolas y ganaderas causan a la comunidad local de hormigas.

Teniendo en cuenta las especies más abundantes se destaca la importancia biológica de *E. ruidum*, *O. bauri* y *C. atratus* debido a su alta dominancia espacio-temporal, lo cual puede estar reflejando el alto grado de adaptabilidad de estas especies que les facilita entrar a nuevos hábitats, evadir condiciones de estrés y extender el rango de sus poblaciones; un fenómeno similar se presentó en un estudio de hormigas cazadoras en el departamento del Atlántico (Domínguez et al., 2008b), donde las poblaciones de *E. ruidum* y *O. bauri* se verían favorecidas por las condiciones del ambiente, sin recurrir a desplazamiento agresivo; éstas especies tienen características que les permiten tener éxito en un hábitat, debido posiblemente a su amplia flexibilidad ecológica y comportamental (Ehmer y Hölldobler, 1996; Lachaud, 1985), que le permiten, en conjunto, explotar eficazmente los sustratos de forrajeo y nidificación (Domínguez y Fontalvo, 2005).

La baja similitud establecida entre las zonas permite suponer que existen diferencias en el ensamblaje de hormigas; además, cada una de las localidades monitoreada se constituye como una unidad ecológica independiente, estas diferencias se podrían asociar en principio a variaciones en la composición y estructura vegetal que influyen considerablemente en el sostén de una fauna estable, heterogénea y en el mantenimiento

de condiciones microclimáticas ideales; resultados muy parecidos a los propuestos para el bosque seco de la región de Zambrano en Bolívar (Molano, 1994), bosque seco y sus matrices en Valle del Cauca (Armbrecht, 1995; 1996), bosque seco de San Antero Córdoba (Dix et al., 2002) y remanentes de bosque seco en el Atlántico (Domínguez y Fontalvo, 2005; Domínguez et al., 2008b); y aunque los bosques estudiados en el Valle del Cerrejón son fragmentos de hábitats discontinuos, inmersos en una matriz antrópica en la que predomina la extracción minera a cielo abierto, tienen una importante relación biológica entre sí y probablemente con otros fragmentos a nivel regional.

La diversidad de hormigas estimada en las diferentes localidades define una fauna característica con una estructura y composición específica propias de cada bosque, en éstos los sustratos aprovechables por las hormigas para anidamiento y forrajeo aumenta, permitiendo que ciertas especies puedan ocupar nichos muy específicos, eludiendo así la competencia interespecífica e intraespecífica, lo cual genera una mayor diversidad. En estas áreas de bosque se encuentran especies típicas de hojarasca A gr. *Altisquamis* (Mayr, 1887), *Strumigenys marginiventris* (Santschi, 1931) y *Pyramica subedentata* (Mayr, 1887) especies arborícolas *Camponotus* sp., *C. distans*, *Dolichoderus bispinosus* (Olivier, 1791) y *A. alfari* o de suelo *Paratrechina* spp., *Pachycondyla harpax* (Fabricius, 1804), *Pachycondyla impressa* (Roger, 1861), *P. carinulata*, cada una con hábitos etológicos, biológicos y ecológicos propios. Es decir que la heterogeneidad del bosque ejerce una influencia sobre el ensamblaje de hormigas, modificando las poblaciones de las diferentes especies, las cuales, presentan una partición espacial y temporal cuando coexisten en un mismo hábitat (Castro et al., 1990); incluso la misma partición del hábitat puede revelar diferentes partes de la fauna de hormigas (Kaspari, 2003). Esta segregación surge de una combinación de tolerancias fisiológicas, interacciones competitivas y riesgos de depredación (Whitford, 1978; Kaspari, 1993).

En la actualidad el rompimiento de la continuidad y heterogeneidad del bosque en el área de estudio, está ocasionando la reducción de la riqueza y diversidad de especies, debido a que los efectos de la fragmentación en los relictos de bosque afectan directamente procesos biológicos y ecológicos al punto de desarrollar fenómenos de desplazamiento o desaparición de especies a nivel local y regional; como consecuencia de las actividades mineras y antrópicas realizadas en la zona, el presente estudio, ha identificado el fenómeno de la fragmentación del bosque, como uno de los posibles

factores que puede estar incidiendo en los cambios de la composición de hormigas presentes a nivel local.

