

Importancia del manejo agrícola para la biodiversidad: caso de las hormigas en caña de azúcar

Importance of agricultural management for biodiversity: case of ants in sugar cane

MÓNICA RAMÍREZ R.¹, INGE ARMBRECHT P.², MARTHA LUCÍA ENRÍQUEZ L.³

Revista Colombiana de Entomología 30 (1): 115-123 (2004)

Resumen. Teniendo en cuenta que las hormigas responden a diferentes prácticas generadas por la agricultura, este artículo analiza y compara la información de dos estudios realizados en cañaduzales del Valle del Cauca. En ambos estudios se ubicaron dos transectos lineales, en los que se colocaron diez estaciones equidistantes (10 m) para un total de 20 estaciones; cada estación contó con un cebo de atún y una trampa de caída que se dejaron actuar 83,3 y 441,6 días continuos, respectivamente. Para predecir y comparar la riqueza de los cañaduzales y sus sitios vecinos se utilizaron diferentes estimadores de riqueza que trabajan con la abundancia de especies; se realizaron pruebas de comparación múltiple y análisis de aglomeración. Se capturaron 97 especies distribuidas en 22 géneros y 6 subfamilias. Los cañaduzales más ricos fueron los que tuvieron en su manejo un menor impacto sobre el suelo y mejor cuidado de los sitios adyacentes. Se encontró que los cañaduzales de El Hatico y Roma fueron más similares debido probablemente al efecto regional que tiene el mosaico de hábitats de la Reserva sobre sus alrededores, mientras que El Medio y San Julián, que presentan condiciones degradadas, se ubicaron en otro grupo. Este análisis resalta la importancia del manejo de la caña de azúcar como matriz dominante del Valle del Cauca y la diversificación del paisaje con el fin de preservar la biodiversidad de las comunidades de hormigas.

Palabras clave: Ensamblajes de hormigas. Manejo de la matriz. Parches de bosque. Guaduales. Contexto regional y local.

Summary. Given that ants respond to different practices, generated by agriculture, this paper analyses and compares information from two studies conducted in sugar cane fields of the Cauca Valley. In both studies, two lineal transects were situated in which ten equidistant (10 m) stations were placed for a total of 20 stations; each station had one tuna bait and one pitfall trap, that were operated for 83,3 and 441,6 continuous days, respectively. To predict and compare richness in sugar cane fields and their neighbouring sites, different richness estimators were used that work with species abundance; multiple comparisons analyses and cluster analyses were conducted. We captured 97 species distributed in 22 genera and 6 subfamilies. The richest sugar cane fields were those whose management had less impact on the soil and better care of adjacent sites. The sugar cane fields of El Hatico and Roma were more similar probably due to the regional effect that the habitat mosaic of the Reserve had on its surroundings, while El Medio and San Julian, which represent degraded conditions, were placed in another group. This analyses highlights the importance of sugar cane management as the dominant matrix in the Cauca Valley and the diversification of the landscape in order to preserve the biodiversity of ant communities.

Key words: Ant assemblages. Matrix management. Forest patch. Guadua stands. Local and regional environment.

Introducción

Al inicio de la década de los cincuenta, la industria azucarera se ubicaba en la parte central y norte del Valle del Cauca, zona que contaba con buenas condiciones climáticas, del suelo y los recursos hídricos ofreciendo así condiciones favorables para el surgimiento y estructuración de este sector (Guardiola 1995).

Posteriormente, la quema de la caña implementada en la década de los setenta, generó un gran impacto ambiental (Molina *et al.* 2000) e inconformidad en-

tre los habitantes de las poblaciones vecinas a los cultivos (CENICAÑA 1997). La expansión de este cultivo creó así grandes cambios en las comunidades naturales, tanto florísticas como faunísticas del valle geográfico del río Cauca, dejando solo algunos remanentes de hábitats naturales como parches aislados de bosque y algunos humedales siendo el paisaje dominante extensos monocultivos de caña de azúcar (Naranjo 1992).

Resultado de esta preocupación ambiental y presión social, la industria azucarera ha movido rápidamente sus esfuerzos para

implementar la cosecha en verde (Cock y Torres 1998) y en menor grado el manejo orgánico, que ha mostrado ventajas a nivel ambiental (Molina *et al.* 2000). Se ha encontrado por ejemplo, que las poblaciones de bacterias y hongos son tres veces mayores en la caña con manejo orgánico que en la caña con manejo convencional (Delgadillo *et al.* 1994) y en el contenido de materia orgánica casi le dobla (Arias 1994). Entre tanto las emisiones de partículas tóxicas como monóxido de carbono, hidrocarburos y dióxido de azufre en caña con manejo convencional le exceden en promedio en un 60% a la

1 Autor para correspondencia: I. A. Investigadora Asociada. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV). A. A. 20591. Cali, Colombia. E-mail: moramire73@hotmail.com

2 M. Sc. Profesora Asociada. Facultad de Ciencias, Universidad del Valle. A. A. 25360 Cali, Colombia. E-mail: iarmbrec@umich.edu

3 I. A. Investigadora Asociada. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV). E-mail: malu@cipav.org.co.

caña con manejo orgánico (Universidad de la Salle y CENICAÑA 1991).

Cabe aclarar que en la caña con cosecha en verde se elimina la quema pre y post cosecha, práctica que debe estar implantada en todo el Valle del Cauca en el 2005 como un convenio entre el sector y el Ministerio del Medio Ambiente. En la caña con manejo orgánico se elimina además la aplicación de insumos químicos que se sustituye por el uso de abonos orgánicos u orgánico-minerales, se implementa la labor manual, el uso de carneros para limpiar los callejones y el acomodo de hojarasca entre surcos (E. Murgueitio, com. pers.).

Puesto que en la actualidad se está generando un proceso de reconversión de caña con manejo convencional a caña con cosecha en verde y manejo orgánico, surge la necesidad de valorar estos sistemas de producción desde el punto de vista biológico y ecológico de los macroorganismos presentes en ellos.

Entre los artrópodos, las hormigas son componentes importantes del ecosistema por que cumplen una variedad de funciones ecológicas; además se han considerado útiles en la evaluación de respuestas bióticas frente a diversas prácticas generadas por la agricultura como la fertilización, el arado convencional, las fumigaciones y las quemaduras (Folgarait 1998) y han sido usadas como el mejor grupo indicador de riqueza de organismos en agroecosistemas (Roth *et al.* 1994). Teniendo en cuenta lo anterior, este trabajo pretende comparar la riqueza de hormigas en cultivos de caña con manejo orgánico y convencional dependiendo del contexto local (Hacienda o Reserva Natural) y regional.

