

Artículo

Artropofauna asociada a suelos de bosques altoandinos del Macizo Colombiano

Soil arthropods from high altitude forest in Macizo Colombiano

urn:lsid:zoobank.org:pub:cdd9936a-ac20-4f6b-aa45-8c19418c5f2f

Edgar Camero Rubio* , Clara Chamorro Bello

Departamento de Biología Universidad Nacional de Colombia. P.O Box A. A. 14490 Bogotá- Colombia. E-mails: eecameror@unal.edu.co, biosuelos@yahoo.com*

Resumen

Se estudió la fauna del suelo en dos bosques altoandinos del Macizo Colombiano para evaluar las diferencias en su composición, abundancia y diversidad con respecto a zonas de pastizales generadas por la deforestación de la cobertura natural. Se utilizaron técnicas de trampas pitfall y de embudos de Berlese para la extracción de los organismos en los distintos horizontes superficiales y sub-superficiales del suelo que se determinaron a nivel de orden y familia. Se determinaron los modelos de abundancia de la fauna colectada, así como los índices de diversidad alfa y beta, dominancia y equitatividad para comparar la fauna entre sitios y estaciones de muestreo y su afinidad mediante análisis de correspondencia. Los resultados muestran grandes diferencias para los parámetros entre sitios y zonas de muestreo y la influencia de la transformación del paisaje natural en la diversidad biológica a escalas ecosistémica y de paisaje.

Palabras clave: Artrópodos, Ecología, Fauna del Suelo, Perturbación ecológica.

Abstract

Soil fauna in two high Andean forests of the Macizo colombiano was studied to evaluate the differences in their composition, abundance and diversity against grassland areas generated by the deforestation of the natural cover. Pitfall trap and Berlese funnel techniques were used for the organisms extraction from the surface and subsurface horizons of the soil which were determined to order and family level. The abundance models of the collected fauna were determined, as well as the alpha and beta diversity indices, dominance and fairness to compare the fauna between sampling sites and stations and to know their affinity with zones by correspondence analysis. Results show large differences for the parameters between sites and sampling zones and the influence of the disturbances on biological diversity at the ecosystem and landscape scales.

Additional keywords: Arthropods, Ecological disturbances, Ecology, Soil Fauna.

Recibido: 12-IX-2020, Revisado: 12-X-2020, Aceptado: 19-XI-2020

CAMERO RE, CHAMORRO BC. 2021. Artropofauna asociada a suelos de bosques altoandinos del Macizo Colombiano. ENTOMOTROPICA, 36 : 16-26.

on line Febrero-2021

Introducción

Colombia tiene una gran variedad de suelos, cada uno con características físico-químicas y biológicas particulares producto de la transformación de los distintos materiales rocosos originarios, en conjunto con una serie de procesos que se generan por combinación de factores ambientales y biológicos (Cortés y Malagón 1984, Honorato 2000). En el suelo, ocurren todos aquellos procesos que transforman la biomasa y liberan los nutrientes que serán reabsorbidos por los sistemas radicales de las plantas. Los compuestos orgánicos se descomponen, humifican y liberan por la acción de los organismos de los estratos superficiales y sub-superficiales del suelo, lo cual contribuye al desarrollo y la productividad de los ecosistemas (Wallwork 1970, Dindal 1990), mientras que las coberturas vegetales regulan los efectos de la precipitación y del viento, al reducir el impacto de los arrastres superficiales y al incrementar la infiltración del agua, lo cual favorece el almacenamiento y las rutas naturales de sus cursos y reduce los efectos de la erosión (Honorato 2000).

Los suelos y el agua tienen una relación muy estrecha (Sarmiento 1984). La ubicación geográfica de Colombia, la topografía y el régimen climático, determinan en gran medida la tipología edáfica y las ofertas hídricas del país, las cuales se manifiestan en una extensa red fluvial que favorecen el almacenamiento de aguas subterráneas, la existencia de cuerpos lénticos y la presencia de humedales (Cortés y Malagón 1984, IDEAM 2001).

El Macizo Colombiano es la estrella hídrica más importante de Colombia, por ser un complejo geohidrológico que contiene 362 cuerpos lagunares de alta montaña y gran diversidad de ecosistemas, entre los cuales se destacan los páramos, los pajonales y los bosques subandinos y altoandinos (Sánchez *et al.* 1997), en donde nacen ríos tan importantes como el Magdalena, Cauca, Caquetá y Patía. Esta zona ha sido catalogada por la Unesco como reserva hídrica de la biósfera; se extiende por los departamentos de Cauca, Caquetá, Huila, Nariño, Putumayo, Tolima y Valle y contiene muchos de los denominados “Ecosistemas Frágiles de Colombia”, denominados así, debido a su alta diversidad biológica y al soporte geopedológico relativamente inestable (IDEAM 2001). Los bajos valores de evapotranspiración de sus coberturas vegetales y los suelos superficiales con

presencia de cenizas volcánicas con gran capacidad de retención de agua, ejercen una función muy importante en la captación y la regulación del agua (IDEAM 2001). El Macizo Colombiano constituye un gran sistema natural de gran valor hídrico y biológico, que en la actualidad presenta serios problemas de deterioro debidos especialmente a la colonización humana en las zonas naturales, lo cual incrementa la deforestación y su consecuente pérdida de biodiversidad, afecta el equilibrio natural, el almacenamiento y drenaje del agua y acelera los procesos de erosión (IDEAM 2001).

El presente trabajo busca conocer la variación en la biodiversidad de la artrópofauna en suelos de bosques naturales y pastizales en dos zonas del Macizo Colombiano, con el fin de evaluar la incidencia de las perturbaciones antrópicas por cambios en las coberturas vegetales cuando los suelos se someten a condiciones diferentes a su aptitud de uso.

Materiales y Métodos

Zona de estudio: El área de estudio se localiza en los lat 1°53'N, long 76°16'W (Figura 1) y pertenece al Parque Nacional Natural del Puracé. Según Espinal y Montenegro (1972), la zona corresponde a un Bosque Húmedo subtropical de la Zona Cafetera de Colombia, con pendientes suaves y alturas entre 900 y 2 100 msnm. La temperatura media anual es de 18 °C, con promedio de lluvias entre los 1 000 y 2 000 mm, en un régimen monomodal que abarca los meses de marzo a septiembre, alcanzando su valor máximo en el mes de junio. A los 2 150 msnm, las curvas para los valores promedio de temperaturas máximas, medias y mínimas, muestran una fase caracterizada por descensos en los meses de marzo y abril que aumentan en el transcurso de los meses hasta alcanzar su punto máximo en el mes de febrero. Los valores de humedad relativa a esta altitud varían muy poco y oscilan entre el 80 y el 84 %, mientras que para altitudes de 900 m, el comportamiento es aproximadamente uniforme con valores de hasta 81 % en la primera mitad del año (enero-mayo) y con descensos en la segunda mitad (junio-octubre) hasta alcanzar el mínimo de 74 % (Rangel y Aguilar 1995).