En general, se puede establecer que la riqueza, la abundancia y la diversidad de la comunidad de hormigas en el Valle del Cerrejón muestra una distribución espacial heterogénea al comparar las localidades monitoreadas; lo cual puede evidenciar una variación en la estructura y dinámica del ensamblaje, esto debido principalmente a la creación de ecotonos o bordes duros formados a partir de la intervención rápida y drástica con maquinaria pesada, que elimina gran parte de la vegetación y expone el interior del bosque, modificaciones detectadas en lugares que colindan con tajos, carreteras mineras y botaderos como ocurre en los arroyos La Puente y Tabaco; y bordes suaves originados a partir de la recuperación secundaria de los bordes duros encontrados en los arroyos Palomino, Paladines, Cerrejón y Bruno; por otra parte el sector La Calaguala en el río Ranchería, a pesar de soportar también una fuerte presión antrópica debido la presencia de vías de acceso, bermas y centro de acopio del Carbón, permite el desarrollo de una mirmecofauna diversa, heterogénea y uniforme, características propias de lugares con una buena calidad ambiental, esto posiblemente se debe a que el río Ranchería actúa como un corredor ecológico natural de la zona e intercomunica varios sistemas de bosque.

Así mismo, las áreas de Compensación y Rehabilitación son hábitats que presentaron una fuerte actividad antrópica y han sido reforestadas con vegetación nativa mixta, en estos momentos su período de recuperación es muy corto seis años y se encuentran en estados de sucesión temprana; se puede suponer que la rehabilitación o sucesión en estas zonas se caracteriza por la presencia de especies generalistas y pocas especies especialistas (Granados, 2000), especialmente en las muestras de suelo y hojarascas, sobre todo como respuesta a procesos de fragmentación donde la completa separación de los parches de bosque y los requerimientos de hábitats para la comunidad de hormigas no se han restaurado completamente, lo que permite la existencia de comunidades reducidas en diversidad, uniformidad y abundancia (Majer, 1985; 1992).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La totalidad de los registros (71) para la mirmecofauna en el Valle del Cerrejón se consideran nuevos reportes

para las zonas de bosque seco del departamento de La Guajira, debido a que el presente estudio es el primer inventario específico publicado de la fauna de hormigas para esta región. Se resalta la colecta de especies raras en colecciones como *S. marginiventris*, *C. whymperi*, *Cyphomyrmex rimosus* (Spinola, 1853), *S. diego* y *Leptogenys* spp.; esto permite afirmar que el área de estudio presenta un alto nivel de riqueza y diversidad al compararse con otros estudios en zonas de bosque seco en Colombia, indicando que los fragmentos boscosos aún conservan características y condiciones naturales para mantener una rica comunidad de hormigas.

Los bosques monitoreados presentan una mayor cantidad de microhábitats, recursos y condiciones abióticas que favorecen la abundancia y riqueza de especies de hormigas; esto se refleja en los altos índices de diversidad y equidad estimados, demostrando que estos fragmentos de bosque tienen gran valor biológico a pesar de su intervención y aparente aislamiento.

Existe una marcada variación espacial y temporal de la mirmecofauna en las localidades, mostrándose un incremento en la época de lluvias, con disminución y cambios en la composición a medida que se presenta la época de sequía; esto ofrece un panorama de la dinámica de los diferentes recursos alimenticio, anidamiento y forrajeo que brindan los bosques, los que a su vez condicionan la distribución y repartición de estos recursos en el medio.

En el Valle del Cerrejón se destaca la importancia biológica de *E. ruidum*, *O. bauri* y *C. atratus* debido a su alta dominancia espacio-temporal. Por lo tanto, se proponen realizar estudios de monitoreo a estas poblaciones con el fin de establecer su posible uso como especies indicadoras.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a Carbones del Cerrejón Ltda., empresa que financió el presente estudio bajo acción del contrato No CON-00412005 "Monitoreo de Fauna e Hidrobiología en el Valle del Cerrejón época de lluvia 2005 y época de sequía 2006"; a la bióloga Lina Báez Sánchez interventora del contrato, a la Fundación Hidrobiológica George Dahl (FHGD) y en su nombre a los biólogos Edgar Patiño y Martha Guerra; especial agradecimientos a los biólogos Yamileth Domínguez, Jorge de las Salas Ali y demás colegas de equipo.

