Revista Colombiana de Entomología 40 (1): 111-119 (2014)

Completitud del inventario de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en la Ecorregión del Eje Cafetero, Colombia

Inventory completeness of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in the Ecoregion of Eje Cafetero, Colombia

CARLOS ANDRÉS CULTID-MEDINA[1,2], JORGE MIGUEL LOBO[3], CLAUDIA ALEJANDRA MEDINA[4], FABIO ARTURO GONZÁLEZ[5], FEDERICO ESCOBAR[6] y PATRICIA CHACÓN DE ULLOA[7]

Resumen: El inventario de escarabajos coprófagos en Colombia cuenta con una historia relativamente larga de muestreos, representada en listas locales y registros ocasionales de colecta. Sin embargo, no existe un diagnóstico sobre la completitud y representatividad ambiental de los muestreos de Scarabaeinae a escala regional y del país. Dicho estudio es relevante para abordar preguntas asociadas con la distribución de las especies y su variación ante diferentes escenarios de perturbación. En este sentido y con base en los registros taxonómicos de Scarabaeinae disponibles para la ecorregión del Eje Cafetero (Andes Centro-Occidentales) este trabajo estima la fiabilidad y exhaustividad de los inventarios taxonómicos para este grupo de organismos, así como sugiere posibles áreas en donde es necesario concentrar futuros muestreos. El muestreo de Scarabaeinae en la ecorregión del Eje Cafetero abarca 36 años de colectas discontinuas y el número de especies se incrementa de forma lineal desde la década de 1990. No obstante, el muestreo histórico cubre solo el 4% de la ecorregión, debido a la marcada agregación espacial y altitudinal de los registros. En adición, se ha detectado un elevado nivel de incertidumbre e incoherencia taxonómica entre las listas locales de especies, lo cual reduce la confiabilidad de la lista regional de especies. Se recomienda que los futuros inventarios estén dirigidos a los valles interandinos y la vertiente oriental de las cordilleras Occidental y Central. Por otro lado, es necesario fortalecer los protocolos para el adecuado almacenamiento de la información y enfocar esfuerzos hacia la unificación taxonómica de las listas locales de especies.

Palabras claves: Estimadores de riqueza. Andes colombianos. Submuestreo espacial.

Abstract: The inventory of dung beetles in Colombia has a relatively long sampling history, represented in local checklist and occasional survey records. However, there is no diagnosis on the completeness and environmental representativeness of Scarabaeinae samplings both at regional and national levels. A study like this is essential to address questions related with the distribution of species as well as their responses to different disturbance scenarios. In this regards and based on the available taxonomic records of Scarabaeinae for the Ecoregion of the Eje Cafetero (Central Western Andes) the present study aims to estimate the reliability and thoroughness of the taxonomic inventories for this group, suggesting additionally potential areas where future samplings should be focused. Scarabaeinae surveys in the Ecoregion comprise 36 years of discontinuous samplings and the number of species increases linearly since 1990s. Nevertheless, the historical sampling covers only 4% of the ecoregion due to the marked spatial and altitudinal aggregation of the records. In addition, it has been detected a high level of uncertainty and taxonomic inconsistency between the local checklists, which reduces the reliability of the regional inventories. It is recommended that future surveys should be focused on inter-Andean valleys and on the eastern slope of Western and Central Cordillera. On the other hand, it is necessary to strengthen the protocols for the proper storage of data, also focusing efforts towards the taxonomic unification of local species checklists.

Key words: Richness estimators. Colombian Andes. Spatial subsampling.

Introducción

Los escarabajos coprófagos son comúnmente usados para evaluar el impacto de la actividad humana sobre la biodiversidad (Nichols *et al*. 2007). Su relevancia en la investigación ecológica radica en parte en su sensibilidad y rápida respuesta ante la fragmentación y transformación de sus hábitats (Spector 2006). En este sentido, Colombia cuenta con una considerable cantidad de listas de especies de Scarabaeinae obtenidas en estudios locales de impacto ambiental (Escobar 1997; Escobar 2000; Escobar y Chacón 2000; Concha-Lozada 2010). Sin embargo, sólo durante las últimas dos decadas se han concretado iniciativas para unificar la información taxonómica, biológica y ecológica sobre los Scarabaeinae en Colombia (Escobar 2000; Medina *et al*. 2001; Villareal *et al*. 2004; Pulido *et al*. 2007; González *et al*. 2009; Cultid *et al*. 2012).

