

Diversidad de escarabajos (Coleoptera, Staphylinidae) en bosques altoandinos restaurados de los Andes centrales de Colombia

Diversity of rove beetles (Coleoptera, Staphylinidae) in restored high-Andean forests from the Colombian Central Andes

DIANA M. MÉNDEZ-ROJAS^{1,2}, MARGARITA M. LÓPEZ-GARCÍA^{1,3} y ROCÍO GARCÍA-CÁRDENAS^{1,4}

Resumen: El conocimiento de la diversidad de estafilínidos en Colombia es aún escaso, y lo es aún más en ecosistemas de alta montaña que son uno de los hábitats más amenazados. En este estudio se caracterizó la comunidad de Staphylinidae en un paisaje alto andino en proceso de restauración ecológica, sobre los Andes Centrales. Utilizando características ambientales y de vegetación, se diferenciaron cinco elementos del paisaje: pastizal, plantación forestal, plantación forestal en regeneración, bosque secundario y bosque secundario maduro. Se definieron transectos lineales empleando sacos Winkler y necrotrampas como métodos de colecta. Se comparó la abundancia, riqueza y estructura de la comunidad entre los elementos; y se realizó una correlación múltiple para evaluar la relación entre algunas variables ambientales y la riqueza de estafilínidos. Se realizó un análisis de escalamiento multidimensional no métrico basado en la composición de especies de los sitios. El índice de complementariedad se usó como medida de diversidad beta. Se colectaron 3.065 individuos representando, 11 subfamilias, 34 géneros y 122 morfoespecies. Los valores de diversidad alfa fueron diferentes en los cinco elementos del paisaje, siendo mayor en los sitios con mayor regeneración. La abundancia y riqueza de estafilínidos se correlacionó negativamente con la temperatura del suelo y positivamente con la cobertura vegetal. Aunque la composición de especies fue estadísticamente diferente entre los sitios, no se encontró una separación entre los bosques secundarios y la plantación en regeneración. La alta diversidad beta de este paisaje altoandino evidencia su importancia para la conservación biológica.

Palabras clave: Diversidad de comunidades. Bosques de niebla. Reforestación.

Abstract: Rove beetle diversity in Colombia is still scarce and even more in high mountain ecosystems which are one of the most vulnerable habitats. So, community diversity of these insects was studied in a high-Andean landscape on the Colombian Central Andes, which is being ecologically restored. Pasture, forest plantation, regenerating forest plantation, secondary forest and mature secondary forest, were chosen by using environmental and vegetation features. In each landscape element, a linear transect was defined applying Winkler bags and carriontraps as collecting methods. Abundance, richness and community structure were compared between habitats. In order to correlate environmental variables with richness of staphylinids, a multiple correlation was carried out. A non-metrical multidimensional scaling analysis based on species composition was made for landscape elements. Complementarity Index was used as beta diversity measure. 3,065 specimens representing, 11 subfamilies, 34 genera and 122 morphospecies were collected. Alfa diversity between landscape elements was statistically different, being higher for sites with higher regeneration. Staphylinid abundance and richness were negatively correlated with soil temperature and positively with arboreal coverage percentage. Although species composition was statistically different between elements, a separation between secondary forest and regenerating plantation was not found. The high beta diversity values made evident the importance of high-Andean landscapes for biological conservation.

Key words: Community diversity. Cloud forests. Reforestation.

Introducción

Los bosques de niebla son uno de los ecosistemas más vulnerables y amenazados en todo el mundo (Anderson y Ashe 2000; Ray 2006). En Colombia, casi el 90% de las tierras que corresponden a estos bosques han sido deforestadas para su conversión a pastizales y cultivos agrícolas (Verweij *et al.* 2003; Rangel 2006; Armenteras *et al.* 2007). Como consecuencia, los paisajes de alta montaña han sufrido un deterioro de la estructura del suelo, pérdida de la capacidad de retención y almacenamiento del agua, y fuertes cambios en la estructura y composición de la fauna asociada a este (Van der Hammen 1998). Las plantaciones forestales han sido usadas como herramienta para contrarrestar el efecto de las perturbaciones sobre suelos, cuencas hidrográficas y como iniciativa para reforestar áreas degradadas (Murcia 1997; Cavelier y Santos 1999).

Los Andes Centrales colombianos no son la excepción, son considerados un mosaico de áreas de bosque secundario con regeneración natural, pasturas y plantaciones forestales (Cavelier y Santos 1999). *Alnus acuminata* Kunth, 1817, es una especie nativa, que ha sido usada para reforestar gran parte de estas áreas (Murcia 1997). Algunos estudios en plantaciones forestales han sugerido que la riqueza de escarabajos coprófagos, pasálidos y algunos artrópodos de suelo (Medina *et al.* 2002; Kattan *et al.* 2006; Kattan *et al.* 2010), puede ser comparable entre plantaciones de aliso y bosques secundarios; aunque en las plantaciones los recursos son más limitados y las densidades poblacionales son más bajas. Sin embargo, como no se tienen registros de la fauna de insectos previa a la reforestación en estas áreas, no se puede evaluar el papel que juegan estas plantaciones en la recuperación de la diversidad.