La vegetación de la zona caracterizada por Rangel y Garzón (1995) para el transecto geográfico Paicol-Puracé en la zona subandina, la comprenden 4 tipos

de vegetación denominadas Alianza *Monotropo-Quercion humboldtii* entre los 1 800 y 2 600 msnm, Asociación *Hedyosmo-Quercetum humboldtii* entre 2 200 y 2 500 m, Asociación *Alfaroo-Quercetum humboldtii* entre 1 850 y 2 600 m y las comunidades de *Euphorbia latanzii* y *Miconia spicellata* a los 2 300 m de altura. La diversidad florística en la subregión subandina está conformada

por 504 especies, 247 géneros y 117 familias, donde sobresalen especies de las familias Myrtaceae, Piperaceae, Orchidaceae y Rubiaceae (Rangel y Garzón 1995). Para el presente estudio, se establecieron cuatro estaciones de muestreo en las veredas San Antonio – Alto de El Canelo a 2 120 m de altitud (Estaciones M1 y M2) y Puerto Quinchana a 1 740 msnm (Estaciones M3 y M4), localizadas en inmediaciones del municipio de San Agustín en el Departamento del Huila, cubriendo zonas de pastizales, de gran intervención antrópica (Estaciones M1 y M3) y zonas de bosques nativos (Estaciones M2 y M4) cuya vegetación típica la conforman las asociaciones vegetales anteriormente descritas.

La geología de la zona de estudio, la constituyen rocas intrusivas y vulcano-sedimentarias de origen Jurásico que se localizan en la divisoria occidental del río Magdalena (IDEAM 2001). La geomorfología del área está ubicada en el Macizo Igneo-Metamórfico de La Plata que hace parte de la Formación Saldaña, compuesta por rocas vulcano-sedimentarias, de relieve abrupto moderadamente escarpado y muy disectado. (IGAC 1995). Los suelos son entisoles e inceptisoles que en la estación de El Canelo corresponden a Lythic Troprothents y Typic Dystropepts, que han evolucionado a partir de rocas sedimentarias, especialmente areniscas, con estructura de conglomerados y textura arcillosa, mientras que los de la estación de Puerto Quinchana corresponden a Oxíc Dystropepts y Typic Troprothents, caracterizados por su estructura derivada de rocas ígneas y metamórficas, muy superficiales a moderadamente profundos, muy ácidos y con contenidos bajos de materia orgánica (Cortés y Malagón, 1984 IGAC 1995).

Métodos: En cada estación de muestreo se determinaron en campo las características físicas y químicas de los suelos determinando su pH, textura y estructura para ser relacionadas con la diversidad de la fauna colectada. Los suelos de las estaciones boscosas se caracterizan por su poca profundidad y la presencia de una delgada capa orgánica superficial de textura franco arcillosa y estructura granular fina; los horizontes subsuperficiales presentan texturas arcillosas que químicamente muestran reacción fuertemente ácida, baja saturación de bases y bajos contenidos de potasio y fósforo. Los suelos de las estaciones de pastizales, carecen de un horizonte superficial orgánico definido y presentan horizontes inferiores de estructura suelta y baja densidad aparente. En

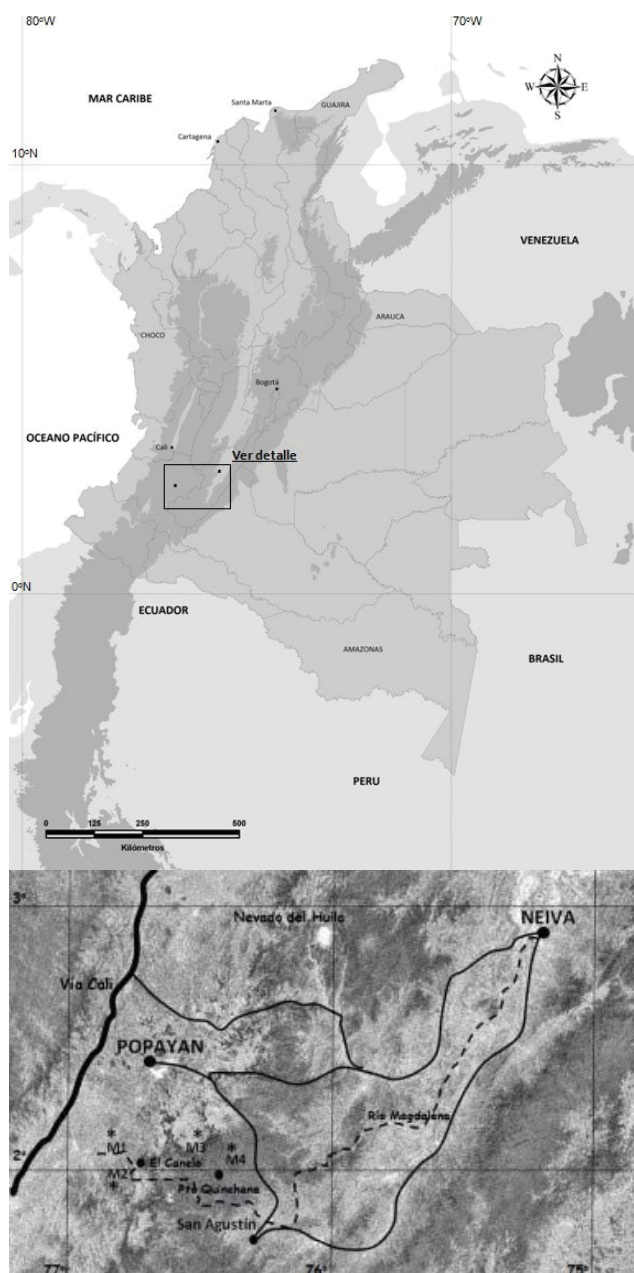


Figura 1. Ubicación de las estaciones de muestreo en la zona del Macizo colombiano bajo las coberturas de pastizales (M1) y bosques (M2) de la localidad de El Canelo y de pastizales (M3) y bosques (M4) de la localidad de Puerto Quinchana.