Gran parte de la información disponible sobre diversidad a grandes escalas, deriva de la acumulación histórica de inventarios locales y regionales, así como de colectas ocasionales. Actualmente, una parte de dicha información se encuentra condensada en Bases de Datos de Biodiversidad las cuales a pesar de sus limitaciones, permiten evaluar la completitud y representatividad de los datos a lo largo de diferentes escalas

[1] Doctorado en Ciencias – Biología (C.). Universidad del Valle. Grupo de Investigación en Biología, Ecología y Manejo de Hormigas. A.A. 24360. *carlos.cultid@correounivalle.edu.co*. Autor de correspondencia. [2] Investigador asociado, Wildlife Conservation Society (WCS) – Colombia. A.A. 760043, Cali – Valle del Cauca. [3] Ph. D. Departamento de Biogeografía y Cambio Global, Museo Nacional de Ciencias Naturales – CSIC, c/José Gutiérrez Abascal, 2, A.A. 28006 Madrid, España. *mcnj117@mncn.csic.es.* [4] Ph. D. Programa de Gestión de Información y Conocimiento GIC-Colecciones Biológicas, Instituto Alexander von Humboldt. Boyacá, Colombia. *camedina@humboldt.org.co*. [5] M. Sc. Programa de Gestión de Información y Conocimiento GIC-Colecciones Biológicas, Instituto Alexander von Humboldt. Boyacá, Colombia. *fgonzalez@humboldt.org.co*. [6] Ph. D. Red de Ecoetología, Instituto de Ecología, A. C Carretera antigua a Coatepec 351 El Haya, Xalapa A.A. 91070, Veracruz, México. *federico.escobarf@gmail.com*. [7] Ph. D. Universidad del Valle. Grupo de Investigación en Biología, Ecología y Manejo de Hormigas. A.A. 24360. *patry.chacon@gmail.com*.

espaciales (Lobo 2008). En el caso de los escarabajos coprófagos de Colombia, la construcción de la base de datos es un proceso reciente y mucha de la información secundaria (e.g. coordenadas geográficas) aún no se encuentra disponible (SIB Colombia 2012). Consecuentemente a pesar de la tradición de muestreo de Scarabaeinae en el país, no hay fiabilidad taxonómica y consenso sobre la exhaustividad del inventario nacional; falta asimismo una estimación sobre la magnitud y localización de los principales vacíos de información.

Este trabajo tiene como objetivo evaluar la completitud y determinar los sesgos espaciales de los datos disponibles sobre los escarabajos coprófagos en el ámbito geográfico de la ecorregión del Eje Cafetero (Andes Centro-Occidentales de Colombia). Esta ecorregión concentra gran cantidad de registros taxonómicos de Scarabaeinae, los cuales han sido la base para la unificación taxonómica de los distintos inventarios locales (Cultid *et al*. 2012). Específicamente, se abordaran las siguientes preguntas: ¿cuál es el grado de fiabilidad de los datos disponibles sobre Scarabaeinae a la hora de estimar la riqueza de especies a través de distintas escalas? ¿cómo se distribuye la información disponible con respecto: subregiones andinas, zonas de vida y franjas altitudinales incluidas en la ecorregión y cuáles son las áreas de mayor prioridad en la ecorregión sobre las que deberían enfocarse futuros muestreos y programas de monitoreo de la diversidad de Scarabaeinae?

Materiales y métodos

Región de estudio. Este estudio comprende la denominada Ecorregión del Eje Cafetero, la cual corresponde a gran parte de los Andes Centro – Occidentales de Colombia; es una delimitación socio-económica que abarca cerca de 3,2 millones de ha e incluye los departamentos con mayor producción de café en Colombia: Risaralda, Caldas, Quindío, Valle del Cauca (norte) y Tolima (noroccidente) (Fig. 1). La Ecorregión del Eje Cafetero cubre 11% del área de la región andina colombiana, con un gradiente altitudinal que oscila entre los 250 m (valle interandino del río Magdalena) y los 5.300 m (Parque Nacional Natural Los Nevados). En esta Ecorregión se han identificado 18 zonas de vida (Espinal 1967) distribuidas en seis subregiones andinas definidas por las vertientes de cada cordillera y los valles interandinos de los ríos Cauca y Magdalena (Fig. 1) (modificado de Kattan y Franco 2004).