En la última década, los escarabajos han sido útiles en estudios de biología de la conservación debido a su fragi-

¹ Centro de Estudios e Investigaciones en Biodiversidad y Biotecnología (CIBUQ). Universidad del Quindío. A.A. 460. Armenia, Colombia. ² Bióloga. Universidad del Quindío. dianamendez04@gmail.com. Autor para correspondencia. ³ Bióloga. Universidad del Quindío. margaralopezg@gmail.com. ⁴ Bióloga entomóloga. M. Sc. Universidad del Quindío. rociogarcia06@yahoo.es.

lidad a las perturbaciones y a sus cortos ciclos de vida que permiten llevar a cabo programas de monitoreo a corto plazo (Andrade 1998; Wettstein y Schmid 1999; Werner y Raffa 2000). Su alta abundancia y diversidad ecológica ofrecen información sobre cambios en riqueza de especies y composición de grupos locales, convirtiéndolo en uno de los grupos más utilizados como indicador biológico (Andrade 1998; Didham *et al.* 1998; Bohac 1999; Lozada *et al.* 2004; New 2007). Staphylinidae, la familia más diversa de escarabajos y del reino animal con 55.440 especies descritas (Grebennikov y Newton 2009), ha sido utilizada como grupo indicador de cambios ambientales, para medir el impacto humano sobre la biodiversidad y para comparar hábitats con diferente cobertura vegetal (Bohac 1999; Pohl *et al.* 2008). Además los estafilínidos han sido de gran importancia como herramienta para la priorización de áreas de conservación (Anderson y Ashe 2000).

En Colombia, los trabajos ecológicos de los últimos años han permitido conocer un poco más la estafilinofauna del país. Estos se han concentrado principalmente en la Cordillera Occidental (García *et al.* 2001; García y Chacón 2005; Gutiérrez-Chacón y Ulloa-Chacón 2006) y en la Cordillera Central (Gutiérrez-Chacón *et al.* 2009; Méndez-Rojas *et al.* 2009) indicando la alta diversidad de estos escarabajos en los Andes colombianos. Por lo que es importante resaltar los altos valores de recambio de especies entre fragmentos de bosque seco (García y Chacón 2005), bosque premontano (Méndez-Rojas *et al.* 2009) y a través de gradientes altitudinales (Gutiérrez-Chacón *et al.* 2009). Además se ha observado la respuesta de la comunidad de estafilínidos a los cambios del uso del suelo en sistemas productivos (Sanabria *et al.* 2008) y en coberturas naturales (Vásquez-Vélez *et al.* 2010).

Dada la enorme diversidad que presenta este grupo de escarabajos a nivel mundial y su escaso conocimiento en el país, es importante incrementar el número de estudios y caracterizaciones en diferentes zonas o regiones. Reconociendo la necesidad de evaluar el papel de las plantaciones forestales en los bosques altoandinos colombianos, este estudio evaluó la diversidad de escarabajos estafilínidos en un paisaje de alta montaña de la Cordillera Central (Quindío, Colombia), comparando hábitats en diferentes etapas de restauración ecológica.

Materiales y Métodos

Área de estudio. Este estudio se llevó a cabo en la Reserva Natural La Sonadora, finca La Merced (4°26'17,6"N 75°37'21,3"W) ubicada en el municipio de Calarcá (Quindío), sobre la vertiente occidental de la Cordillera Central. Las áreas de muestreo se ubican entre los 3.000 a 3.150 msnm y hacen parte de las 2.000 ha que el Comité de Cafeteros del Quindío ha destinado para la conservación y restauración ecológica de la cuenca alta de los ríos Santo Domingo y Río Verde (Baquero *et al.* 2010). El paisaje se caracteriza por ser un mosaico de áreas de vegetación en diferentes estados sucesionales rodeado por una matriz extensa de bosque continuo.

Muestreo. Durante la fase de muestreo se seleccionaron cinco sitios en los que se ha realizado restauración con especies forestales. Teniendo en cuenta la composición de la vegetación y su estado sucesional (Baquero *et al.* 2010), se caracterizaron las siguientes categorías: un pastizal (PAS), una plantación forestal de alisos (PF), una plantación forestal en regeneración (PFR), un bosque secundario (BS) y un bosque maduro (BM) (Tabla 1).

Se realizaron cuatro eventos de muestreo cada dos meses, entre diciembre de 2008 y julio de 2009. En cada sitio se trazó un transecto lineal (100 x 2 m) usando de forma intercalada necrotrampas y sacos Winkler como métodos de colecta en las 11 estaciones de muestreo separadas cada 10 m (García *et al.* 2001; Villarreal *et al.* 2006). Las necrotrampas se dejaron actuar por 24 h, usando pescado descompuesto como cebo. El método Winkler se realizó colectando 1 m² de hojarasca, la cual se cernió y secó en sacos de tela por 48 h. En cada estación de muestreo se registró la temperatura del aire y del suelo, la humedad relativa y el porcentaje de cobertura vegetal arbórea.

Determinación taxonómica. Los estafilínidos fueron determinados taxonómicamente y depositados en la Colección de Insectos de la Universidad del Quindío (CIUQ). Para la determinación a subfamilia y género se usaron claves dicotómicas (Navarrete-Heredia *et al.* 2002) y algunas determinaciones fueron revisadas por especialistas. Además, con el objetivo de validar la identidad taxonómica de las especies, se realizó

Tabla 1. Localización, edad y características de vegetación de las cinco categorías de hábitat estudiadas. PAS: pastizal, PF: plantación forestal, PFR: plantación forestal en regeneración, BS: bosque secundario, BM: bosque maduro.