las cuatro estaciones de estudio, se colectaron muestras de la fauna procedente de los horizontes superficiales (hojarasca) y sub-superficiales (horizontes O, A y B) mediante el empleo de trampas pitfall y embudos de Berlese. Para el horizonte superficial se emplearon cinco trampas pitfall separadas por distancia de 10 m en transectos aleatorios según las recomendaciones de Greenslade (1964) y Villarreal *et al.* (2004). Para los horizontes sub-superficiales (O, A y B), se extrajeron cinco muestras de 1 Kg de suelo que fueron llevadas a embudos de Berlese por 72 horas para la recolección de las muestras biológicas (Berlese 1905, Tullgren 1918). Las muestras de cada horizonte y ecosistema, se etiquetaron y transportaron en alcohol al 70% al Laboratorio de Ecología de la Universidad Nacional de Colombia para su determinación taxonómica a nivel de familia o grupo supra-específico mediante el uso de las claves de Guillott (2005), Grimaldi y Engel (2005) y Johnson y Triplehorn (2005) confirmando los nombres válidos en Species 2000 y Catálogo ITIS (Bisby *et al.* 2005).

Se determinaron los modelos de abundancia a partir de los valores de riqueza de los grupos colectados (MacArthur 1957, Krebs 1989), se efectuaron dendrogramas de similitud de Jaccard a partir de los datos de presencia/ausencia siguiendo el método de single-linkage y se calcularon los valores de diversidad de Brillouin (HB) más recomendado para este tipo de muestreos (Magurran 1989), de dominancia (D) y de equitatividad de Simpson (1-D) y la diversidad Beta de Wittaker (αW) a partir de los valores de abundancia que fueron validados mediante pruebas de Kruskal-Wallis mediante el uso del programa PAST v. 2.15 (Hammer *et al.* 2001). Se determinó la riqueza esperada por medio del estimador Chao-1 para hallar la completitud de la riqueza de grupos al relacionar la riqueza observada con la riqueza estimada y se evaluó la afinidad de la fauna colectada con los sitios de muestreo mediante un Análisis de Correspondencia (CA) utilizando el programa PAST v. 2.15 (Hammer *et al.* 2001).

Resultados y Discusión

Abundancia y diversidad: La fauna total colectada en la zona de estudio se compone de 6 671 organismos pertenecientes a nueve clases, 24 órdenes y 77 familias o grupos supraespecíficos (Tabla 1). Aunque es de esperarse el encontrar variaciones en la composición

y diversidad faunística entre las localidades estudiadas debidas a diferencias microclimáticas y altitudinales, no obstante se encontraron diferencias para la composición y diversidad en los suelos de la misma localidad que presentan distintas coberturas vegetales. En las estaciones ubicadas en la localidad de El Canelo se registró el 30% del total de organismos, de los cuales el 72% fue recolectado en ecosistemas de bosque y el 28% en los pastizales. Para el caso de la localidad de Puerto Quinchana, el 53% de la fauna se colectó en ecosistemas de bosques y el restante 47% en las zonas de pastizal. Esta mayor riqueza de grupos faunísticos en los suelos de los bosques nativos comparados con los de zonas intervenidas ya ha sido registrada en otras zonas altoandinas de Colombia en las que se han modificado las coberturas naturales de sus bosques como en el caso de la región de Monserrate (Bernal y Figueroa 1985, García 1987, Salamanca 1988) y de la Sierra Nevada de Santa Marta (Camero y Chamorro 1999, Camero 2002), por lo que se puede afirmar que la riqueza faunística de los suelos se reduce cuando se sustituye la cobertura vegetal de los bosques nativos. Sin embargo, la riqueza esperada en los sitios de muestreo es mayor a la encontrada según los valores en el índice Chao-1 (Tabla 2), del cual se deriva el cálculo del porcentaje de completitud que fue mayor en los bosques (95 y 83 %) que en los pastizales de cada estación de muestreo (90 y 70,7 %); no obstante, se puede considerar que la mayoría de la fauna de la zona ha sido recolectada mediante las técnicas utilizadas en los muestreos.

Los modelos de abundancia que se derivan de la cantidad de organismos y el número de grupos registrados en cada ambiente, no muestran diferencias entre las zonas boscosas y las de pastizales (Figura 2) y todos los modelos se ajustan más a un modelo logarítmico, el cual es muy común en las comunidades, en el que se presentan altas abundancias en algunos grupos con el predominio de grupos poco abundantes (Magurran 1989, Schowalter 2000). Arácnidos y otros grupos de artrópodos de las familias Isotomidae, Hypogastruridae, Entomobryidae, Formicidae, Phoridae y Staphylinidae fueron los de mayor abundancia en todas las estaciones de muestreo, junto con las familias Sphaeroceridae, Chalcididae, Cecydomyidae y Onychiuridae en los ecosistemas boscosos y dípteros de las familias Agromyzidae y Sciaridae en los pastizales.

Tabla 1. Valores de diversidad y de rarefacción de la abundancia de la fauna colectada en los horizontes edáficos de las estaciones de muestreo de las localidades de El Canelo y Puerto Quinchana en el Macizo Colombiano. Inm: formas inmaduras.