Materiales y Métodos

Este artículo analiza la información de dos estudios, usando la misma metodología y realizado en una zona de vida común (Armbrecht y Ulloa-Chacón 1999; Ramírez y Enríquez 2002). Los predios comprendi-

dos en estos estudios se encuentran en el valle geográfico del río Cauca que cuenta con una extensión de 420.000 ha en la zona definida por Holdridge como bosque seco tropical (bs-T), se da en alturas fluctuantes de hasta 1.000 msnm, temperatura media superior a los 24°C y precipitación media anual entre 1.000-2.000 mm (Espinal 1968). Tales estudios se realizaron en haciendas ubicadas en diferentes localidades. En el municipio de Santander de Quilichao se ubica la hacienda San Julián, en el municipio El Cerrito la hacienda Roma y La Reserva Natural El Hatico y en el municipio de Zarzal la hacienda El Medio (Fig. 1). Cada hacienda involucra un parche de bosque y su caña vecina a excepción de la hacienda Roma que se encuentra totalmente rodeada de otros lotes de caña (Tabla 1).

Muestreo de hormigas

En cada sitio se delimitaron dos transectos lineales de 100 m, en cada uno de ellos se

Tabla 1. Descripción de unidades de cobertura vegetal muestreadas en el Valle del Cauca, Colombia. Armbrecht (1995)*, Ramírez y Enríquez (2002)**, común para ambos estudios***

SITIO	COORDENADAS	CARACTERÍSTICAS DE CADA CAÑA
** Caña de azúcar Hatico	3° 40' N 76°17' W	<ul style="list-style-type: none"> Cultivos de caña de azúcar bajo manejo 100% orgánico (sin quemaduras ni agroquímicos), en proceso de agroforestación con árboles como ébano y <i>Schizolobium</i> 10 % del terreno (10 hectáreas) corresponde a áreas marginales: acequias y callejones. Estas áreas son pastoreadas por carneros africanos, que efectúan control de malezas Asociación de 12 variedades de caña Fertilización con leguminosas, principalmente <i>Crotalaria</i> sp. Lotes rodeados de cercas vivas (en callejones) de árboles como ébano, chiminango <i>Pithecellobium dulce</i>, guácimo <i>Guazuma ulmifolia</i>, <i>Casuarina equisetifolia</i> y caoba <i>Swietenia macrophylla</i> Pequeño rodal de 70 tecas <i>Tectona grandis</i> Cercanía al fragmento de bosque y a los guaduales
** Caña de azúcar Guadual El Hatico	3° 40' N 76°17' W	<ul style="list-style-type: none"> Igual a la descripción de caña de azúcar. El Hatico, es un lote diferente
*** Bosque El Hatico	3° 40' N 76°17' W	<ul style="list-style-type: none"> Dosel entre 25 y 35 m de altura, dominado por árboles como caracolí <i>Anacardium excelsum</i>, higuera <i>Ficus insípida</i>, palma real de Cuba <i>Roystonea regia</i>, ceiba <i>Ceiba petandra</i>, jigua negro o laurel amarillo <i>Nectandra</i> sp., cedrillo <i>Guarea trichilioides</i>, capote <i>Machaerium capote</i>, iguá <i>Pseudosamanea guachapele</i>, dinde <i>Chloropora tinctoria</i>, tachuelo <i>Fagara</i> sp., mestizo <i>Cupania</i> sp., Zurrumbo <i>Trema micrantha</i>, y en los bordes del fragmento, chiminango <i>P. dulce</i>
** Guadual El Hatico	3° 40' N 76°17' W	<ul style="list-style-type: none"> Señalados en los mapas de El Hatico desde 1866 como guaduales cultivados Dosel entre 16 y 20 m de altura, dominado por guadua <i>Bambusa guadua</i>, con árboles como elemento de soporte (higuerones <i>Ficus insípida</i>, cedros macho <i>Guarea ulmifolia</i>, tachuelos <i>Fagara</i> sp., dindes <i>C. tinctoria</i> y palmas reales <i>R. regia</i>) Sotobosque rico en platanillos <i>Heliconia</i> spp. y guaduilla o matamba
* Caña El Medio	4° 20' N 76 04' W	<ul style="list-style-type: none"> Fertilización química Quemaduras antes y después de la cosecha Uso excesivo de agua para el riego, que ocasiona salinización de los suelos Uso de maquinaria pesada para la extracción de caña cortada en los lotes

(Continuación Tabla 1)

SITIO	COORDENADAS	CARACTERÍSTICAS DE CADA CAÑA
* Bosque El Medio	4° 20' N 76 04' W	<ul style="list-style-type: none"> Se originó como cacaotal abandonado Completamente rodeado por caña de azúcar Con dominancia de algunos árboles como caracolí <i>A. excelsum</i>, palmas <i>Aiphanes caryoteaefolia</i> y platanillos <i>Heliconia</i> spp.
* Caña San Julián	2°98' N 76° 30' W	<ul style="list-style-type: none"> Fertilización química Quemas antes y después de la cosecha Uso excesivo de agua para el riego, que ocasiona salinización de los suelos Uso de maquinaria pesada para la extracción de caña cortada en los lotes
* Bosque San Julián	2°98' N 76° 30' W	<ul style="list-style-type: none"> Bosque secundario. Dosel 30 m. Domina el burilico <i>Xilopia ligustrifolia</i>, guadua <i>B. guadua</i> Enmarañado y húmedo
** Caña Roma y Roma 2	3° 40' N 76°17' W	<ul style="list-style-type: none"> Algunos sectores circundantes de la Reseva Natural El Hatico conservan este tipo de manejo, característico de la mayor parte del área de cultivos de caña de azúcar del Valle del Cauca Fertilización química Control de malezas a través de herbicidasquímicos Quemas antes y después de la cosecha Uso excesivo de agua para el riego, que ocasiona salinización de los suelos Uso de maquinaria pesada para la extracción de caña cortada en los lotes Estos lotes se encuentran rodeados de cañaduzales que presentan manejo orgánico

ubicaron 10 estaciones equidistantes (10 m) teniendo un total de 20 estaciones por sitio. En cada una se colocó una trampa de caída (pitfall) y un cebo de atún. Las trampas de caída consistieron en un vaso de plástico de 6 cm de diámetro por 6 cm

de profundidad, semilleno con alcohol etílico y agua, enterrado a ras del suelo y disimulado con material vegetal. Las trampas se dejaron actuar por un período de 26,5 horas en cada sitio para un total de 441,6 días continuos de muestreo. Los cebos contenían tres a cuatro g de atún sobre una hoja de papel bond de 22 cm x 8 cm y fueron colocados a nivel del suelo por un período de 5 h cada uno, invirtiendo 83,3 días continuos de muestreo total. Las hormigas capturadas se introdujeron en frascos con alcohol al 70%, que fueron rotulados con fecha y lugar de colección.