Sitio	Ubicación	Altura (msnm)	Edad (Años)	Cobertura Vegetal (%)	Vegetación predominante
PAS	4°26'19.1"N, 75°37'21.3"W	3.041 - 3.046	-	0,00	Poaceae
PF	4°26'6.3"N, 75°37'17"W	3.054 - 3.063	5	46,04	<i>Alnus acuminata</i>
PFR	4°26'9.3"N, 75°37'22.3"O	3.134 - 3.138	10	75,05	<i>Chusquea</i> sp., <i>Alnus acuminata</i> , <i>Aphelandra acanthus</i> ,
BS	4°26'5.8"N, 75°37'17.5"W	3.040 - 3.080	15	69,53	<i>Cestrum humboldtdii</i> , <i>Chusquea</i> sp., <i>Alnus acuminata</i> ,
BM	4°26'14.5"N, 75°37'30"W	3.021 - 3.065	20	81,59	<i>Freziera canescens</i> , <i>Palicourea ovalis</i> , <i>Roupala pachypoda</i> , <i>Viburnum pinchinchense</i> , <i>Oreopanax floribundus</i>

la extracción e ilustración del *aedeagus* en los géneros que presentaron varias especies y se usaron las Unidades Operacionales Taxonómicas (UOT) como sustitutos de las especies (Oliver y Beattie 1993, 1996).

Análisis de datos. La eficiencia de muestreo se estimó mediante curvas de acumulación de especies usando el estimador no paramétrico Jackknife 1 (EstimateS V 6.0b1, Colwell 2000). Para comparar la riqueza de especies entre los elementos del paisaje con porcentaje de cobertura vegetal mayor al 40%, se realizaron curvas de rarefacción (BioDiversity Pro, McAleece *et al.* 1997). La diversidad alfa se evaluó usando el índice de Shannon (H') y el índice de dominancia de Simpson (D) (EstimateS V 6.0b1, Colwell 2000). La diversidad beta se obtuvo a partir de la comparación del recambio de especies entre los elementos del paisaje, usando el índice de complementariedad (IC) (Colwell y Coddington 1994).

Con el fin de comparar los valores de los índices de Shannon, abundancia y riqueza de especies, se realizó un ANOVA y una prueba *a posteriori* de Tukey (SPSS 17.0) y se evaluó la correlación de las variables ambientales (Humedad relativa, temperatura ambiental y suelo) y la cobertura arbórea con la riqueza de estafilínidos por medio de una regresión múltiple (Hammer *et al.* 2001). El escalamiento multidimensional no métrico (NMS) permitió relacionar la composición de los escarabajos estafilínidos con los estados sucesionales, a través del programa PAST (Hammer *et al.* 2001), empleado el índice de Bray-Curtis como medida de distancia. La prueba de bondad de ajuste fue estimada con la función de Stress, cuyo rango de medida va de 0 a 1, siendo los valores cercanos a 0 indicadores de un buen ajuste. Para detectar diferencias en la composición de especies entre elementos del paisaje, se usó el análisis de similitudes (ANOSIM, Hammer *et al.* 2001), el cual pone a prueba la hipótesis de no diferencia entre grupos (elementos).

Resultados y Discusión

Patrones generales de la comunidad de estafilínidos. Se encontraron 3065 individuos durante todo el muestreo, distribuidos en 11 subfamilias, 34 géneros y 122 morfoespecies. Las subfamilias más abundantes fueron Aleocharinae (69,6%), Staphylininae (15,3%), Pselaphinae (4,7%), Osoriinae (3,6%) y Tachyporinae (3,1%); aunque estos porcentajes cambian cuando se observa la riqueza de especies en las subfamilias, siendo Aleocharinae (33,6%) la más rica, seguida de Staphylininae (21,3%), Pselaphinae (14,7%) y Paederinae (13,1%). *Neobisnius*, *Belonuchus*, *Holotrochus* y *Sepeodophilus* fueron los géneros más abundantes (Tabla 2). Por otro lado, Omaliinae, Megalopsidiinae y Proteininae fueron menos representativas tanto en abundancia como en riqueza. Las dos primeras subfamilias han sido raramente colectadas en Colombia (Vásquez-Vélez *et al.* 2010), mientras que Proteininae se registra por primera vez para el país con la descripción de *Megarhthrus andinus* (López-García *et al.* 2011), colectada en la Reserva Natural La Sonadora y restringida al BM.

Aunque en ninguno de los sitios se colectó el 100% de las especies, en todos ellos se alcanzó porcentajes de representatividad superiores al 55%. PFR, BS, BM mostraron los porcentajes de representatividad más altos, mientras que el porcentaje más bajo fue para PAS (Tabla 3). Esta efectividad de muestreo puede considerarse aceptable, ya que en grupos

taxonómicos altamente diversos como Staphylinidae es difícil alcanzar una curva asintótica, y más aún en hábitats tropicales (Novotny y Basset 2000; Jiménez-Valverde y Hortal 2003; Magurran 2004).

PFR tuvo un número de especies observado y esperado más alto que los otros elementos (Jack1 = 91.36). Sin embargo, las curvas de rarefacción indicaron que BS es el hábitat más rico en especies de estafilínidos (Fig. 1), coincidiendo con los valores de diversidad estimados por los índices de Shannon y Simpson. Aunque estos resultados son contradictorios con la riqueza estimada por Jack 1, la rarefacción es un análisis más confiable debido a que permite la comparación de la riqueza entre diferentes sitios y no se ve afectado por la abundancia en cada uno de estos (Gotelli y Colwell 2001; Colwell *et al.* 2004). Al comparar los elementos del paisaje se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el índice de Shannon ($F = 223.74$; $P = 0.0001$), la abundancia ($F = 11.69$; $P = 0.0001$) y la riqueza ($F = 37.846$; $P = 0.0001$) (Fig. 2). Asimismo, al realizar la prueba *a posteriori* de Tukey HSD para las tres variables, el pastizal se diferenció de los demás elementos del paisaje y el BS se diferenció tanto de PFR como de BM en cuanto a la riqueza y al índice de Shannon ($P \leq 0.05$).