Estación de muestreo	Horizonte edáfico	El Canelo								Puerto Quinchana							
		Pastizal (M1)			Bosque (M2)				Pastizal (M3)			Bosque (M4)					
		Superficial	HA	HB	Superficial	HO	HA	HB	Superficial	HA	HB	Superficial	HO	HA	HB		
Diversidad (HB)		2,441	1,356	0,5973	2,229	1,723	1,66	1,282	0,9429	1,389	0,1983	2,279	2,231	0,9987	0,5969		
Dominancia (D)		0,1715	0,2245	0,3333	0,2085	0,2832	0,1778	0,3273	0,6778	0,3729	0,8935	0,1669	0,1476	0,5478	0,6851		
Equitatividad (1-D)		0,8285	0,7755	0,6667	0,7915	0,7168	0,8222	0,6727	0,3222	0,6271	0,1065	0,8331	0,8524	0,4522	0,3149		
1	Acari	1,5	2,0	0,2	2,2	9,6	1,8	4,4	6,6	2,2	0,2	81,2	5,9	0,7	2,2		
2	Acrididae											0,2					
3	Agromyzidae	6,2			7,9				1,8			1,3					
4	Anajapygidae					0,4								0,5			
5	Anisopodidae	0,2			2,0							0,2					
6	Annelida		0,2			0,2							0,2				
7	Anobiidae											0,2					
8	Aphididae	0,2															
10	Araneae	1,3			2,7	0,4	0,2		2,2			4,6	1,5	0,4	0,2		
11	Blattelidae																
12	Blattidae				0,4							0,4	0,2				
14	Campodeidae					0,2	0,2			0,2			1,3	0,4	0,2		
15	Carabidae	0,4			0,4	0,2	0,2		0,4			0,2					
16	Cecydomyiidae	0,5			2,6				0,7			2,4					
17	Cercopidae				0,2				0,2								
18	Chalcididae	5,1			3,5				3,5			3,2					
19	Chilopoda		0,2		0,2	0,7	0,2	0,2		0,4			0,4	0,2			
20	Chrysomelidae	0,5			0,5				0,2								
21	Cicadellidae	0,4			0,2												
22	Coleoptera Inm	0,4	0,2		2,0	1,5		0,4		0,5	0,2	2,2	2,2		0,2		
23	Coccinellidae				0,4												
24	Culicidae				0,9							0,2					
25	Cucujidae	0,2															
26	Curculionidae	0,2			0,2								0,2				
27	Diplopoda	0,2			0,2								0,7				
28	Diptera Inm				0,4				0,2			1,5					
29	Drosophilidae	0,4			2,2				2,7			2,2					
30	Elateridae								0,5								
31	Empididae	0,5			0,4												
32	Enicocephalidae	0,4								0,2							
33	Entomobryidae	6,3	0,5		1,6			0,2	4,9			42,2	1,3	0,2			
34	Escuteleridae				0,4				0,2			0,4					
35	Forficulidae											0,2					
36	Formicidae	2,9	1,3	0,2	1,6	1,6	2,0	2,2	1,3	11,5	6,2	14,9	11,2	1,6	13,9		
37	Fulgoridae								0,2								
38	Gasteropoda						0,2					0,4					
39	Gelastocoridae								0,2								
40	Gryllidae	5,9			2,0				0,2			5,3					
41	Hemiptera Inm	0,7			0,4	0,2			0,4	0,2		0,2	0,2				
42	Hirudinea								0,4			0,2					
43	Homoptera Inm	1,5			0,9	0,2			1,5			0,9					
44	Hypogastruridae	36,7			92,7		0,4	0,2	16,5			122,3	0,4				
45	Isopoda	0,2			0,4							2,0	2,0	0,2			
46	Isotomidae	2,4			3,5	0,4	0,5	0,5	312,8	1,8		17,2	2,7	0,5			
47	Japygidae		0,2	0,2		0,4				0,2		0,2			0,2		
48	Labiidae											0,2					
49	Lepidoptera Inm				0,2					2,0			0,2				
50	Lepismatidae				0,4							0,4					
51	Miridae	0,9			2,2												
52	Muscidae											0,7					
53	Mutillidae	0,2							0,2								
54	Nematoda	0,4															
55	Nitidulidae	0,7							0,7			0,5					

Tabla 1 cont. Valores de diversidad y de rarefacción de la abundancia de la fauna colectada en los horizontes edáficos de las estaciones de muestreo de las localidades de El Canelo y Puerto Quinchana en el Macizo Colombiano. Inm: formas inmaduras.

Estación de muestreo	Horizonte edáfico	El Canelo								Puerto Quinchana							
		Pastizal (M1)			Bosque (M2)				Pastizal (M3)			Bosque (M4)					
		Superficial	HA	HB	Superficial	HO	HA	HB	Superficial	HA	HB	Superficial	HO	HA	HB		
Diversidad (HB)		2,441	1,356	0,5973	2,229	1,723	1,66	1,282	0,9429	1,389	0,1983	2,279	2,231	0,9987	0,5969		
Dominancia (D)		0,1715	0,2245	0,3333	0,2085	0,2832	0,1778	0,3273	0,6778	0,3729	0,8935	0,1669	0,1476	0,5478	0,6851		
Equitatividad (1-D)		0,8285	0,7755	0,6667	0,7915	0,7168	0,8222	0,6727	0,3222	0,6271	0,1065	0,8331	0,8524	0,4522	0,3149		
56	Onychiuridae				0,2	0,7	0,4	0,5				0,9	0,9				
57	Opiliones				0,4							0,7					
58	Phalacridae								2,6			3,3					
59	Phloeothripidae								1,8								
60	Phoridae	5,5			25,2				6,6			24,1	0,2				
61	Protura												0,4				
62	Pseudoscorpiones					0,5							0,5				
63	Psocoptera	0,4	0,2				0,2										
64	Psychodidae				0,5				0,2			0,5					
65	Ptiliidae	3,2			14,4				1,3			2,0					
66	Scarabaeidae	0,4			0,7	0,2			0,2	0,7		0,5					
67	Sciaridae	1,8			6,4				1,8			1,5					
68	Scolytidae				0,2				0,4			0,5					
69	Scydmaenidae	0,2			0,7	0,5	0,2		0,7	0,2		0,9	1,6				
70	Sminthuridae	1,6			2,0				1,3			23,8			0,2		
71	Sphaeroceridae	0,2			4,8							6,4					
72	Staphylinidae	3,8			26,7	0,9	0,2		5,5	0,5		17,6	2,4	0,5			
73	Symphyla												0,4	0,2			
74	Syrphidae											0,2					
75	Tetrigidae	0,9							0,2			0,2					
76	Trichoptera								0,2								
77	Vespidae	0,4			0,4							0,7					

Además de la mayor cantidad de organismos recolectados en los ecosistemas boscosos, también en ellos se registró la mayor cantidad de grupos. En los ecosistemas boscosos de las estaciones M2 y M4 se colectaron 53 y 58 grupos respectivamente, mientras que en los pastizales de las estaciones M1 y M3 se colectaron 45 y 44 grupos, lo cual explica la mayor similitud entre las estaciones boscosas y entre los pastizales, según el dendrograma de similitud obtenido a partir de la presencia o ausencia de grupos de la Figura 3a, y el menor recambio de grupos medido mediante el índice de Whittaker (aW) (Tabla 2). Entre los ecosistemas de bosque se comparten 30 grupos que corresponden a cerca del 50% de la fauna total de los bosques, mientras que entre los pastizales se comparten todos los grupos colectados. El cambio inducido en los hábitats naturales hace que los grupos de mayor abundancia se conserven en las áreas intervenidas como una muestra de la diversidad original a pesar de la pérdida de los grupos más sensibles (Schowalter 2000). La probabilidad de extinción de muchos grupos debida a la intervención de los ecosistemas naturales, aumenta

exponencialmente con el aumento en el grado de perturbación (Samways 1995); esto se refleja en los bajos valores de recambio de grupos entre las estaciones boscosas ($aW=0,171$) con composición faunística muy similar (Halffter y Escurra 1992) y el aumento de los valores de recambio entre este tipo de ecosistemas y los pastizales en los cuales aumenta la perturbación (Tabla 2).