Además de la importancia económica de la ecorregión, por concentrar gran parte de la producción de café nacional, se destaca su articulación geo-política bajo el Sistema Regional de Área Protegidas del Eje Cafetero (SIRAP-EC 2013). En este sentido, la delimitación y consolidación del SIRAP-EC ha impulsado de forma directa e indirecta el desarrollo de inventarios de diversidad biológica y de estudios de impacto ambiental. En ellos se incluyen diferentes grupos taxonómicos, algunos de ellos considerados indicadores ecológicos de

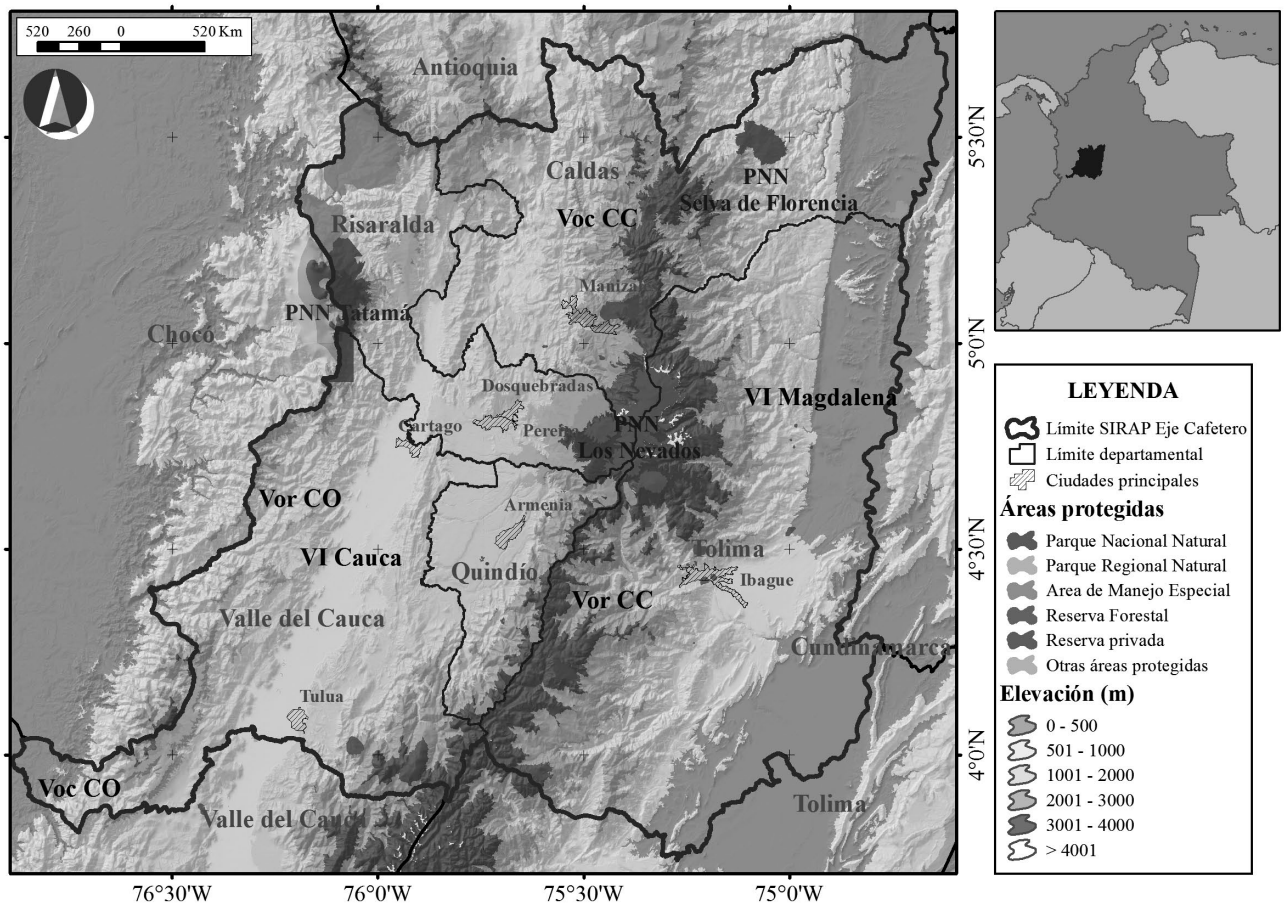

Figura 1. Ecorregión del Eje Cafetero – Sistema Regional de Áreas Protegidas del Eje Cafetero (SIRAP - EC). Se indican las subregiones andinas, definidas por la combinación de las siguientes convenciones: Vor = vertiente oriental, Voc = vertiente occidental, CO = cordillera Occidental, CC = cordillera Central VI = valles interandinos de los ríos Cauca y Magdalena (Modificado de Cultid *et al*. 2012).

perturbación antrópica (Rojas-Díaz *et al*. 2004; Zúñiga *et al*. 2007) como los escarabajos coprófagos (Medina *et al*. 2002), uno de los grupos con mayor tradición de colecta en los Andes de Colombia y en particular en la Ecorregión Eje Cafetero (Cultid *et al*. 2012).

Registros taxonómicos. La información usada en este estudio proviene de la base de datos actualizada, con la cual se elaboró la lista regional de escarabajos coprófagos (Cultid *et al*. 2012). La actualización incluyó nuevas localidades de muestreo, la confirmación de las determinaciones a nivel específico y la unificación regional de las distintas morfo-especies bajo un sistema de códigos alfa-numéricos (Medina C. y A. González, sin publicar). Los registros provienen de especímenes depositados en cuatro colecciones entomológicas nacionales: Colección Entomológica del Instituto Alexander von Humboldt (IAvH-E, Villa de Leyva - Boyacá), Colección en custodia temporal de WCS - Programa Colombia (CR-WCS, Cali- Valle del