Por lo tanto, la alta riqueza y diversidad del BS puede deberse a la presencia de áreas de *Chusquea* y zonas de alta perturbación con claros de bosque, como ha sido encontrado para especies de invertebrados (Niemela *et al.* 1996) y estafilínidos (Sanabria *et al.* 2008) en sitios con alta heterogeneidad vegetal. A pesar de que la PFR y el BM mostraron valores observados de riqueza más altos, la comunidad de estafilínidos no fue la más equitativa ya que pocas especies tuvieron entre 50 y 200 individuos, mientras que muchas otras estuvieron representadas por un único individuo. Estas especies se consideran como raras o visitantes afectando la diversidad local al sobrestimar la riqueza o subestimar la equitatividad de las comunidades biológicas (Magurran 2004; Halffter y Moreno 2005).

Respecto a la relación entre las variables ambientales y la cobertura vegetal con la riqueza de estafilínidos, se encontró dependencia entre algunas de estas variables ($F = 27.52$; $P = 4.2 \text{ E-}12$; $R^2 = 0.6877$), evidenciando la respuesta de la comunidad de estafilínidos a las características físicas del hábitat (Peck y Thayer 2003; Pohl *et al.* 2008). De esta manera, la riqueza de estafilínidos es mayor cuando disminuye la temperatura del suelo ($R^2 = 0.66$; $t = -1.57$; $P = 0.01$) y cuando los porcentajes de cobertura vegetal aumentan ($R^2 = 0.64$;

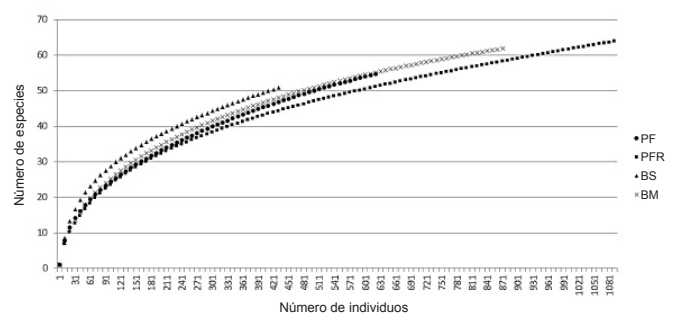


Figura 1. Curvas de rarefacción de estafilínidos para los elementos del paisaje con cobertura arbórea mayor al 40%. PF: plantación forestal, PFR: plantación forestal en regeneración, BS: bosque secundario, BM: bosque maduro.

Tabla 2. Escarabajos estafilínidos colectados en la Reserva Natural La Sonadora, finca La Merced (Calarcá, Quindío) en PAS: pastizal, PF: plantación forestal, PFR: plantación forestal en regeneración, BS: bosque secundario, BM: bosque maduro, UT: Unidades Operacionales Taxonómicas.

SUBFAMILIA	Tribu/Subtribu/Género	UT	PAS	PF	PFR	BS	BM	TOTAL	
Aleocharinae	Indeterminados	39	15	390	892	207	612	2116	
	Falagriini <i>Aleodorus</i>	2	0	5	6	5	8	24	
Megalopsidiinae	<i>Megalopinus</i>	1	0	4	0	2	0	6	
Omaliinae	Omaliini <i>Phloeonomus</i>	3	0	1	0	0	6	7	
Osoriinae	Osorini <i>Holotrocus</i>	1	3	2	24	46	36	111	
Oxytelinae	Oxytelini <i>Anotylus</i>	2	2	1	1	0	15	19	
Paederinae	Paederini								
	Género 1		1	0	0	1	0	0	1
	Dolicaonina	Género 1	1	0	0	4	1	0	5
		Género 2	1	0	0	0	0	1	1
	Echiasterina	<i>Echiaster</i>	3	0	10	4	3	0	17
	Medonina	<i>Thinocharis</i>	2	0	3	0	1	2	6
	Paederiina	Género 1	1	0	1	0	0	2	3
		Género 2	1	0	1	4	0	0	5
		Género 3	1	0	0	0	0	1	1
	Stilicopsina	<i>Dibelonetes</i>	1	0	0	0	0	1	1
	Pinophilini	<i>Oedirichirus</i>	1	0	0	0	1	0	1
	Procirrina	<i>Palaminus</i>	3	0	0	1	0	2	3
Pselaphinae	Batrisini <i>Arthmius</i>		1	1	32	8	20	5	66
	Género 1		1	1	0	0	0	0	1
	Goniacerini <i>Listriophorus</i>		1	0	0	1	0	0	1
	Jubini	<i>Arctophysis</i>	3	1	5	3	8	3	20
		<i>Jubus</i>	1	0	0	0	8	0	8
		<i>Sebaga</i>	1	0	1	0	0	0	1
		Género 1	1	0	0	0	1	1	2
		Género 2	1	0	0	0	1	0	1
	Phalepsini <i>Phalepsus</i>		1	0	0	1	0	0	1
	Trogastrini	<i>Rhexinia</i>	1	0	0	15	9	0	24
		<i>Rhexiola</i>	1	0	0	0	1	0	1
		<i>Rhexius</i>	1	0	0	0	0	1	1
		<i>Ephimia</i>	1	0	0	0	2	0	2
		<i>Hamotus</i>	1	0	1	4	4	0	9
	Género 1	Gn. sp.1	1	3	0	1	0	3	7
Género 2	Gn. sp.1	1	0	0	0	1	0	1	
Proteininae	Proteinini <i>Megarthus andinus</i>		1	0	0	0	0	4	4
Staphylininae	Staphylinini								
	Amblyopinina	<i>Heterothops</i>	1	0	0	9	13	21	43
		<i>Belonuchus</i>	3	1	51	34	20	41	147
	Philonthina	<i>Chroaptomus</i>	1	0	0	0	1	0	1
		<i>Leptopeltus</i>	1	0	2	1	0	0	3
		<i>Neobisnius</i>	8	1	66	22	11	63	163
		<i>Pescolinus</i>	1	1	0	0	0	0	1
		Género 1	1	0	1	1	0	0	2
		Género 2	1	0	0	0	1	1	2
	Quediina	Género 1	1	0	2	5	12	9	28
		Género 2	1	0	0	8	3	0	11
		Género 3	1	0	0	0	0	2	2
	Staphylinina	<i>Platydracus</i>	1	0	1	0	0	0	1
	Xanthopygina	<i>Styngetus</i>	2	0	0	0	1	1	2
		Género 1	1	0	0	0	1	0	1
	Xantholinini								
<i>Lithocharodes</i>		1	0	14	17	16	9	56	
<i>Lyssohypnus</i>		1	0	1	0	0	0	1	
Steninae	<i>Stenus</i>	5	0	8	13	2	4	27	
Tachyporinae	Tachyporini	<i>Bryoporus</i>	2	0	9	3	3	5	20
		<i>Sepedophilus</i>	6	0	15	15	29	18	77
TOTAL		-	29	627	1098	434	877	3065	