Las diferencias en los valores de diversidad entre las estaciones de muestreo (Kruskal-Wallis, $H=8,85, p=0,05$) fueron mucho mayores entre los bosque y pastizales de la localidad de Puerto Quinchana (Tabla 2), en donde la diversidad encontrada en los bosques ($HB=2,416$) fue mayor que en los pastizales ($HB=1,141$); sin embargo, no ocurre lo mismo para la localidad de El Canelo, en donde los valores de diversidad de los pastizales fue algo mayor que en los bosques a pesar de la menor riqueza de grupos ($HB=2,509$ para los pastizales y $HB=2,459$ para los bosques). En este caso y de acuerdo con los modelos de abundancia antes descritos, en el bosque abundan los grupos con pocos individuos, de tal manera que la medida de la diversidad no depende solamente de

Tabla 2. Estimadores de Diversidad Alfa y Beta para la fauna colectada en las estaciones de muestreo en pastizales (M1) y bosques (M2) de la localidad de El Canelo y en pastizales (M3) y bosques (M4) de la localidad de Puerto Quinchana en el Macizo Colombiano.

Diversidad Alfa				
	M1	M2	M3	M4
Taxa (S)	45	53	44	58
Individuos	547	1400	2226	2498
Brillouin (HB)	2,509	2,459	1,141	2,416
Dominancia (D)	0,1591	0,1669	0,6029	0,1422
Simpson (1-D)	0,8409	0,8331	0,3971	0,8578
Chao-1	50	55,77	62,2	69,14
Compleitud (%)	90	95,1	70,7	83,9

Diversidad Beta de Wittaker (aW)				
	M1	M2	M3	M4
M1	-	0,245	0,326	0,340
M2	0,245	-	0,320	0,171
M3	0,326	0,320	-	0,314
M4	0,340	0,171	0,314	-

la riqueza sino también de la cantidad de grupos raros o únicos que se encuentren en la comunidad, por lo que a mayor grado de dominancia de algunos pocos grupos y de la poca abundancia de la mayoría, menor será la diversidad (Halfpter y Escurra 1992). Este caso, ya había sido observado en los suelos de los bosques altoandinos de la Sierra Nevada de Santa Marta (Camero y Chamorro 1999, Camero 2002), en donde el establecimiento permanente de cultivos, reduce la riqueza faunística de los suelos en comparación a la gran cantidad de grupos de poca abundancia que se encuentran en los suelos de los bosques nativos. Para la zona de estudio, el porcentaje de los grupos exclusivos de los pastizales y bosques en las estaciones M1, M2 y M3 fue cercano al 15 %, mientras que para los bosques de la estación de Puerto Quinchana (M4) este porcentaje supero el 25 %, lo cual explica su bajo valor en diversidad con respecto a los pastizales de la misma zona y la gran cantidad de grupos que podrían denominarse raros con potencial valor para ser utilizados como indicadores de conservación ecológica (Brown 1991, Gaston 1994).

Por otra parte, la composición y diversidad biológica disminuye con la profundidad en los suelos de todas las estaciones de muestreo desde la superficie hasta los horizontes más profundos, lo cual no es un resultado

particular de este estudio (Tabla 1). Los patrones de disminución de la composición faunística de los artrópodos desde la superficie del suelo a los niveles sub-superficiales son comunes a muchos otros ecosistemas ya estudiados en Colombia (Sturm *et al.* 1970, Bernal y Figueroa 1985, Sánchez *et al.* 1992, Arévalo 1997, Camero y Chamorro 1999, Camero 2002, Rodríguez 2004, Camero *et al.* 2005), lo que podría considerarse como un patrón general de la disminución de la riqueza de artrópodos con la profundidad vertical, lo cual podría deberse a las condiciones ecológicas mucho más selectivas del subsuelo que favorecen el desarrollo de artrópodos más especializados en la vía detritica.

Caracterización faunística: Los artrópodos presentan gran variedad de adaptaciones a las perturbaciones del ambiente y muchos de los mecanismos fisiológicos en los insectos son muy dependientes de las condiciones ambientales (Schowalter 1985, Chown y Nicolson 2004). Estas condiciones aplicables a la fauna de los suelos permiten identificar algunos grupos cuyas adaptaciones, hábitos y reproducción están más relacionados con las condiciones de los distintos horizontes y se manifiestan en atributos como la frecuencia o la abundancia. De esta manera, estos grupos más frecuentes y/o abundantes en los distintos horizontes de suelos que

soportan especialmente coberturas boscosas, podríamos relacionarlos a las características particulares de estos suelos como son su naturaleza volcánica, la textura franca, el marcado grado de acidez y la poca cantidad de materia orgánica que por su baja fertilidad y su importancia como fuente de infiltración de agua les confiere mayor aptitud para conservación. En la zona de estudio, los grupos más frecuentes o abundantes en el estrato superficial fueron Agromyzidae, Araneae, Carabidae, Cecydomyidae, Drosophilidae, Entomobryidae, Formicidae, Gryllidae, Hypogastruridae, Isotomidae, Phoridae, Ptiliidae,

Scarabaeidae, Sciaridae, Scydmaenidae, Sminthuridae y Staphylinidae. En los horizontes orgánicos de los bosques fueron Acari, Annelida, Araneae, Campodeidae, Chilopoda, Formicidae, Isotomidae, Onychiuridae, Pseudoscorpiones, Scydmaenidae y Staphylinidae y en los horizontes más profundos de todas las estaciones de muestreo, los grupos Acari, Chilopoda y Formicidae.