Cauca), Museo de Entomología de la Universidad del Valle (MUSENUV, Cali - Valle del Cauca) y Museo de Entomología Marcial Benavidez (MEMB, Chichiná - Caldas). La base de datos incluye información relativa a la fuente de procedencia (e.g. número de catalogación del museo), fecha de colecta, ubicación geográfica (e.g. datos de localidad, altura y coordenadas geográficas), datos taxonómicos (género, especie y morfo-especie) y datos del diseño de colecta (hábitat, tipo de trampa, tipo de cebo). Es importante aclarar que se detectó una gran heterogeneidad en nivel de detalle de los datos colecta, por ejemplo, para la mayoría de las localidades no es posible extraer información completa sobre el número de trampas o discriminar cada registro por una determinada unidad mínima de muestreo (e.g. trampa).

Los registros en esta base de datos proceden de dos fuentes: una parte derivan de muestreos sistemáticos en los cuales se empleó un método estandarizado de colecta; otros corresponden a registros de muestreos ocasionales con diferentes niveles de información asociada (e.g. tipo de cebo, hábitat de muestreo, ubicación geográfica). Aquellos registros que no especificaban coordenadas geográficas, se georeferenciaron con base en información secundaria (e.g. informes técnicos), el gacetero GeoNames (ver http://www.geonames.org) y Google Earth. Los registros sin datos geográficos mínimos (departamento, municipio, vereda y localidad específica) no se incluyeron en el análisis.

Datos cartográficos y ambientales. El análisis espacial de la riqueza de Scarabaeinae incluyó tres fuentes de información: i) base cartográfica de la Ecorregión (límite geográfico y límites políticos; fuente WCS-Programa Colombia), ii) zonas de vida siguiendo el sistema de clasificación de Holdridge para la Ecorregión del Eje Cafetero (fuente WCS-Programa Colombia) y iii) polígonos de las áreas protegidas que componen el SIRAP-EC. Toda la información se procesó con ArcGIS 9,3 (ESRI Inc. 1999-2008).