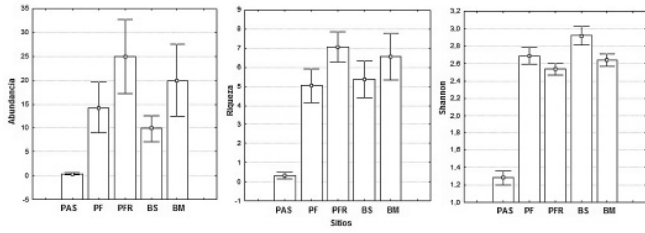


Figura 2. Gráfico de medias (Intervalos de confianza 0.95) del índice Shannon, la abundancia y riqueza de estafilínidos en los diferentes sitios muestreados. PAS: pastizal, PF: plantación forestal, PFR: plantación forestal en regeneración, BS: bosque secundario, BM: bosque maduro.

$t = 2.54$; $P = 0.01$); mientras que no se ve afectada por la temperatura ambiental ($R^2 = 0.24$; $t = 0.06$; $P = 0.95$) ni por la humedad relativa ($R^2 = 0.23$; $t = 1.11$; $P = 0.26$). Asimismo se han encontrado efectos similares de la temperatura del suelo y la cobertura vegetal sobre la diversidad de escarabajos estafilínidos (Woodcock *et al.* 2005; Hofmann y Mason 2006; Sanabria *et al.* 2008).

Composición de la comunidad de estafilínidos. El recambio de especies fue alto entre el pastizal y los elementos del paisaje con cobertura de dosel, debido en gran parte a que estos últimos presentaron mayor riqueza de especies. Aunque la complementariedad más alta se observó entre PAS, PF y BS (Tabla 4), la mayoría de los valores IC fueron cercanos a 1. De este modo, la composición de la comunidad de estafilínidos fue diferente en cada elemento muestreado, dado que el 44,26% de las morfoespecies colectadas durante el estudio fueron exclusivas de las diferentes coberturas evaluadas. El elemento con mayor número de especies exclusivas fue BM (17), seguido de PFR y BS (12); mientras que PF solo muestra 9 especies (Tabla 2). En consecuencia estas especies exclusivas contribuyen a los altos valores de diversidad beta y heterogeneidad en este paisaje altoandino (Halffter y Moreno 2005). Además tasas de recambio similares han sido encontradas entre parches boscosos (García *et al.* 2001; García y Chacón 2005) y entre sistemas productivos con diferentes usos de tierra (Sanabria *et al.* 2008). Por lo tanto, los distintos elementos del paisaje, principalmente los bosques, han recibido gran importancia para la protección y conservación debido a que son hábitats exclusivos para muchas especies (Olson 1994; García *et al.* 2001).

De la misma manera, tanto el análisis de similitud ANOSIM ($R = 0.377$; $P = 0.0001$) como el escalamiento multidimensional no métrico (NMS, Stress 0.157; $P = 0.01$) mostraron diferencias significativas en la composición de escara-

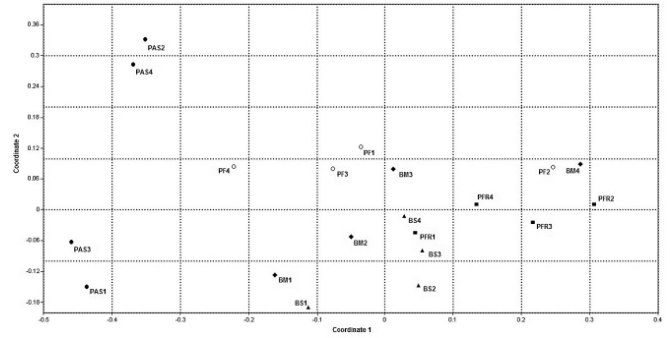


Figura 3. Ordenamiento de las repeticiones de los elementos del paisaje, utilizando un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMS).

bajos estafilínidos entre los elementos del paisaje evaluados. El pastizal se separó de los elementos con mayor cobertura arbórea; y a su vez PF puede distinguirse del resto de las coberturas. Esta diferenciación muestra el efecto negativo que tiene la conversión de tierras sobre la diversidad de estafilínidos (Andersen y Elten 2000; Pohl *et al.* 2007). Sin embargo no se logra una diferenciación concreta entre las plantaciones forestales en regeneración y los bosques secundarios (Fig. 3), indicando que estas comparten características físicas y biológicas con los bosques de la zona (Baquero *et al.* 2010).