Se identificaron las morfoespecies colectadas hasta el nivel de género con la ayuda de las claves taxonómicas de Jaffé *et al.* (1993), Hölldobler y Wilson (1990) y Bolton (1994) y con comparaciones hechas con las colecciones de referencia de la Universidad del Valle. Simultáneamente se elaboraron colecciones de referencia que sirvieron de base de comparación de todo el estudio. Posteriormente, con el fin de establecer las morfoespecies en común para ambos estudios, se hizo una comparación con las colecciones de referencia.

Análisis de los datos

Para realizar los análisis estadísticos de las hormigas, se tomó como unidad de muestreo la trampa de captura. Se calcularon varios estimadores de riqueza que trabajan con la abundancia de especies (ACE, Chao 1 y Michaelis Menten Mean), los cuales permitieron predecir y comparar la riqueza de hormigas en la caña y su respectivos sitios vecinos. Este análisis se realizó mediante el programa EstimateS 5 (Colwell 1997).

La densidad de especies de hormigas por unidad muestral fueron comparadas mediante una prueba de Kruskal - Wallis, además la densidad promedio de hormigas (número de especies por estación) entre los lotes de caña fue confrontada mediante una comparación múltiple por rangos de medias. Posteriormente, entre la densidad y la riqueza de hormigas de los lotes de caña, se hicieron análisis de correlación y regresión con el programa Statix para Windows (Statistix 1998). Para visualizar diferencias en la composición de las comunidades de hormigas se utilizó análisis de aglomeración (cluster) con el programa STATISTICA (Statsoft 1995). Para validar el presente trabajo, se usaron los datos de ambos estudios en el bosque El Hatico. Mediante una tabla de contingencia de 2 x 3 (Zar 1996) se examinó la independencia de los dos muestreos (es decir, el de Armbrrecht 1995 y el de Ramírez y Enríquez 2002) y la proporción de especies exclusivas y compartidas en los dos períodos de muestreo implicados en ambos estudios. Si la prueba de Chi cuadrado no fuera significativa, se asumiría que los estudios abarcan especies de hormigas comparables.

Resultados

Como primer paso y para determinar si los períodos de trabajo de campo de los dos estudios reflejaron de una manera confiable la mirmecofauna presente en los sitios incluidos en este artículo, se realizó una comparación de la composición de especies (teniendo en cuenta las compartidas y exclusivas) en los dos períodos de mues-

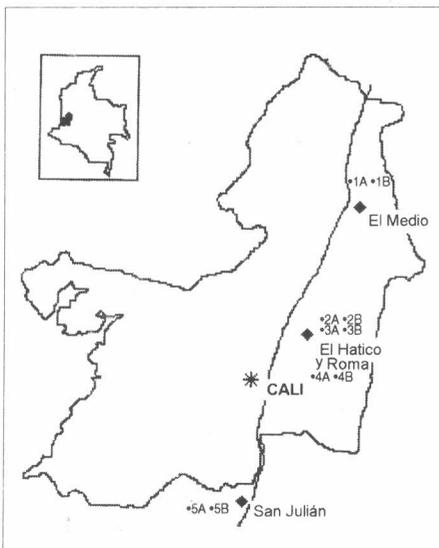


Figura 1. Ubicación de las haciendas donde se encuentran los lotes de caña y sus sitios vecinos. Distancia entre hacienda y hacienda (de sur a norte): San Julián-104 Km - El Hatico - Roma (colinda con El Hatico) - 104 Km El Medio. 1A bosque El Medio, 1B caña vecina El Medio, 2A bosque El Hatico, 2B cañaduzal del bosque El Hatico, 3A guadual El Hatico, 3B cañaduzal del guadual El Hatico, 4A caña Roma 1, 4B caña Roma 2, 5A bosque San Julián, 5B caña vecina San Julián.

treo del bosque El Hatico. Se encontró que no hubo una diferencia significativa ($X^2 = 4,56$; $g.l = 2$; $0,1 < p < 0,25$) lo que indica que las comunidades de hormigas del bosque para estos dos momentos de muestreo pertenecen a la misma población, sugiriendo que se pueden utilizar, con confianza, los datos de ambos estudios.

Se capturaron 97 especies distribuidas en 22 géneros de 6 subfamilias, de las cuales 60 estuvieron presentes en la caña de azú-

car y 64 en los sitios vecinos. Se encontró que los cañaduzales con mayor número de especies de hormigas fueron los de El Hatico, seguidos de la Hacienda La Roma y en último lugar El Medio y San Julián (Tabla 2). De acuerdo con los estimadores de riqueza que permiten estimar el porcentaje de especies que hay en los cañaduzales (Tabla 3), el índice de ACE es un estimador de cobertura basado en la abundancia, indica que se muestreó entre un 41 y 88% de las especies (faltaron por co-

nocer entre 3 y 17 especies), mientras que el índice de Jacknife 1, que se basa en la incidencia y las especies únicas (Colwell 1997), indica que se muestreó entre un 63 y 98% (faltaron por conocer 25 especies).

Estos dos índices se ven más afectados por la diferencia entre los llamados "singletons" y "doubletons" con base en los cuales trabajan los estimadores no paramétricos (Mc Kamey 1999). Los "single-

Tabla 2. Especies y número de capturas registradas en cada uno de los cañaduzales y sitios vecinos en el Valle del Cauca, Colombia. (*) Especies registradas por Armbrecht (1996)