Análisis de datos. Para evaluar la distribución espacial de los registros de escarabajos coprófagos, el área de la Ecorregión del Eje Cafetero se dividió en celdas de 5 x 5 km. Este tamaño de celda, aunque burdo para los requerimientos microambientales de los insectos, constituye a nuestro juicio, la resolución más detallada que es posible utilizar teniendo en cuenta la precisión geográfica de las localidades de colecta. Dicha malla se construyó teniendo en cuenta el modelo digital del terreno disponible en WorldClim (WordlClim 2013) y el programa ArcGIS (ESRI Inc. 1999-2008). Posteriormente con base en los registros taxonómicos de la base de datos, se procedió a determinar la riqueza observada en cada celda.

La completitud de muestreo en cada celda de 5 x 5 km se evaluó mediante tres estimadores no paramétricos de riqueza (ICE, Chao 2, Jack 1) recomendados para casos en donde las unidades de muestreo son pequeñas (Hortal *et al*. 2006). Para esto, se siguió el protocolo propuesto por Lobo (2008), pero debido a la heterogeneidad en los datos compilados, no fue posible utilizar los registros (bajo su definición estricta) como un subrogado del esfuerzo de muestreo realizado en cada celda. En su lugar, cada visita o evento de muestreo en el tiempo se usó como unidad mínima de muestreo, aunque esta vía de análisis reduce el número de "muestras" posibles por celda, el número de visitas es una medida de esfuerzo común a través de la base de datos. De esta forma, por cada celda se construyó una matriz donde las columnas correspondieron a cada visita en el tiempo y las filas a las especies.

Los estimadores de riqueza se obtuvieron con el programa EstimateS 8,2 (Colwell 2006) y las celdas con un porcentaje de completitud ≥ 80% por cualquiera de los tres estimadores utilizados fueron consideradas "bien muestreadas" (Lobo 2008). La completitud se estimó también a escala de ecorregión y para cada una de las sub-regiones andinas. Para establecer la representatividad ambiental de la información existente, se estudió la distribución de los registros entre bandas altitudinales por subregión andina y zonas de vida. En adición, se estableció la riqueza observada y el número de visitas asociadas a las áreas protegidas del SIRAP-EC.

Debido a que los datos provenientes de colecciones entomológicas generalmente contienen un subconjunto de las listas de especies publicadas (Lobo 2008), se examinó la capacidad de la base de datos compilada en este estudio para estimar la riqueza de los escarabajos coprófagos a escala de la ecorregión. Para ello se revisaron las listas locales disponibles en artículos, informes técnicos, trabajos de grado y tesis. De estas listas se extrajeron los siguientes datos: número de localidades, riqueza observada, coberturas vegetales de muestreo, porcentaje de incertidumbre taxonómica y rango altitudinal. El porcentaje de incertidumbre taxonómica corresponde a la proporción de entidades determinadas solo hasta género o que están bajo alguna categoría de confirmación (cf., ca., aff.). El porcentaje de incertidumbre también se estimó para la lista de especies obtenida a partir de los datos de museo.

Resultados

Los datos compilados abarcan un periodo discontinuo de 36 años de muestreo (1974-2010) e información sobre 83 entidades taxonómicas (55 especies y 28 morfo-especies) pertenecientes a 19 géneros de Scarabaeinae (Tabla 1). Esto representa el 19% de las especies registradas para Colombia (Medina *et al*. 2001). La acumulación temporal de la información muestra que, a partir de los años 90s se presenta un continuo incremento de nuevos registros taxonómicos (Fig. 2). Además, los estimadores de riqueza para toda la ecorregión indican que la completitud del inventario oscila entre el 65,3% y 73,5% (Tabla 1). Sin embargo, únicamente 64 de las 1.650 celdas de 5 x 5 km que componen la ecorregión

Tabla 1. Riqueza de especies observada (Sobs) y riqueza de especies estimada por cada uno de los tres estimadores utilizados. En paréntesis el porcentaje de completitud para las 22 celdas de 5 x 5 km con más de tres registros de Scarabaeinae. Gobs = riqueza de géneros (Gobs), Nv = número de visitas y % Srobs = porcentaje de la riqueza regional representada en cada celda. TOTAL hace referencia a la riqueza observada para toda la ecorregión incluyendo la totalidad de las celdas con datos de riqueza (n = 64). Con un asterisco se señalan aquellas celdas con una completitud de muestreo ≥80% para al menos uno de los estimadores.