BIBLIOGRAFÍA

- Andersen, A.N. 1997. Using Ants as bioindicators: Multiscale Issues in Ant Community Ecology. Conservation Ecology. Disponible en: <http://www.consecol.org/vol1/iss1/art8/>. Último acceso 01/01/2001.
- Andersen, A. N., y J. D. Majer. 1991. The structure and biogeography of rainforest ant communities in the Kimberley region of northwestern Australia, pp. 333-346. En: N. L. McKenzie, R. B. Johnston, and P. G. Kendrick (eds.), Kimberley rainforests. Suerrey Beatty & Sons Pty Limited, Chipping Norton.
- Andrade, M. L. de. 1998. Fósil and extant species of *Cylindromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae). Revue Suisse de Zoologie 105 (3): 581-664.
- Andrade, M. L. de. 2001. A remarkable Dominican amber species of *Cylindromyrmex* with Brazilian affinities and additions to the generic revision (Hymenoptera: Formicidae). Beitrage zur Entomologie 51 (1): 51-68.
- Armbrecht, I. 1995. Comparación de la mirmecofauna en fragmentos boscosos del Valle geográfico del río Cauca, Colombia. Boletín museo de entomología universidad del Valle. 3 (2): 1-10.
- Armbrecht, I. 1996. Análisis de la diversidad del ensamblaje de hormigas en fragmentos de bosque seco, en el Valle del Cauca, Colombia. Trabajo de grado para optar al título de Magíster en Biología. Facultad de Ciencias, Universidad del Valle, Cali, Colombia. 120 p.
- Armbrecht, I. y P. Ulloa-Chacón. 2003. The little Fire ants *Wasmannia auropunctata* (Roger) (Hymenoptera: Formicidae) as a diversity indicator of ants in tropical dry forest fragments of Colombia. Environmental Entomology 32 (3): 542-547.
- Begon, M., J. Harper y C. Tonwsend. 1999. Ecología. Individuos, poblaciones y comunidades. Editorial Omega, Barcelona, España. 142 p.
- Bolton, B. 2000. The ants tribe Dacetini. Memoirs of the American Entomology Institute 65 (parts I + II) 1-1065.
- Brown, K. S. 1991. Conservation of Neotropical environments: Insects as indicators, pp. 349-404. En: Collins, N. M.; Thomas, J. (Eds.). Conservation of insects and their habitats. Academic Press, San Diego.
- Burbidge, A. H., K. Leicester, S. Mcdavitt, y J.D. Majer. 1992. Ants as indicators of disturbance at Yanchep National Park, Western Australia. Journal Royal Society. W. A. 75: 89-95.
- Castro, A. G., M. B. Queiroz, y L. M. Araújo. 1990. O papel do disturbio na estrutura de comunidades de formigas (Hymenoptera: Formicidae). Revista Brasileira de Entomología. 34 (1): 201-213.
- Cerrejoncoal. 2005. Disponible en: http://www.cerrejoncoal.com/medio_ambiente/Suelos.html. Último acceso: 01/01/2008.
- Colwell, R. K. 2000. Version 6b1 for Windows. Estimate: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Department of ecology and evolutionary biology, University of Connecticut.
- Dix, O. J. J.C. Martínez, y C. Fernández. 2002. Contribución al conocimiento de la mirmecofauna en el municipio de San Antero, Córdoba, Colombia. Revista Colombiana de Entomología 31 (1): 97-103.
- Domínguez, Y. y I. Armbrecht. 2008. Restablecimiento de funciones ecológicas con la rehabilitación de minas: movimientos de semilla en El Cerrejón. Resumen XXXV congreso de la sociedad colombiana de entomología. Cali, Colombia. Pág 95.
- Domínguez, Y. y L. Fontalvo. 2005. Composición y distribución espacio-temporal de las comunidades de hormigas cazadoras (Formicidae: Poneromorfas) en tres remanentes de bosque seco tropical en el departamento del Atlántico. Tesis de Biología, Universidad del Atlántico, Barranquilla. Colombia 90 p.

ENSAMBLAJE DE HORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EN FRAGMENTOS DE BOSQUE SECO EN EL COMPLEJO CARBONÍFERO DEL CERREJÓN (LA GUAJIRA, COLOMBIA)