Código	Especie	C.B	B	C.G	G	C	B	C. San	B. San	C	C
		Hatico	Hatico	Hatico	Hatico	Medio	Medio	Julián	Julián	Roma	Roma 2
DOL-01	<i>Linepithema dispertitum</i>	26	7	2		6				6	1
DOL-02	<i>Azteca</i> sp.		4								
DOL-03	<i>Dolichoderus</i> sp.		1								
DOL-04	<i>Dolichoderus bispinosus</i>		5								
DOL-05	<i>Linepithema</i> sp.	2	13		24	1					
ECI-01	<i>Labidus</i> sp.		2	3	3					4	2
ECI-02	<i>Eciton burchelli</i>	1									
FOR-01	<i>Camponotus</i> sp. 1		4	2		1					
FOR-02	<i>Camponotus</i> sp. 2	3	4	5							
FOR-03	<i>Brachymyrmex</i> sp. 1			6						29	11
FOR-04	<i>Camponotus novogranadensis</i>	9	4	3	1		4				
FOR-05	<i>Camponotus abdominalis</i>	2	3	2	3						
FOR-07	<i>Camponotus indianus</i>	7	4	8							
FOR-10	<i>Paratrechina</i> sp. 1	3	3		2					1	
FOR-11	<i>Paratrechina</i> sp. 2	18		4							
FOR-12	<i>Camponotus</i> sp. 3	2								12	9
FOR-13	<i>Paratrechina</i> sp. 3	11		3							2
FOR-14	<i>Paratrechina</i> sp. 4	10			1					3	1
FOR-15	<i>Camponotus</i> sp. 4			1							
MYR 01	<i>Solenopsis geminata</i>	34		12	2	3		9		9	4
MYR- 41	<i>Pheidole</i> sp. 9		1		2						
MYR-02	<i>Atta cephalotes</i>	5	21	3						5	3
MYR-03	<i>Pheidole</i> sp. 1	1		2							
MYR-04	<i>Wasmannia auropunctata</i>	28	9	36	38	17	32	4	62	11	26
MYR-05	<i>Solenopsis</i> sp. 1	2	12	7	3		1		2	6	8
MYR-06	<i>Cyphomyrmex rimosus</i>	8		6	3	1				1	9
MYR-07	<i>Pheidole</i> sp. 2	8		7	1					10	3
MYR-08	<i>Pheidole</i> sp. 3	14	2	24	1					10	3
MYR-10	<i>Solenopsis</i> sp. 2	2									
MYR-13	<i>Mycocepurus smithii</i>	1		1	1					3	2
MYR-14	<i>Pheidole</i> sp. 4	2	3	4						4	
MYR-15	<i>Pheidole sussanae</i>	21	16	34	4					15	10
MYR-16	<i>Pheidole</i> sp. 5		25								
MYR-18	<i>Solenopsis</i> sp. 3	1									
MYR-19	<i>Monomorium</i> sp.	6		1	1						1
MYR-20	<i>Pheidole</i> sp. 6		4		5						
MYR-21	<i>Strumigenys</i> sp.	1									1
MYR-26	<i>Cardiocondyla</i> sp. 1	3									
MYR-27	<i>Cephalotes</i> sp. 2	1									
MYR-29	<i>Leptothorax</i> sp	2		2							
MYR-31	<i>Pheidole</i> sp. 7	2		3							

(Continuación Tabla 2)

Código	Especie	C.B Hatico	B Hatico	C.G Hatico	G Hatico	C Medio	B Medio	C. San Julián	B. San Julián	C Roma	C Roma 2
MYR-32	<i>Strumigenys</i> sp. 2				1						
MYR-34	<i>Procryptocerus regularis</i>		1								
MYR-36	<i>Apterostigma</i> sp.		1								
MYR-37	<i>Crematogaster</i> sp.		1								
MYR-38	<i>Crematogaster</i> sp. 5		1								
MYR-39	<i>Pogonomyrmex</i> sp.		1								
MYR-40	<i>Crematogaster</i> sp. 6		1								
MYR-43	<i>Pheidole</i> sp. 10			1							
MYR-44	<i>Cardiocondyla</i> sp. 2	3									
MYR-45	<i>Smithistruma</i> sp.	1		1							
MYR-46	<i>Pogonomyrmex</i> sp.	1									
MYR-47	<i>Pheidole</i> sp. 11	1								5	
MYR-49	<i>Pheidole</i> sp. 12			1							
PON-01	<i>Ectatomma tuberculatum</i>	6								11	6
PON-03	<i>Pachycondyla</i> <i>obscuricornis</i>		1	4	11						
PON-04	<i>Odontomachus chelifer</i>		1		1						
PON-05	<i>Pachycondyla unidentata</i>		1								
PON-06	<i>Pachycondyla</i> sp. 1	1	1	1	2					1	
PON-06	<i>Pachycondyla</i> sp. 1	1	2	1						1	
PON-07	<i>Pachycondyla</i> sp. 2		1	1							
PON-08	<i>Pachycondyla impressa</i>	2		1	2		7				
PON-10	<i>Gnamptogenys</i> sp.				2						
PSE-02	<i>Pseudomyrmex elongatus</i>		1		1		1				
PSE-03	<i>Pseudomyrmex boopis</i>		6		24						
PSE-04	<i>Pseudomyrmex</i> sp. 2		1								
PSE-05	<i>Pseudomyrmex</i> sp. 3	1		1							
PSE-06	<i>Pseudomyrmex</i> sp. 4		1								
PSE-08	<i>Pseudomyrmex</i> sp. 5									2	1
PSE-09	<i>Pseudomyrmex</i> sp. 6										1
PSE-10	<i>Pseudomyrmex</i> sp. 7		1								
PSE-11	<i>Pseudomyrmex</i> sp. 8		1								
PSE-12	<i>Pseudomyrmex</i> sp. 9			1							
*DOL-06	<i>Linepithema</i> - 06							2			
*FOR-02	<i>Paratrechina</i> - 02									2	
*FOR-03	<i>Brachymyrmex</i> - 03								6		
*FOR-06	<i>Paratrechina</i> sp.						5	2			
*FOR-13	<i>Camponotus</i> - 13							2		1	
*FOR-16	<i>Brachymyrmex</i> - 16						1				
*FOR-19	<i>Brachymyrmex</i> - 19						1				
*MYR-02	<i>Pheidole</i> - 02							3			
*MYR-03	<i>Pheidole</i> - 03						1	2			
	<i>Crematogaster</i> <i>montezumia</i>							8			
*MYR-08	<i>Pheidole</i> - 08							4		1	
*MYR-12	<i>Crematogaster</i> <i>evallans</i>						1	1			
*MYR-14	<i>Pheidole</i> - 14						1		1		
*MYR-20	<i>Crematogaster acuta</i>							1			

(Continuación Tabla 2)

Código	Especie	C.B Hatico	B Hatico	C.G Hatico	G Hatico	C Medio	B Medio	C. San Julián	B. San Julián	C Roma	C Roma 2
*MYR-25	<i>Crematogaster</i> -25							2			
*MYR-30	<i>Pheidole</i> - 30								5		
*MYR-31	<i>Pheidole</i> - 31						3	4			
*MYR-32	<i>Pheidole</i> - 32						3	3	6	1	
*MYR-33	<i>Solenopsis</i> - 33						1				
*MYR-34	<i>Tetramorium bicarinatum</i>						1				
*MYR-36	<i>Pheidole</i> - 36							1			
*MYR-48	<i>Pheidole</i> - 48					1					
*PON-01	<i>Pachycondyla constricta</i>						2				
*PSE-01	<i>Pseudomyrmex oculatus</i>								1		

Tabla 3. Valores observados y estimados de la riqueza de hormigas ordenados de manera decreciente en diferentes caña de azúcar y sus sitios vecinos (S. obs = riqueza observada)

SITIO	NOMBRE	S. OBS	S. OBS	"SINGLETONS"	"DOUBLETONS"	ACE	JACK 1	MMMEAN
		CAÑA	VECINO					
1	Caña Bosque El Hatico	39		11	9	77	79	86
2	Bosque El Hatico		38	18	2	62	69	80
3	Caña Guadual El Hatico	34		11	5	80	75	83
4	Guadual El Hatico		25	11	5	59	70	78
5	Caña Roma	22		5	1	88	82	88
6	Caña Roma 2		22	8	4	69	74	83
7	Caña El Medio	16		10	1	43	63	77
8	Bosque El Medio		19	7	6	79	71	70
9	Caña San Julián	7		2	0	71	64	70
10	Bosque San Julián		7	4	1	41	98	65

tons" son aquellas especies que tienen un solo individuo capturado dentro de un hábitat y se convierte en "doubletons" cuando se capturan dos individuos. Cuando el valor de los "singletons" se acerca al de los "doubletons" significa que se está llegando a la asíntota en la curva de saturación de especies (Colwell y Coddington 1994). Por otra parte, el índice de MMMean, que trabaja con la media de especies en la curva de acumulación, es más estable frente a la variación de estos dos valores y sugiere que se ha muestreado entre un 65 y 88% (faltaron por conocer en promedio tres especies).