Por lo tanto, a pesar de su evidente grado de perturbación antrópica, las plantaciones forestales albergan una riqueza de escarabajos estafilínidos comparable a los bosques secundarios. Estos resultados pueden ser soportados por trabajos realizados con artrópodos de hojarasca (Kattan *et al.* 2006) y escarabajos pasálidos (Kattan *et al.* 2010). Además, según Lachat (2004) las plantaciones son lugares que albergan diversidad biológica y permiten mitigar las presiones antrópicas. Por otro lado, dado que estos ecosistemas no son regenerados naturalmente, pueden incrementar su diversidad local como resultado de su heterogeneidad o su cercanía a parches de bosque en regeneración natural (Barlow *et al.* 2007).

A pesar de que los ecosistemas altoandinos han sido considerados menos diversos que aquellos localizados en altitudes menores (Anderson y Ashe 2000), el análisis realizado en este trabajo muestra que estos bosques de alta montaña albergan una alta riqueza y abundancia de escarabajos estafilínidos. Además la heterogeneidad de este paisaje en proceso de reforestación permite que cada elemento contribuya con diferentes especies, muchas de las cuales están restringidas a cierta clase de hábitat o aún pueden considerarse endémicas del área de estudio, llegando a ser un ecosistema prioritario para la conservación biológica (Bubb *et al.* 2004).

Tabla 3. Riqueza observada y estimada de especies de estafilínidos en los elementos del paisaje muestreados.

Elementos	Abundancia	Riqueza observada	Riqueza estimada		Índice Shannon	Índice Simpson
			Jack 1	(%)		
PAS	29	15	26.73	55,7	2.444	0.079
PF	627	55	83.34	65,99	2.915	0.081
PFR	1098	64	91.36	70,05	2.690	0.123
BS	434	51	71.52	71,31	3.182	0.056
BM	877	62	85.45	72,56	2.779	0.123

Tabla 4. Valores del índice de complementariedad (IC) y número de especies compartidas (Negrilla), estimado para los cinco elementos muestreados.

Elementos	Riqueza	PAS	PF	PFR	BS	BM
PAS	15	*	10	10	9	11
PF	55	0.833	*	35	26	27
PFR	64	0.855	0.583	*	32	32
BS	51	0.842	0.675	0.614	*	25
BM	62	0.833	0.7	0.66	0.716	*

Agradecimientos

Las autoras agradecen al Comité Departamental de Cafeteros del Quindío y al Centro de Estudios e Investigaciones en Biodiversidad de la Universidad del Quindío (CIBUQ) por el apoyo logístico y financiero. A J. L. Navarrete-Heredia, A.F. Newton, G. Cuccodoro y A. Asenjo por su ayuda en la determinación taxonómica y donación de bibliografía. A Carlos Soto por su colaboración en el trabajo de campo.