Cód. celda	Sobs	Gobs	Nv	Riqueza estimada			% Srobs
				ICE	Chao 2	Jack 1	
1.154*	4	3	10	6,2 (64,4)	4,9 (81,6)	5,8 (69)	4,8
1.448*	4	3	3	11,5 (34,8)	5,0 (80)	6,0 (66,7)	4,8
2.487*	5	4	5	8,8 (57,1)	5,8 (86,2)	7,4 (67,6)	6,0
2.491	5	4	3	11,7 (42,8)	11,7 (42,8)	8,3 (60)	6,0
598	6	3	4	23,5 (25,5)	9,8 (61,5)	9,8 (61,5)	7,2
1.323	6	4	7	14,4 (41,7)	11,1 (53,9)	9,4 (63,6)	7,2
861	8	7	3	46,5 (17,2)	15,0 (53,3)	12,7 (63,1)	9,6
1.260	8	4	4	41,8 (19,1)	15,9 (50,4)	13,3 (60,4)	9,6
1.831	8	4	4	29,0 (27,6)	29,0 (27,6)	18,0 (44,4)	9,6
162	9	7	4	53,0 (17,0)	19,5 (46,2)	15,0 (60,0)	10,8
1.032	10	5	5	27,5 (36,4)	15,6 (64,1)	15,6 (64,1)	12,0
1.268	11	5	43	16,5 (66,9)	16,0 (68,8)	15,9 (69,3)	13,3
890	11	10	5	37,4 (29,4)	20,6 (53,4)	18,2 (60,4)	13,3
981	11	8	9	110,5 (10)	51,0 (21,6)	19,9 (55,3)	13,3
1.493*	12	8	11	13,4 (89,3)	12,6 (95,6)	14,7 (81,5)	14,5
1.492	13	9	10	35,3 (36,8)	29,2 (44,5)	21,1 (61,6)	15,7
1.603	14	7	7	34,1 (41,0)	26,9 (52,1)	22,6 (62,0)	16,9
975	16	9	17	60,5 (26,5)	47,1 (34,0)	28,0 (57,2)	19,3
1.437	18	9	57	22,9 (78,5)	54,0 (33,4)	24,9 (72,3)	21,7
1.031*	22	10	46	29,3 (75,2)	27,1 (81,1)	28,9 (76,3)	26,5
947	24	10	5	50,7 (47,4)	37,7 (63,6)	36,8 (65,2)	28,9
1.030	27	11	21	36,9 (73,2)	34,5 (78,3)	36,5 (73,9)	32,5
TOTAL	83	19	252	127,1 (65,3)	122,4 (67,8)	112,9 (73,5)	

poseen algún registro; es decir, solo el 4% de la superficie de la ecorregión ha sido muestreada en alguna ocasión (Fig. 3) y el 91% de estas celdas con datos poseían menos de 10 visitas. De las celdas con más de tres visitas (22 de 64 celdas) solo cinco presentaron una completitud ≥ 80% y podrían ser consideradas como bien muestreadas (Tabla 1).

El análisis subregional muestra una alta agregación espacial de los registros (Tabla 2). La vertiente occidental de la cordillera Central y la vertiente oriental de la Occidental concentraron el 54% y el 34% del total de los registros, respectivamente. Estos registros se distribuyeron en un rango altitudinal estrecho, entre los 1.500 y 2.250 m de elevación (Tabla 2). Respecto a la completitud de muestreo, las subregiones se ordenaron de las siguiente manera: Vor – Co > Voc – CO > Voc – CC > VI – Mag. > VI – Cau. > Vor – CC (Tabla 2). Sin embargo, el valle interandino del río Magdalena (VI – Mag.) y la vertiente occidental de la cordillera Central (Voc – CC) concentran, cada una, más del 50% de la riqueza de especies de la ecorregión (Tabla 2).