Al observar los valores de la caña se ve que las de menor riqueza presentan mayor fluctuación en el porcentaje de especies conocidas, esto puede ser por la diferencia que hay entre los "singletons" y los "doubletons" como en el caso de la caña El Medio, o por la ausencia de "doubletons" como en la caña San Julián. En la curva de saturación de todos los sitios los cañaduzales de la Reserva El Hatico son las que menos se acercan a la asíntota de saturación, en un nivel intermedio se encuentran la caña Roma y El Medio, donde hay

un mejor conocimiento de las especies de estos cañaduzales y muy paralela al eje x se encuentra la de San Julián, lo que indica que se conocen casi todas las especies de éste (Fig. 2A).

Una tendencia similar muestran los sitios vecinos, ya que la curva del bosque El

Hatico indica que aún faltan especies por conocer; más estables se encuentran el guadual El Hatico, la caña Roma 2 y el bosque El Medio. El bosque San Julián al igual que el cañaduzal correspondiente muestra una rápida tendencia a la saturación de especies (Fig. 2B).

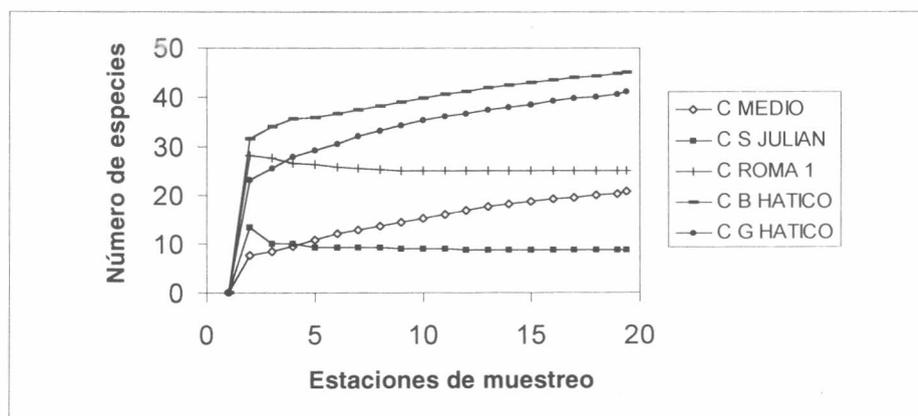


Figura 2A. Curva de saturación realizada con el estimador MMMean para los cañaduzales muestreados en el valle geográfico del río Cauca. C = cañaduzal, C B Hatico = Cañaduzal Bosque Hatico, C G Hatico = Cañaduzal Guadual Hatico.

Una prueba de Kruskal Wallis encontró diferencia significativa entre los cañaduzales y sus sitios vecinos ($H= 9$; $N= 200$; $p < 0,0001$). Estas diferencias se evidencian al confrontar la abundancia relativa de todos los cañaduzales en un análisis de aglo-

meración (Fig. 3). Se observa que la caña Roma 1, que se encuentra inmersa en una matriz de caña, está en un grupo aparte pero cercanamente relacionada con la caña San Julián y El Medio que también presentan un manejo convencional. Los caña-

Tabla 4. Comparación múltiple por rangos de medias en cinco cañaduzales, Valle del Cauca, Colombia

Caña	Rango	Grupos
Hatico Bosque	101,63	I
Hatico Guadual	84,400	I I
Roma 2	54,350	I I
Medio	28,500	I I
San Julián	18,300	I
Nivel de rechazo	0,050	
Valor crítico de Z	2,94	
Valor crítico para la comparación	32,287	

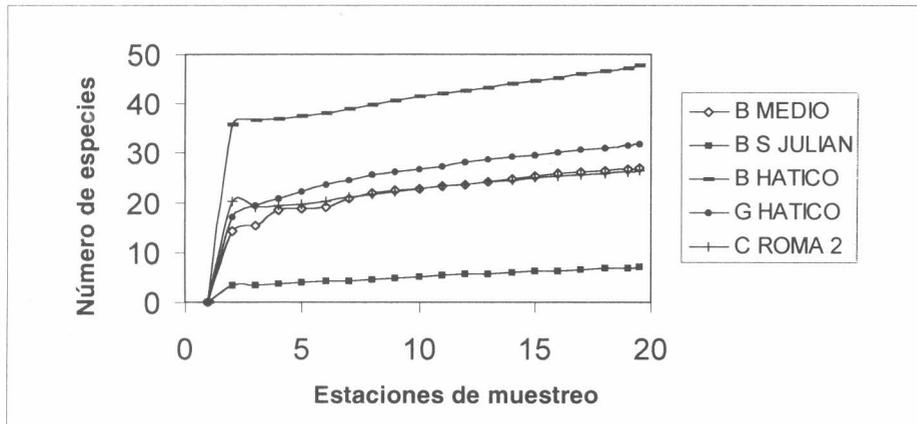


Figura 2B. Curva de saturación con el estimador MMEan de los sitios vecinos a cada cañaduzal de la figura 2A, valle geográfico del río Cauca. B= bosque, G= guadual. C= cañaduzal.

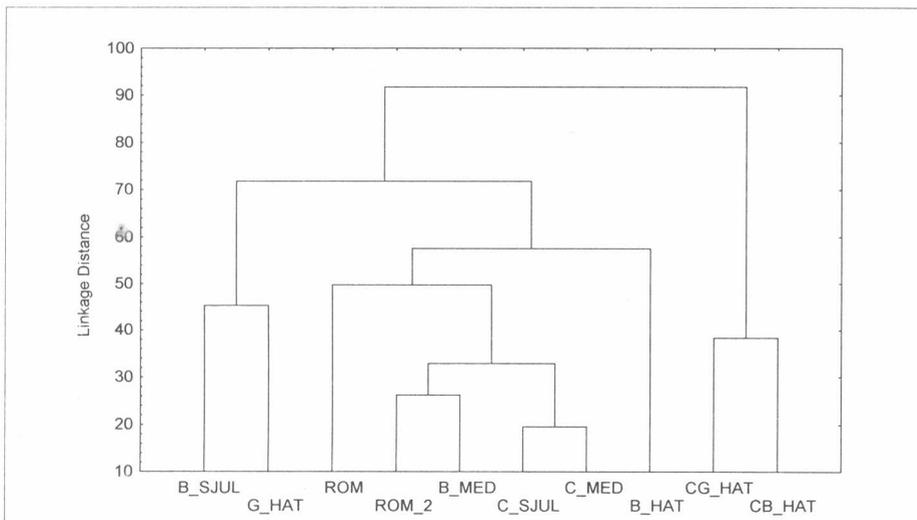


Figura 3. Agrupamiento de los cañaduzales y sitios vecinos con base en la abundancia relativa de la mirmecofauna. Distancias euclidianas (UPGMA).