Literatura citada

- ANDERSON, R. S.; ASHE J. S. 2000. Leaf litter inhabiting beetles as surrogates for establishing priorities for conservation of selected tropical montane cloud forests in Honduras, Central America (Coleoptera; Staphylinidae, Curculionidae). *Biodiversity and Conservation* 9 (5): 617-653.
- ANDERSEN, A.; ELTEN, R. 2000. Long-term developments in the carabid and staphylinid (Col., Carabidae and Staphylinidae) fauna during conversion from conventional to biological farming. *Journal of Applied Entomology* 124 (1): 51-56.
- ANDRADE, M. G. 1998. Utilización de las mariposas como bioindicadoras del tipo de hábitat y su diversidad en Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Físicas, Exactas y Naturales* 22 (84): 407-421.
- ARMENTERAS, D.; CADENA-V, C.; MORENO, R. P. 2007. Evaluación del estado de los bosques de niebla y la meta 210 en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá D.C. 72 p.
- BAQUERO, J. C.; DUQUE, J.M.; GÓMEZ, G. D. 2010. Composición florística en La Sonadora, Calarcá, Quindío. *Comité de Cafeteros*. 64 p.
- BARLOW, J.; GARDNER, T. A.; ARAUJO, I. S.; ÁVILA-PIRES, T. C.; BONALDO A. B.; COSTA J. E.; ESPOSITO, M.C.; FERREIRA, L.V.; HAWES, J.; HERNANDEZ, M.I.; HOOGLMOED, M. S.; LEITE, R. N.; LO-MAN-HUNG, N. F.; MALCOLM, J. R.; MARTINS, M. B.; MESTRE, L. A. M.; MIRANDA-SANTOS, R.; NUNES-GUTJAHR, A. L.; OVERAL, W. L.; PARRY, L.; PETERS, S.L.; RIBEIRO-JUNIOR, M. A.; DA SILVA, M. N. F.; DA SILVA MOTTA, C.; PERES, C. A. 2007. Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests. *Proceedings of the Natural Academy of Sciences of the United States of America* 104 (47): 18555-18560.
- BOHAC, J. 1999. Staphylinid beetles as bioindicators. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 357-372.
- BUBB, P.; MAY, I.; SAYER, J. 2004. *Cloud Forest Agenda*. UNEP-WCMC, Cambridge, UK. Available from URL: www.unep-wcmc.org/resources/publications/UNEP_WCMC_bio_series/20.htm. [Fecha revisión: 31 enero 2010].
- CAVELIER, J.; SANTOS, C. 1999. Efectos de plantaciones abandonadas de especies exóticas y nativas sobre la regeneración natural de un bosque montano en Colombia. *Revista de Biología Tropical* 47 (4): 775-784.
- COLWELL, R. K.; CODDINGTON, J. A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 345: 101-118.
- COLWELL, R. K. 2000. Estimate-S. Versión 6.0b1. Disponible en: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates> Fecha revisión: 25 noviembre 2009.
- COLWELL, R. K.; MAO, C. X.; CHANG, J. 2004. Interpolando, extrapolando y comparando las curvas de acumulación de especies basadas en su incidencia. pp. 73-84. En: Halffter, G.; Soberón, J.; Kollet, P.; Melic, A. (Eds.). *Sobre diversidad biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. Monografías Tercer Milenio: Sociedad Entomológica Aragonesa, España. 242 p.
- DIDHAM, R. K.; HAMMOND, P. M.; LAWTON, J. H.; EGGLETON, P.; STORK, N. E. 1998. Beetle species responses to tropical forest fragmentation. *Ecological Monographs* 68 (3): 295-323.
- GARCÍA, R.; ARMBRECHT, I.; ULLOA-CHACÓN P. 2001. Staphylinidae: Coleoptera. Composición y mirmecofilia en bosques secos relictuales de Colombia. *Folia Entomológica Mexicana* 40 (1): 1-10.
- GARCÍA, R.; CHACÓN, P. 2005. Estafilínidos (Coleoptera: Staphylinidae) en fragmentos de bosque seco del valle geográfico del río Cauca. *Revista Colombiana de Entomología* 31(1): 43-50.
- GOTELLI, N. J.; COLWELL, R. K. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters* 4: 379-391.
- GREBENNIKOV, V.V.; NEWTON, A. F. 2009. Good-bye Scydmaenidae, or why the ant-like stone beetles should become megadiverse Staphylinidae *sensu latissimo* (Coleoptera). *European Journal of Entomology* 106: 275-301.
- GUTIÉRREZ-CHACÓN, C.; ULLOA-CHACÓN, P. 2006. Composición de estafilínidos (Coleoptera: Staphylinidae) asociados a hojarasca en la Cordillera Oriental de Colombia. *Folia Entomológica Mexicana* 45 (002): 69-81.
- GUTIÉRREZ-CHACÓN, C.; ZUÑIGA, M. C.; VAN BODEGON, P. M.; CHARÁ, J.; GIRALDO, L. P. 2009. Rove Beetles (Coleoptera: Staphylinidae) in Neotropical riverine landscapes: characterizing their distribution. *Insect Conservation and Diversity* 2: 106-115.
- HALFFTER, G.; MORENO, C. E. 2005. Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma. pp. 5-18. En: Halffter, G.; Soberón, J.; Kollet, P.; Melic, A. (Eds.). *Sobre diversidad biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. Monografías Tercer Milenio: Sociedad Entomológica Aragonesa, España. 242 p.
- HAMMER, Ø.; HARPER, D.; RYAN, P. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1). Disponible en: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- HOFMANN, T. A.; MASON, C. F. 2006. Importance of management on the distribution and abundance of Staphylinidae (Insecta: Coleoptera) on coastal grazing marshes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114 (2): 397-406.
- JIMÉNEZ-VALVERDE, A.; HORTAL, J. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología* 8 (31): 151-161.
- KATTAN, G. H.; CORREA, D.; ESCOBAR, F.; MEDINA, C. A. 2006. Leaf-litter arthropods in restored forests in the Colombian Andes: a comparison between secondary forest and tree plantations. *Restoration Ecology* 14 (1): 95-102.
- KATTAN, G. H.; MURCIA, C.; GALINDO-CARDONA, A. 2010. An evaluation of bess beetles (Passalidae) and their resource base in a restored Andean forest. *Tropical Conservation Science* 3 (3): 334-343.
- LACHAT, T. 2004. The impact of forest management on saproxylic beetles and other arthropods in a semi-deciduous forest in Southern Benin. PhD Thesis, University of Basel, Faculty of Science. Available from URL: edoc.unibas.ch/239/1/DissB_6950.pdf
- LÓPEZ-GARCÍA, M.; MÉNDEZ-ROJAS, D.; NAVARRETE-HEREDIA, J. L. 2011. First record and a new species of *Megarthritis* (Staphylinidae: Proteininae) for the Colombian Central Andes. *Zootaxa* 2916: 62-64.
- LOZADA, A.; FERNÁNDEZ, I.; TRUJILLO, M. 2004. Lista Preliminar de los Coleópteros (Insecta, Coleoptera) de Topes de Collantes, Trinidad, Sancti Spiritus, Cuba. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa* (34): 101-106.
- MAGURRAN, A. E. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing: Oxford, UK. 250 p.
- McALECE, N.; LAMBSHEAD, J.; PATTERSON, G.; GAGE, J. 1997. *BioDiversity professional*. The Natural History Museum and the