El muestreo de Scarabaeinae ha incluido siete de las 18 zonas de vida de la ecorregión, entre las cuales, el bosque húmedo tropical premontano (bht – PM) y el bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB) poseen la mayor riqueza observada. Esta última zona de vida concentra la mayor cantidad de visitas (Fig. 4). Por otro lado, 11 de las 128 áreas protegidas que componen el SIRAP-EC han sido muestreadas en alguna ocasión (Fig. 5). Estas 11 áreas protegidas están distribuidas en cinco categorías de conservación y todas se encuentran dentro de la jurisdicción del departamento de Risaralda, excepto Barbas (ACM) y Barbas-Bremen (PRN) al norte del Quindío (Fig. 5). No se observó un patrón definido entre el número de visitas y la riqueza observada a lo largo de las áreas protegidas. En detalle, el Parque Municipal Natural Verdum presentó la mayor riqueza (25 especies), seguido por el Santuario de Fauna y Flora Otún Quimbaya (SFF: 16 especies), Ucumarí (PRN: 13 especies) y Campoalegre (PMN: 13 especies); las otras áreas protegidas muestran una riqueza observada menor a cinco especies (Fig. 5).

Se compilaron ocho listas locales de especies distribuidas entre publicaciones, informes técnicos y trabajos de grado (Tabla 3). En su conjunto, las listas locales generaron un catalogo regional compuesto por 136 entidades taxonómicas (42 especies y 94 morfo–especies) con un porcentaje de incertidumbre taxonómica que osciló entre el 19% y 80% (Tabla 3). Dichas listas se distribuyeron en 15 de las 64 celdas identificadas previamente, de esta forma, las listas locales han cubierto aproximadamente 1% de la Ecorregión del Eje Cafetero.

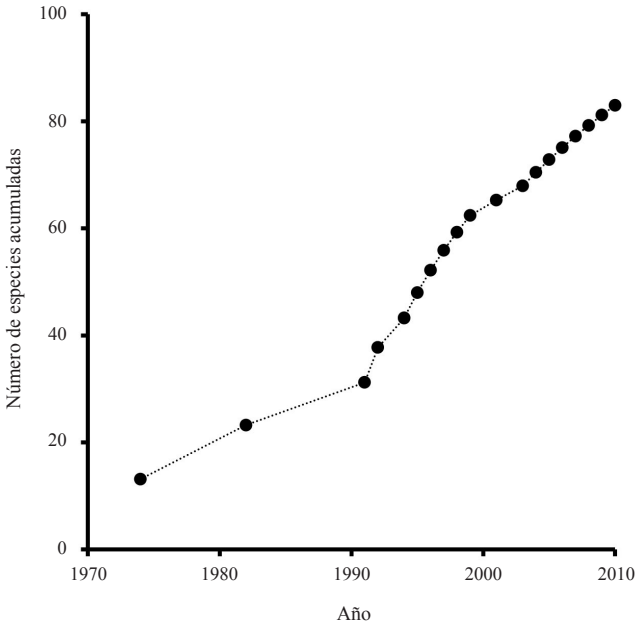

Figura 2. Acumulación de especies de Scarabaeinae a lo largo del periodo de tiempo que abarca la base de datos en la Ecorregión del Eje Cafetero (1974 y 2010).