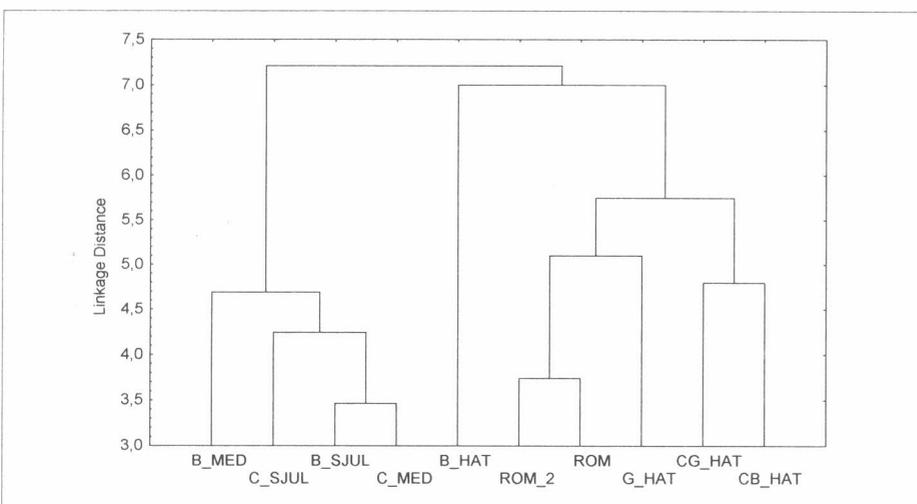


Figura 4. Agrupamiento de los cañaduzales y sitios vecinos con base en la composición de la mirmecofauna. Distancias euclidianas (UPGMA).

duzales que se encuentran más separados de todo el grupo son los de la Reserva Natural El Hatico; es decir, los que presentan un contexto y manejo diferente (orgánico).

De acuerdo con la composición de la mirmecofauna, es decir utilizando para los análisis una matriz de datos que solo da cuenta de las identidades en los diferentes cañaduzales y sitios vecinos, muestran un agrupamiento diferente, pues todos los cañaduzales inmersos y vecinos del área El Hatico se encuentran en un grupo y los cañaduzales El Medio y San Julián en otro grupo (Fig. 4). La tendencia se conserva al hacer la comparación múltiple por rangos de la densidad promedio de hormigas entre los cañaduzales (Tabla 4).

Se observa que hay cuatro grupos en que las medias no son significativamente diferentes; éstos coinciden con el tipo de manejo o influencia que están recibiendo. Por un parte está el manejo orgánico en El Hatico, le sigue Roma que aunque es convencional es cercana a una zona de transición de caña convencional a orgánica y a la reserva El Hatico, por último el manejo convencional en El Medio y San Julián. La comparación de la densidad promedio de los cañaduzales es demostrativa si se tiene en cuenta que la densidad y la riqueza de especies se encuentran estrechamente relacionadas ($p = 0,95$) y además el número de especies por estación explica la riqueza total de cada lote de caña ($R^2 = 0,9169$; $t = 6,66$; $p = 0,0026$).

Discusión

Las especies que fueron capturadas en los cañaduzales presentan una tendencia en su composición. Algunos géneros como *Wasmannia*, *Solenopsis*, *Pheidole*, *Paratrechina* y *Ectatomma*, tienden a predominar y han sido encontrados con frecuencia en cañaduzales del Valle del Cauca en otros estudios (Gutiérrez *et al.* 1996; Lastra y Gómez 1996). Es importante anotar que en ninguno de éstos se contó con la presencia de la hormiga loca *Paratrechina fulva* (Mayr) (Hymenoptera: Formicinae), especie que ha causado impacto ambiental, social y económico en diferentes hábitats (Aldana *et al.* 1995) y principalmente en cultivos de caña de azúcar en el Valle del Cauca (Gómez y Lastra 1997).

Teniendo en cuenta los valores observados y estimados de la riqueza de Formicidae que se encuentra en los cañaduzales, los de la región El Hatico son los más ricos, en un nivel intermedio se hallan los cañaduzales El Medio y Roma y con una pobreza notable se ve San Julián, esto puede deberse a la combinación de varios factores.

En primer lugar el manejo que recibe cada uno de los cañaduzales puede estar influenciando su riqueza, prácticas como la quema, la aplicación de insumos químicos y la remoción de la hojarasca del suelo pueden tener un impacto negativo sobre las comunidades de hormigas, ya que eliminan todo posible refugio y fuente disponible de alimento y se ha demostrado que a mayor complejidad del hábitat y mayor diversidad de las comunidades de hormigas es menor la incidencia de la hormiga loca (Vargas 2002).

También puede salir afectado el bosque como en el caso de la hacienda El Medio cuando se quema la caña, pues en algunas ocasiones el fuego alcanza los bordes de éste (obs. pers. Inge Armbrrecht 1995). Este tipo de manejo crea un gran impacto sobre el suelo pues primero se hace una quema para dejar el tallo de la caña limpio para cortar y posteriormente se hace una requema con el fin de eliminar la hojarasca para facilitar las labores de preparación del terreno (Molina *et al.* 2000).

Una situación contraria es la que se da en El Hatico en donde se han establecido una serie de prácticas que son más amigables con el medio ambiente, como la eliminación de quemadas e insumos químicos y la disposición entre surcos de la hojarasca que queda como residuo de la cosecha. Dichas labores, pueden crear condiciones para que se formen microhábitats donde las hormigas puedan anidar y buscar presas disponibles para su alimentación. Por ejemplo, el gremio de las generalistas en la comunidad de hormigas forrajeras muestra cambios frente a alteraciones de las condiciones físicas de la sombra, teniendo la hojarasca un efecto de considerable importancia (Perfecto y Vandermeer 1996).

Por otro lado se ha notado que en cañaduzales que tenían una mayor complejidad espacial (debido a la presencia de malezas) y aumento de sustratos aprovechables para anidar y forrajear, había una mayor diversidad de hormigas y otros organismos depredadores (Hernández *et al.* 2002) y por el contrario se ha encontrado una relación inversa entre la complejidad vegetal y diversidad con la presencia de *P. fulva* (Vargas 2002).