- Scottish Association for Marine Science. Available from URL: www.sams.ac.uk/dml-/projects/benthic/dbpro/index.htm. [Fecha revisión:]
- MEDINA, C. A.; ESCOBAR, F.; KATTAN, G. H. 2002. Diversity and habitat use of dung beetles in a restored Andean landscape. *Biotrópica* 34 (1): 181-187.
- MÉNDEZ-ROJAS, D.; LÓPEZ-GARCÍA, M.; GARCÍA-CÁRDENAS, R. 2009. Diversidad de escarabajos (Coleoptera: Staphylinidae) en dos localidades del departamento del Quindío. *Boletín Científico Museo de Historia Natural* 13 (2): 148-156.
- MURCIA, C. 1997. Evaluation of Andean alder as a catalyst for the recovery of tropical cloud forests in Colombia. *Forestry Ecology and Management* 99: 163-170.
- NAVARRETE-HEREDIA, J. L.; NEWTON, A. F.; THAYER, M. K.; ASHE, J. S.; CHANDLER, D. S. 2002. Guía ilustrada para los géneros de Staphylinidae (Coleoptera) en México. Universidad de Guadalajara y CONABIO, México. 401 p.
- NEW, T. R. 2007. Beetle and Conservation. *Journal of Insect Conservation* 11 (1): 1-4.
- NIEMELA, E. J.; HAILA, Y.; PUNTTILA, P. 1996. The importance of small scale heterogeneity in boreal forests: variation in diversity in forest-floor invertebrates across the successional gradient. *Ecography* 19 (3): 352-368.
- NOVOTNY, V.; BASSET, Y. 2000. Rare species in communities of tropical insect herbivores: pondering the mystery of singletons. *Oikos* 89 (3): 564-572.
- OLIVER, I.; BEATTIE, A. J. 1993. A possible method for the rapid assessment of biodiversity. *Conservation Biology* 7: 562-568.
- OLIVER, I.; BEATTIE, A. J. 1996. Invertebrate morphospecies as surrogates for species: a case study. *Conservation Biology* 10: 99-109.
- OLSON, D. M. 1994. The distribution of the leaf litter invertebrates along a Neotropical altitudinal gradient. *Journal of Tropical Ecology* 10 (2): 129-150.
- PECK, S. B.; THAYER, M. K. 2003. The Cave-inhabiting rove beetles of the United States (Coleoptera; Staphylinidae; excluding Aleocharinae and Pselaphinae): Diversity and distributions. *Journal of Cave and Karst Studies* 65 (1): 3-8.
- POHL, G. R.; LANGOR, D. W.; SPENCE, J. R. 2007. Rove beetles and ground beetles (Coleoptera: Staphylinidae, Carabidae) as indicators of harvest and regeneration practices in western Canadian foothills forests. *Biological Conservation* 137 (2): 294-307.
- POHL, G.; LANGOR, D.; KLIMASZEWSKI, J.; WORK, T.; PAQUIN, P. 2008. Rove beetles (Coleoptera: Staphylinidae) in northern Nearctic forests. *Canadian Entomologist* 140 (4): 415-436.
- RANGEL, J. O. 2006. The Biodiversity of the Colombian Paramo and Its Relation to Anthropogenic Impact. pp.103-117. En: Spehn, E. M.; Liberman, M.; Körner, C. (Eds.). *Land Use Change and Mountain Biodiversity*. Taylor & Francis Group Press. 362 p.
- RAY, D. K.; NAIR, U. S.; LAWTON, R. O.; WELCH, R. M.; PIELKE Sr., R. A. 2006. Impact of land use on Costa Rican tropical montane cloud forests: Sensitivity of orographic cloud formation to deforestation in the plains. *Journal of Geophysical Research* 111 (4206): 1-16.
- SANABRIA, C.; ARMBRECHT, I.; GUTIÉRREZ-CHACÓN, C. 2008. Diversidad de estafilínidos (Coleoptera: Staphylinidae) en cinco sistemas productivos de los Andes Colombianos. *Revista Colombia de Entomología* 34 (2): 217-228.
- VAN DER HAMMEN, T. 1998. Páramos. pp.10-37. En: Chaves, M. E.; Arango, N. (Eds.). *Ecosistemas terrestres. Informe Nacional sobre el Estado de la Biodiversidad*. Tomo I. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Colombia. 545 p.
- VÁSQUEZ-VÉLEZ, L. M.; BERMÚDEZ, C.; CHACÓN, P.; LOZANO-ZAMBRANO, F. H. 2010. Analysis of the richness of Staphylinidae (Coleoptera) on different scales of a sub-Andean rural landscape in Colombia. *Biodiversity and Conservation* 19 (7): 1917-1931.
- VERWEIJ, P. A.; KOK, K.; BUDDE, P. E. 2003. Aspectos de la transformación del páramo por el hombre. En: Van der Hammen, T.; Dos Santos, A.G. (Eds.). *Studies on Tropical Andean Ecosystems*, Vol. 5. Gebrüder Borntraeger. Berlín, Germany. 545 p.
- VILLARREAL, H.; ÁLVAREZ, M.; CÓRDOBA, S.; ESCOBAR, F.; FAGUA, G.; GAST, F.; MENDOZA, H.; OSPINA, M.; UMAÑA, A. M. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Segunda edición. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá. 236 p.
- WERNER, S. M.; RAFFA, K. F. 2000. Effects of forest management practices on the diversity of ground-occurring beetles in mixed northern hardwood forests of the Great Lakes Region Forest. *Ecology and Management* 139 (1-3): 135-155.
- WETTSTEIN, W.; SCHMID, B. 1999. Conservation of arthropod diversity in montane Wetlands: effect of altitude, habitat quality and habitat fragmentation on butterflies and grasshoppers. *Journal of Applied Ecology* 36 (3): 363-373.
- WOODCOCK, B. A.; PYWELL, R. F.; ROY, D. B.; ROSE, R. J.; BELL, D. 2005. Grazing management of calcareous grasslands and its implications for the conservation of beetle communities. *Biological Conservation* 125 (2): 193-202.

Recibido: 22-oct-2011 • Aceptado: 16-may-2012