La distribución y la abundancia de la fauna dependen especialmente del tipo de cobertura vegetal y en general, la mayor cantidad de grupos raros siempre es más frecuente en los ecosistemas más conservados en donde

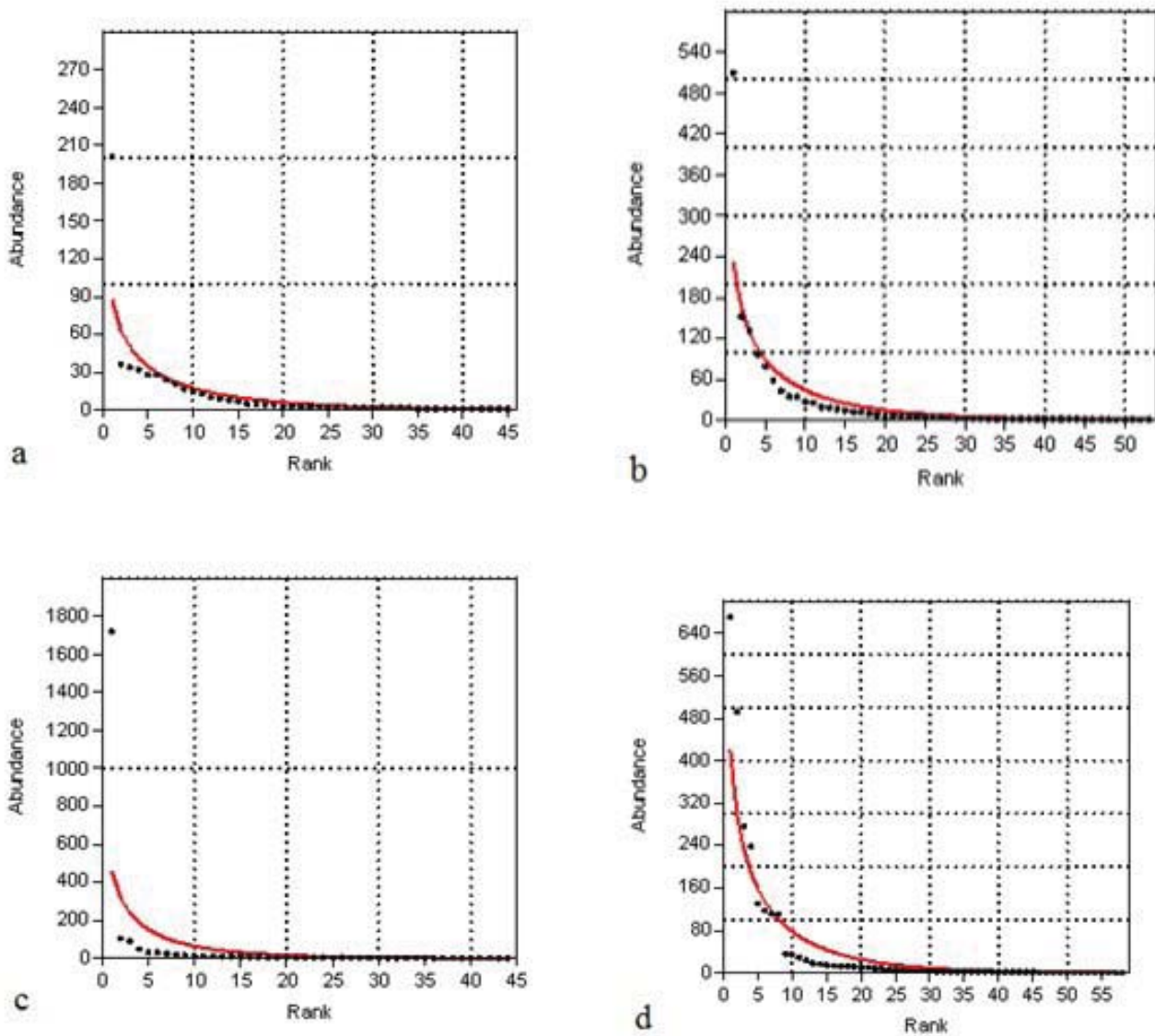


Figura 2 Modelos de distribución para la fauna del suelo en bosques (a) y pastizales (b) de la estación El Canelo y en bosques (c) y pastizales (d) de la estación Puerto Quinchana en el Macizo colombiano.

la disponibilidad de nichos es mayor y son más las ofertas alimenticias que permiten su establecimiento. Bajo las coberturas vegetales de pastizales, los suelos presentan alteración en la conformación de los horizontes y pérdida de la delgada capa orgánica superficial, lo que produce una menor oferta de recursos para los distintos grupos de artrópodos por la variación en la heterogeneidad de la composición de especies vegetales y de sus aportes de hojarasca y materiales orgánicos. La distribución de la fauna entonces, depende de la oferta de recursos y los organismos de tipo generalista que pertenecen a gremios por lo regular polípagos, tienen más poder de dispersión que aquellos de hábitos más especializados (Price 1984, Schowalter 1985, Gaston 1996). De esta manera, los grupos faunísticos se pueden discriminar por su mayor afinidad a un ecosistema en particular debido a su abundancia, frecuencia o exclusividad. La Figura 3b, muestra la mayor afinidad de los distintos grupos en los suelos de las diferentes estaciones de muestreo según el Análisis de Correspondencia (CA). Para los pastizales de la estación M1 se observa mayor afinidad de familias como Aphididae, Chrysomelidae, Empididae y Mutilidae; para los bosque de la estación M2, las familias Anisopodidae, Coccinellidae y Lepismatidae; para los pastizales de la estación M3, las familias Formicidae, Gryllidae y Tetrigidae, y para los bosque de la estación M4 las familias

Anobiidae, Hypogastruridae, Japygidae, Phoridae, Scydmaenidae y el grupo de los miriápodos diplópodos. No obstante, existe un gran número de grupos con mayor afinidad a los suelos de los ecosistemas boscosos en conjunto como son Anajapygidae, Anisopodidae, Annelida, Blattidae, Phoridae, Campodeidae, Carabidae, Curculionidae, Entomobryidae, Hypogastruridae, Isotomidae, Japygidae, Lepismatidae, Onychiuridae, Ptiliidae, Scarabaeidae, Scolytidae, Scydmaenidae, Sminthuridae, Staphylinidae, Isopoda, arácnidos de los grupos Araneae, Opiliones y Pseudoscorpiones y miriápodos como Chilopoda y Diplopoda, mientras que para los suelos de los pastizales la mayor afinidad conjunta se encontró en las familias Aphididae, Cercopidae, Cicadellidae, Gryllidae y Fulgoridae. Los grupos de distribución restringida son más vulnerables a la extinción como resultado de las actividades antropogénicas las cuales destruyen o modifican el ambiente (Soulé 1986, Janzen 1993, Suárez *et al.* 2003). En el área de estudio fueron más numerosos los grupos de distribución restringida a los bosques que a las coberturas de pastizales, lo cual evidencia la influencia de las perturbaciones de las coberturas naturales sobre la diversidad biológica. Estos grupos propios de las zonas boscosas en la zona de estudio están representados por las familias Anajapygidae, Anobiidae, Blattelidae,