En este sentido esta misma diversidad de Formicidae podría ser utilizada en beneficio propio de los cultivos de caña, ya que existen hormigas de alta eficiencia depredadora. Por ejemplo, la acción depredadora sobre huevos y larvas de barrenadores en el caso de *Solenopsis geminata* (Fabricius) (Hymenoptera: Myrmicinae) ha sido obser-

vada por Velez (1985) y Long *et al.* (1987); además, esta especie ha sido importante consumidora de semillas en agroecosistemas (Saks y Carroll 1980; Torres 1984) y ha sido propuesta para el manejo de malezas en este cultivo en particular (Reagan 1986). La acción de esta especie podría ser un punto de especial interés y en el que valdría la pena profundizar en estudios futuros ya que se ha encontrado una relación significativa de asociación negativa entre *P. fulva* y *S. geminata* (Vargas 2002).

El agrupamiento por abundancia relativa muestra que los cañaduzales tienen una tendencia a agruparse de acuerdo con el manejo que se les da. En el centro del cluster están todos los cañaduzales que presentan un manejo convencional y en transición y en otro grupo están las que presentan un manejo orgánico; esto podría significar que la mayor presencia de ciertas especies o dominancia como la de *Wasmannia auropunctata*, *S. geminata* y *Solenopsis* sp. 1 podría estar influenciando el parentesco entre los cañaduzales.

Comparando los sitios con la composición de especies se encontró que la forma de agruparse es diferente ya que los cañaduzales de la reserva y de la hacienda Roma están en un grupo y los cañaduzales de las haciendas El Medio y San Julián se encuentran en otro grupo; esto puede deberse al efecto local que ejerce cada uno de los sitios. En este caso la riqueza del bosque y el gradual Hatico es mayor a la de los bosques San Julián y El Medio, lo que muestra la dinámica; es decir, el intercambio biótico que existe entre la matriz y los parches de bosque (Armbrrecht 1996; Ramírez y Enríquez 2002). Pero por otro lado la caña podría también estar jugando el papel de fuente para unas especies y sumidero para otras, haciendo posible el aprovechamiento de los recursos de uno u otro lado por parte de las especies de hormigas habitantes. Y una matriz con hábitats muy degradados puede estar poniendo en peligro de extinción las especies del bosque (Perfecto y Vandermeer 2001), por que a pesar de que dos biotopos adyacentes sean muy diferentes entre sí, éstos no se encuentran completamente aislados (Doak y Mills 1994).

Al observar la comparación por rangos de medias entre los cañaduzales se puede pensar que hay un efecto regional (Perfecto y Vandermeer 2001), ya que en los cañaduzales de la hacienda Roma se presenta una riqueza superior a las del Medio y San Julián. Esto posiblemente puede deberse a que estos cañaduzales están rodeados de lotes que están en una transición del manejo convencional al manejo orgánico y segundo al mosaico de El Hatico que cuenta una variedad de biotopos además del bosque y la caña como son potreros arbolados, zonas de frutales, áreas en regeneración y corredores biológicos. Esto puede estar creando refugios temporales para anidar, reproducirse y colonizar áreas adyacentes. Contrario a lo que pasa

en el área donde se encuentra el bosque y la caña San Julián que en el momento de estudio era una zona con una matriz de potreros muy degradada.

Conclusiones

- La riqueza de hormigas de los cañaduzales varía de acuerdo con el contexto local y regional en que se encuentra cada una de ellas ya que el flujo de especies entre los cañaduzales y sus sitios vecinos así como entre localidades pueden estar jugando un papel fundamental en el mantenimiento de la diversidad de hormigas en éstos.

- A nivel local, el manejo que recibe cada cañaduzal es importante ya que prácticas como la acumulación de hojarasca, la eliminación de quemadas e insumos químicos pueden favorecer la riqueza de las comunidades de hormigas por la disposición de alimento y sitios para anidar.

- A nivel regional, la diversificación de un área en particular como el caso de El Hatico es de gran importancia ya que puede crear refugios temporales para las hormigas y actuar como un corredor biológico para colonizar áreas adyacentes. Por otro lado, el degradado de un área puede influir sobre la riqueza de un cañaduzal como es el caso del Medio y San Julián.

- Una parte de las especies de la comunidad puede cambiar (posiblemente en forma cíclica) a lo largo del tiempo debido posiblemente a la estacionalidad de un recurso o condición dada, para que éstas se queden en un lugar determinado o emigren hacia otros hábitats. Esto da una idea de que puede existir una dinámica a través del tiempo y el espacio. En este análisis se encontró que las comunidades de hormigas del bosque El Hatico se conservan de una manera más o menos estable en el tiempo, permitiendo así hacer comparaciones de los cañaduzales y sus sitios vecinos en dos épocas diferentes.

- Sería útil abordar estudios sobre las comunidades de hormigas, principalmente de aquellas especies que sean conspicuas en un cañaduzal determinado y precisar como éstas traslapan sus nichos con otros depredadores con el fin de dilucidar el papel que ellas tienen dentro de un complejo de enemigos naturales, lo cual sería interesante para implementar programas de control biológico en el año 2005 cuando comienza el sistema de producción de cosecha en verde.

- Por último, dada la gran importancia paisajística de la caña de azúcar como monocultivo dominante en el valle geográfico del río Cauca y con base en los datos de este estudio se recomienda la diversificación del paisaje y protección de la cuenca del río Cauca, así como la protección de vegetación nativa como guaduales y bosque tanto para proteger la fauna relicta del bosque seco como para prevenir invasiones de la hormiga loca a cañaduzales no infestados aún.

Agradecimientos

A Patricia Chacón, Philip Silverstone, Enrique Murgueitio y Enrique Molina las autoras agradecen su valiosa colaboración. A los dueños de las haciendas en especial a la familia Molina Durán de El Hatico por permitir la realización de las investigaciones. Los estudios fueron financiados por el Programa de Becas para la conservación, WCS/GEA/FES/ FEN, Fundación para la Promoción de la Investigación y la Tecnología Banco de la República y la Universidad del Valle.