- Domínguez, Y., I. Armbrrecht y R. Gualdrón. 2008a. Grupos funcionales del ensamblaje de hormigas en cinco estados de rehabilitación ecológica del Cerrejón, Guajira, Colombia. Resumen XXXV congreso de la sociedad colombiana de entomología. Cali, Colombia. Pág 94.
- Domínguez, Y., L. Fontalvo y L. Gutiérrez. 2008b. Composición y Distribución espacio temporal de las hormigas cazadoras (Formicidae: Grupo Poneroides y Ectatomminoides) en tres remanentes de bosque seco tropical (Bs-T) en el departamento del Atlántico, Colombia. Libro: Sistemática, Biogeografía y Conservación de las Hormigas Cazadoras de Colombia. Instituto Alexander Von Humboldt.
- Ehmer, B. y B. Hölldobler. 1996. Foraging behavior of *Odontomachus bauri* on Barro Colorado Island, Panamá. *Psyche* 102: 215-224.
- Espinosa, M. I. 2006. Caracterización florística y estructural de la vegetación. En: Informe de Monitoreo de fauna época de lluvias 2005-2006 en el Valle del Cerrejón. Fundación Hidrobiológica George Dahl (ed). Barranquilla, Colombia. 50-74.
- Fernández, F. (Ed.). 2003. Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. 398 p.
- Gómez Cajiao y Asociados. 1999-2001. Plan de manejo ambiental para los primates en el arroyo Tabaco y una zona del río Ranchería. Intercor Operador Minero, La Guajira. 105 p.
- Granados, M. B. 2000. Comunidades de hormigas en áreas de diferente edad de rehabilitación en el complejo carbonífero del Cerrejón Zona norte (Guajira - Colombia) Trabajo de grado. Bogotá - Colombia, Universidad Javeriana. Facultad de ciencias, Carrera de biología. 86 p.
- Ingetec. 1982-1997. Estudio Ambiental Nuevas Áreas de Minería: Línea Base de Referencia. Intercor, Barranquilla, Colombia. 178 p.
- Intercor. 2002. Estudio de impacto y plan de manejo ambiental operación minera área de Patilla. Informe final. 368 p.
- Kaspari, M. 1993. Body size and microclimate use in Neotropical granivorous ants. *Oecologia* 96: 500-507.
- Kaspari, M. 2003. Capítulo 6. Introducción a la ecología de hormigas. En: Fernández F. (ed.). Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. XXVI + 398 p.
- Kremen, C., Colwell, T. I., Erwin, D. D., Murphy, R. F., y M.A Noss. 1993. Terrestrial arthropod assemblages: their use in conservation planning. *Conservation biology*, 7 (4): 796-808.
- Lachaud J, P. 1985. Recruitment by selective activation in *Ectatomma ruidum*. *Sociobiology* 11 (2): 133-344.
- Lattke, J., y W Goitía. 1997. El Género *Strumigenys* (Hymenoptera: Formicidae) en Venezuela. *Caldasia* 19 (3): 367-396
- Longino, J. T. 2007. Ants of Costa Rica. Disponible en: http://www.evergreen.edu/user/serv_res/research/arthropod/genera/Cylindromyrmex/specielists.html. Último acceso: 01/01/2007.
- Mackay, W. P. y E. Mackay. 1989. Claves de los géneros de hormigas en México (Hymenoptera: Formicidae). En II Simposio Nacional de Insectos Sociales. Memoria I. Oatepec Morelos. 82 p.
- Majer, J. D. 1983. Ants: bio-indicators of mine-site rehabilitation, land use and land conservation. *Environmental Management* 7 (4): 375-383.
- Majer, J. D. 1985. Recolonization by ants of rehabilitated mineral sand mines on North Stradbroke Island, Queensland, with particular reference to see removal. *Australian Journal Ecology*. 10: 31-48.
- Majer, J. D. 1992. Ant recolonization of rehabilitated bauxite mines of Pocos de Caldas, Brazil. *Journal of Tropical Ecology*. 8: 97-108.
- Molano, A. 1994. Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) del bosque seco tropical y de agroecosistemas de la región de Zambrano, Bolívar. Tesis de Grado, Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá, 227 p.
- Palacio, E. 1999. Capítulo 5. Hormigas legionarias (Hymenoptera: Formicidae: Ectoninae) de Colombia. En: F. Fernández, G. Amat y G. Andrade (eds.) Insectos de Colombia: volumen II. Universidad nacional. Academia colombiana de ciencias, Santafé de Bogotá, Colombia. 117-189.
- Roth, D. S., I. Perfecto y B. Rathcke. 1994. The effects of management systems of ground foraging ant diversity in Costa Rica. *Ecology Applied*. 4(3): 423-436.
- Statgraphics, Net. 2002. Statgraphics. (Data analysis software system), version 5.1 Disponible en: www.statgraphics.net
- Serna, F. J. y E. Vergara. 2001. Claves para la identificación de subfamilias y géneros de hormigas de Antioquia y Chocó, Colombia. *Revista Instituto de Ciencias Naturales* 7 (1): 5-41.
- Villareal H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A.M Umaña. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventario de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236p.
- Whitford, W. G. 1978. Structure and seasonal activity of Chihuahua desert ant communities. *Insectes Sociaux* 25: 79-88.

Fecha de recepción: 19/08/2008
Fecha de aceptación: 26/02/2009