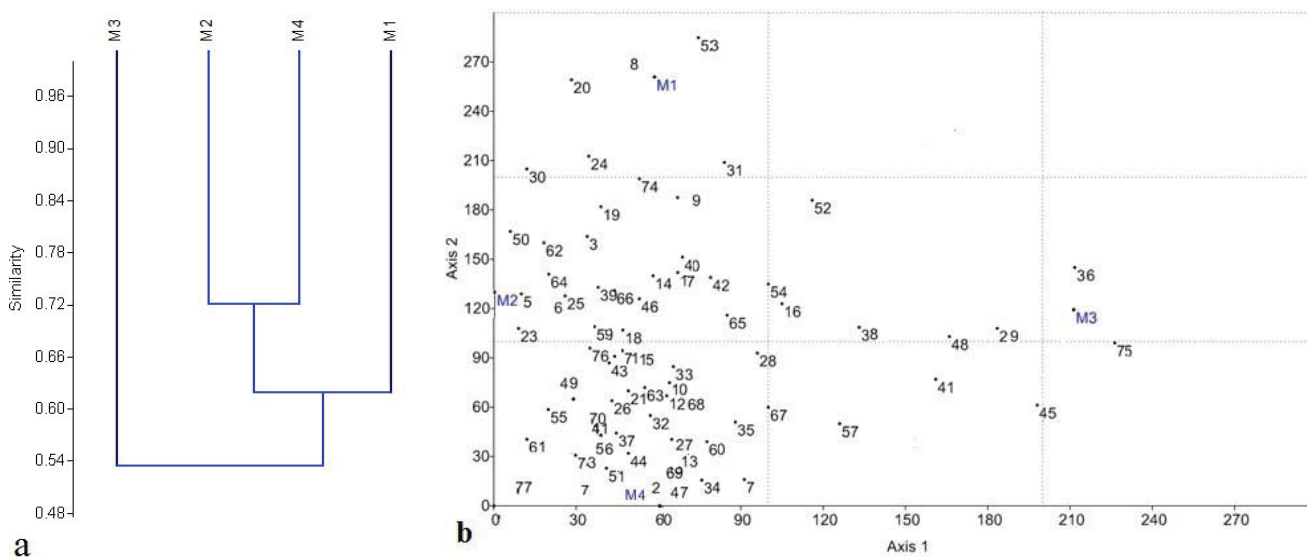


Figura 3. Análisis de similitud de Jaccard ($p= 0,87$) según el algoritmo de single linkage (a) y Análisis de correspondencia (CA) para las abundancias de los grupos faunísticos en los puntos de muestreo (b) de las estaciones El Canelo y Puerto Quinchana en el Macizo colombiano (Eigenvalues: axis 1= 0,63, axis 2= 0,09). El número asignado a cada grupo corresponde a la Tabla 1.

Blattidae, Coccinellidae, Culicidae, Forficulidae, Labiidae, Lepismatidae, Muscidae, Onychiuridae, Syrphidae y los grupos de arácnidos de los ordenes Opiliones y Pseudoscorpiones.

Conclusiones

Se encontraron diferencias en la composición, abundancia y diversidad de la fauna del suelo dependiendo del tipo de cobertura vegetal, con mayor similitud entre la fauna de los bosques de distintas zonas que entre bosques y pastizales de la misma localidad, por lo cual se deduce la influencia de la intervención de los ecosistemas naturales en la estructura biológica a escalas de paisaje.

La diversidad biológica disminuye con la profundidad del suelo independientemente del tipo de cobertura vegetal, a la vez que se pueden relacionar la presencia o abundancia de ciertos grupos en cada horizonte edáfico con la naturaleza y características físico-químicas de estos suelos representativos del Macizo colombiano.

Se evidencia la influencia de la deforestación de los bosques naturales en la diversidad faunística por la pérdida de muchos grupos que solo fueron registrados bajo coberturas boscosas.

Agradecimientos

A las comunidades de las veredas San Antonio y Puerto Quinchana, en el municipio de San Agustín (Huila) por toda su colaboración durante la fase de campo, al igual que al Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios ambientales (IDEAM) y a la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia.

Literatura Citada

- ARÉVALO C. 1997. Caracterización estratigráfica de insectos en la Amazonía colombiana. [Tesis de grado]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Fac Ciencias. 231 p.
- BERLESE A. 1905. Apparecchio per raccogliere presto ed in gran numero piccoli artropodi. *Redia*, 2: 85-90.
- BERNAL A, FIGUEROA G. 1985. Estudio comparativo de la entomofauna del pajonal paramuno y del bosque alto-andino de la región de Monserrate (Cund.). En: Sturm H, Rangel-Ch O, editores. Ecología de los páramos andinos: una visión preliminar integrada. Bogotá (Colombia): Universidad Nacional de Colombia. p 225-260.
- BISBY FA, RUGGIERO MA, WILSON KL, CACHUELA-PALACIO M, KIMANI SW, ROSKOV YR, SOULIER-PERKINS A, VAN HERTUM J. 2005. Species 2000 & ITIS Catalogue of Life: 2005 Annual Checklist. CD-ROM; Species 2000: Reading, U.K. Disponible URL: http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2005/info_how_to_cite.php
- BROWN K. 1991. Conservation of neotropical environments: insects as indicators. En: Collins N, Thomas J, editores. The conservation of insects and their habitats. London: Academic Press. p 350-423.
- CAMERO E. 2002. Fauna del suelo en bosques y cafetales de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 7(2):17-28.
- CAMERO E, DIAZ JE, SALINAS A, TÉLLEZ L, AGUDELO D. 2005. Estudio de la artrópofauna asociada a suelos de dos tipos de ecosistemas en la cuenca del río Cauca – Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 10(1):35-44.
- CAMERO E, CHAMORRO C. 1999. La fauna edáfica en bosques y plantaciones de coníferas de la Estación San Lorenzo-Sierra Nevada de Santa Marta. *Acta Biológica Colombiana*, 4(1):35-45.
- CHOWN SL, NICOLSON S. 2004. Insect physiological ecology: mechanisms and patterns. New York: Oxford University Press. 243 p.
- CORTÉS A, MALAGÓN D. 1984. Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples. Bogotá: Universidad Jorge Tadeo Lozano. 360 p.
- DINDAL D. 1990. Soil biology guide. New York: John Wiley & Sons Pub. 1349 p.
- ESPINAL L, MONTENEGRO E. 1972. Formaciones Vegetales de Colombia. Bogotá: Instituto Geográfico “Agustín Codazzi” (IGAC). 201 p.
- GARCIA M. 1987. La edafofauna de un bosque altoandino de la región de Monserrate. [Tesis de grado]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Fac Ciencias. 102 p.
- GASTON K. 1994. Rarity. Population and community biology series 13. New York: Chapman & Hall Pub. 205 p.
- GASTON K. 1996. Species range size distribution: patterns, mechanism and implications. *Trends in Ecology and Evolution*, 11(5): 197-200.
- GREENSLADE P. 1964. Pitfall trapping as a method for studying populations of Carabidae (Coleoptera). *Journal of Animal Ecology*, 33:301-310.
- GRIMALDI D, ENGEL MS. 2005. Evolution of the Insects. New York: Cambridge University Press. 755 p.
- GUILLOTT C. 2005. Entomology. 3rd Ed. New York: Springer-Verlag. 834 p.
- HALFFTER G, ESCURRA E. 1992. Que es la biodiversidad? En: Halffter G, editor. La diversidad biológica de Iberoamérica I. Acta Zoológica Mexicana. Xalapa (México): Programa iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo. p 3-24.