Literatura citada

- ALDANA, R. C.; BAENA, M. L.; CHACÓN DE ULLOA, P. 1995. Introducción de la hormiga loca (*Paratrechina fulva*) a la reserva natural laguna de Sonso (Valle del Cauca, Colombia). Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle 3 (1): 15-28.
- ARIAS, J. 1994. Evaluación exploratoria del comportamiento de la materia orgánica por prácticas de quemas en molisoles del Valle del Cauca. Temas de Postgrado en suelos y aguas. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira, Valle.
- ARMBRECHT, I. 1995. Comparación de la mirmecofauna en fragmentos boscosos del valle geográfico del río Cauca, Colombia. Boletín del Museo de Entomología de la 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. Tesis de Magister en Biología, Universidad del Valle, Facultad de Ciencias, Cali. 120 p.
- ARMBRECHT, I.; ULLOA-CHACÓN, P. 1999. Rareza y diversidad de hormigas en fragmentos de bosque seco colombiano y sus matrices. Biotropica 31 (4): 646-653.
- BOLTON, B. 1994. Identification guide to the ant genera of the world. Harvard University press. Cambridge, Massachusetts. 222 p.
- CENICAÑA. 1997. Carta Trimestral. Julio-Septiembre Cali, Colombia. Año 19 No. 1.
- COCK, J. H.; TORRES, J. S. 1998. Desarrollo de un Sistema de Producción Tropical para Caña Verde. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia CENICAÑA. Cali, Colombia. 14 p.
- COLWELL, R. K. 1997. EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Versión 5. User's Guide and application published at: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.
- COLWELL, R. K.; CODDINGTON, J.A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. Philosophical Transactions of the Royal Society of London 345: 101-118.
- DELGADILLO, O. L.; MOLINA, E. J.; MOLINA, C. H.; MOLINA, C. H.; MOLINA, J. P. 1994. Evaluación de características químicas, físicas y biológicas del suelo bajo cultivo de caña de azúcar manejado con y sin quema en el municipio de El Cerrito, Valle del Cauca. Informe de pasantía de la Universidad del Tolima. Colombia.
- DOAK, D. F.; MILLS, L. S. 1994. A useful role for theory in conservation. Ecology 75 (3): 615-626.
- ESPINAL, L. S. 1968. Visión ecológica del Departamento del Valle del Cauca. Universidad del Valle. Cali, Colombia. 32 p.
- FOLGARAIT, P.J. 1998. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. Biodiversity Conservation 7: 1221-1244.
- GÓMEZ, L. A.; LASTRA L. A. 1997. Avances en el manejo de la hormiga loca *Paratrechina fulva* (Hymenoptera: Formicidae) en el cultivo de la caña de azúcar. Memorias. IV Congreso colombiano de la Asociación de Técnicos de la Caña de Azúcar. p. 121-131. Cali.
- GUTIÉRREZ, Y.; DE PULIDO, C. L.; LASTRA, L. A.; GÓMEZ, L. A. 1996. Reconocimiento de hormigas depredadoras que afectan la liberación de *T. exigum* para el control de *Diatraea* spp. en caña de azúcar. Resúmenes. XXIII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. 53 p. Cartagena.
- GUARDIOLA, J. 1995. Avances tecnológicos entre 1950 y 1980. En: El Cultivo de la Caña en la Zona Azucarera de Colombia. p. 9-21. Cassalet, D.; Torres J.; Echeverry C.I. (eds.). Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Colombia CENICAÑA, Cali, Colombia. 412 p.
- HERNÁNDEZ, C. P.; MARTÍNEZ, Y. C.; INSUASTY, O.; GÓMEZ, L. A.; CAMACHO, J. A.; MANRIQUE, R. 2002. Efecto del control de malezas y la fertilización nitrogenada sobre la población de hormiga loca, *Paratrechina fulva* (Hymenoptera: Formicidae). Revista Colombiana de Entomología 28 (1): 83-90.
- HOLLOBLER, B.; WILSON, E. 1990. The ants. Harvard University Press. USA. 732 p.
- JAFFE, K.; LATTKE, J.; PÉREZ, E. 1993. El mundo de las hormigas. Equinoccio Ediciones. Universidad Simón Bolívar, Venezuela. 196 p.
- LASTRA, L.; GÓMEZ, L. A. 1996. Reconocimiento de hormigas depredadoras que afectan la liberación de *T. exigum* para el control de *Diatraea* spp. en caña de azúcar. Informe trimestral Septiembre - Julio. CENICAÑA 89 p.
- LONG, W. H.; NELSON, L. D.; TEMPLET, P. J.; VIATOR, C. P. 1987. Abundance of foraging ant predators of the soil and other factors. Journal American Society Sugar Cane Technologist 7: 5-14.
- Mc KAMEY, S. H. 1999. Biodiversity of tropical homoptera with the first data from Africa. American Entomologist 45: 213-221.
- MOLINA, E. J.; MOLINA, C. H.; MOLINA, C. H.; MOLINA, J. P. 2000. Estudio de caso sobre el manejo convencional y agroecológico del cultivo de la caña de azúcar en el Valle del Cauca, Colombia. <http://www.cipav.org.co/cipav/new/ejmolina/index.html>. Enero 7, 2003.
- NARANJO, L. G. 1992. Estructura de la avifauna en un área ganadera en el Valle del Cauca, Colombia. Calsasia 17: 55-66.
- PERFECTO, I.; VANDERMEER, J. 1996. Microclimatic changes and the direct loss of ant diversity in a tropical agroecosystems. Oecologia 108: 577-582.
- PERFECTO, I.; VANDERMEER, J. 2001. Quality of agroecological matrix in a tropical montane landscape: ants in coffee plantations in southern México. Conservation Biology 16 (1): 174-182.
- RAMÍREZ, M.; ENRIQUEZ, M. 2002. Estudio de las comunidades de hormigas en un mosaico de hábitats agroforestales en la Reserva Natural El Hatico. Informe final. Banco de la República. 70 p.
- REAGAN, T. 1986. Beneficial aspects of the imported fire ant: a field ecology approach. En: Fire Ants and Leaf-Cutting Ants. Boulder/London: Westview. p. 58-71.
- ROTH, D.; PERFECTO, I.; RATHCKE, B. 1994. The effects of management systems on ground - foraging ant diversity in Costa Rica. Ecological Applications 4 (3): 423-436.
- SAKS, M. E.; CARROLL, C. R. 1980. Ant foraging activity in tropical agroecosystems. Agroecosystems 6: 177-188.
- STATISTIX for windows. 1998. Version 2. Analytical Software.
- STATSOFT. 1995. CSS: Estadística handbook. Vol.II. Statsoft Inc., Tulsa, Oklahoma.
- TORRES, J. A. 1984. Niches and Coexistence of Ant communities in Puerto Rico: Repeated patterns. Biotropica 16 (4): 284-295.
- UNIVERSIDAD DE LA SALLE; CENICAÑA. 1991. Evaluación de la contaminación ambiental producida por la quema de la caña de azúcar y el manejo de la agroindustria. Cali, Colombia.
- VARGAS, A. G. 2002. Reconocimiento de enemigos naturales de la hormiga loca, *Paratrechina fulva* Mayr (Hymenoptera: Formicidae) en el Valle geográfico del río Cauca. Trabajo de grado Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Palmira, Facultad Ciencia Agropecuarias, Palmira. 113 p.
- VÉLEZ, R. 1985. Notas sinópticas de entomología económica colombiana. Secretaría de agricultura de Antioquia. p. 189-193.
- ZAR, J. 1996. Biostatistical analysis. Tercera edición. Prentice Hall, New Jersey.

Recibido: May. 12/2003

Aceptado: Ago. 19/2003