- HAMMER O, HARPER DAT, RYAN PD. 2001. PAST. Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica*, 4(1):1-9.
- HONORATO R. 2000. Manual de edafología. México: Ed. Alfaomega. 267 p.
- INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). 2001. El medio ambiente en Colombia. Bogotá (Colombia): 544 p. Disponible URL: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/000001/000001.htm>
- INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). 1995. Suelos de Colombia. Bogotá (Colombia): 632 p.
- JANZEN D. 1993. Sweep samples of tropical foliage insects: effects of seasons, vegetation types, elevation, time of day, and insularity. *Ecology*, 54(3):687-708.
- JOHNSON N, TRIPLEHORN C. 2005. Borrór and DeLong's introduction to the study of insects. 7ª ed. Belmont (U.S.A.): Thomson Brooks/Cole. 864 p.
- KREBS C.J. 1989. Ecological methodology. New York: Harper & Row Pub. 654 p.
- MACARTHUR RH. 1957. On the relative abundance of bird species. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 43: 293-295.
- MAGURRAN EA. 1989. Ecological diversity and its measurement. New Jersey (U.S.A.): Princeton University Press. 192 p.
- PRICE P. 1984. Insect ecology. 2nd edition. Chichester (U.S.A.): John Wiley & Sons. 607p.
- RANGEL O, AGUILAR M. 1995. Una aproximación sobre la diversidad climática en las Regiones Naturales de Colombia. En: Rangel O, editor. Colombia Diversidad Biótica I. Bogotá: Editorial Guadalupe Ltda. p 25-77. Disponible URL: http://www.colombiadiversidadbiotica.com/Sitio_web/LIBROS_DEL_I_AL_IV/Entradas/2011/3/28_COLOMBIA_DIVERSIDAD_BIOTICA_I.html
- RANGEL O, GARZON A. 1995. Macizo Central Colombiano. En: Rangel O, editor. Colombia Diversidad Biótica I. Bogotá: Editorial Guadalupe Ltda. p 121-139. Disponible URL: http://www.colombiadiversidadbiotica.com/Sitio_web/LIBROS_DEL_I_AL_IV/Entradas/2011/3/28_COLOMBIA_DIVERSIDAD_BIOTICA_I.html
- RODRÍGUEZ I. 2004. Insectos asociados al suelo en un transecto geográfico del Bosque Municipal de Mariquita (Tolima). [Tesis de Grado]. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Fac Ciencias. 102 p.
- SALAMANCA N. 1988. Contribución al conocimiento de la edafofauna del páramo de Monserrate, sector Hacienda Santa Bárbara (Cundinamarca, Colombia). [Tesis de grado]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Fac Ciencias. 102 p.
- SAMWAYS M. 1995. Insect conservation biology. London: Chapman & Hall. 358 p.
- SANCHEZ C, SILVA F, NOREÑA M, ASECIO R, BLANCO J. 1997. Breviario de Colombia. Bogotá: Ed. Panamericana. 406 p.
- SÁNCHEZ H, ARENAS G, ZULUAGA D. 1992. Estudio edafológico del área petrolera de Caño Limón (Arauca-Colombia). [Tesis de grado]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Fac Ciencias. 102 p.
- SARMIENTO G. 1984. Los Ecosistemas y la Ecósfera. Barcelona: Ed Blume. 272 p.
- SCHOWALTER T. 1985. Adaptations of Insects to disturbance. En: Pickett S y White P, editores. The ecology of natural disturbance and patch dynamics. London: Academic Press Inc. p 235-252.
- SCHOWALTER T. 2000. Insect Ecology: An Ecosystem Approach. Burlington (U.S.A.): Academic Press Inc. 483 p.
- SOULE M. 1986. Patterns of diversity and rarity. En: Soulé M, editor. Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity. Sunderland (U.S.A.): Sinauer Associates. p 117-121.
- STURM H, ABOUCHAAR A, DE BERNAL R, DE HOYOS C. 1970. Distribución de animales en las capas bajas de un bosque húmedo tropical de la región Carare-Opón (Santander, Colombia). *Caldasia*, 10(50): 529-578.
- SUAREZ V, LIFSCHITZ A, SALLOVITZ A, LANUSSE C. 2003. Effects of ivermectin and doramectin faecal residues on the invertebrate colonization of cattle dung. *Journal of Applied Entomology*, 127: 481-488.
- TULLGREN A. 1918. Ein sehr einfacher Ausleseapparat für terricole Tierfaunen. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 4: 149-150.
- VILLARREAL H, ÁLVAREZ M, CÓRDOBA S, ESCOBAR F, FAGUA G, GAST F, MENDOZA H, OSPINA M, UMAÑA AM. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de diversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá (Colombia): 236 p.
- WALLWORK JA. 1970. Ecology of soil animals. London: McGraw-Hill Pub. 283 p.