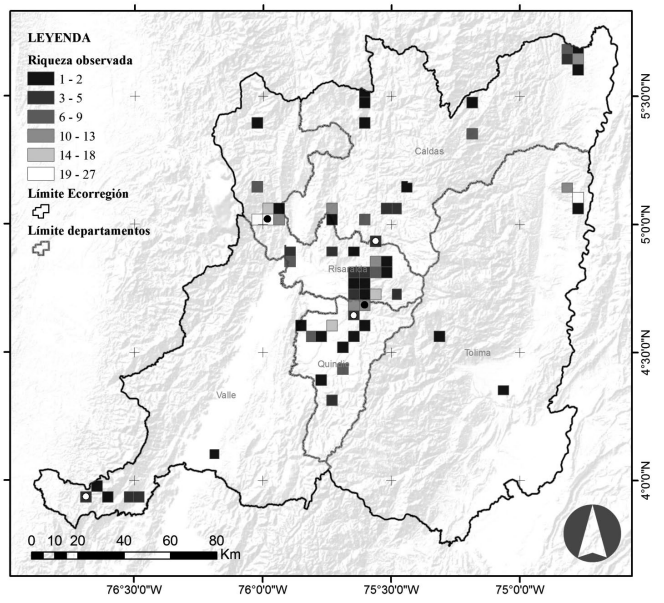

Figura 3. Distribución de la riqueza de especies observada en la Ecorregión del Eje Cafetero. Se muestran las celdas de 5 x 5 km con al menos un registro, las celdas marcadas con un circulo (negro o blanco) presentaron una completitud igual o mayor al 80% (ver Tabla 1).

Discusión

La concentración espacial, y casi idiosincrática, de los muestreos realizados y la falta de articulación de los inventarios locales a iniciativas de muestreo a mayores escalas, son características comunes que aparecen cuando se examina el muestreo histórico de una región o país (Hortal *et al*. 2008; Escobar *et al*. 2009). En efecto, el muestreo histórico de escarabajos coprófagos en la Ecorregión del Eje Cafetero presenta una evidente concentración espacial. En este sentido,

Tabla 2. Número de visitas (Nv) para cada una de las subregiones y rangos altitudinales. Sobs es el número de especies observadas, los datos para cada estimador (ICE, Chao2 y Jack 1) corresponden al total de especies estimada y en paréntesis se muestra el porcentaje de completitud de muestreo. Subregiones andinas: Vor = vertiente oriental, Voc = vertiente occidental, CO = cordillera Occidental, CC = cordillera Central VI = valles interandinos de los ríos Cauca y Magdalena.

Rango altitudinal (m)	Subregión Andina					
	Voc CO	Vor CO	VI Cau.	Voc CC	Vor CC	VI Mag.
0 – 250						6
250 – 500	2					7
500 – 750						5
750 – 1.000	3	2	5			
1.000 – 1.250	3	1	1	16		1
1.250 – 1.500		1		6		
1.500 – 1.750		56		8		
1.750 – 2.000		44		79	1	
2.000 – 2.250		2		51		
2.250 – 2.500		5		4		
2.500 – 2.750		2		13	4	
2.750 – 3.000						
3.000 – 3.250				2		
Nv	7	77	6	161	5	19
Sobs	7	34	8	42	8	45
ICE	11,7 (60,0)	39,4 (86,4)	22,8 (35)	58,4 (71,9)	39,5 (20,3)	81,4 (55,3)
Chao 2	8,3 (84,4)	38,6 (88,1)	14,3 (56,1)	62,9 (66,8)	16,4 (48,8)	89,8 (50,1)
Jack 1	10,4 (67,1)	41,9 (81,1)	13 (61,5)	56,9 (73,8)	13,6 (58,8)	71,5 (62,9)

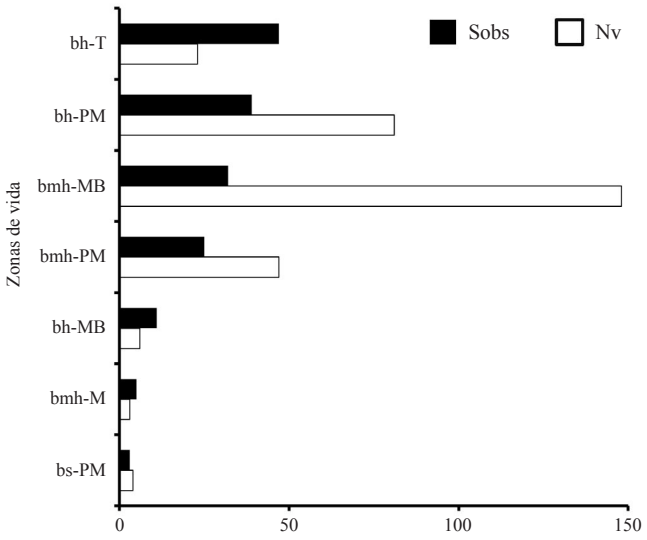

Figura 4. Número de especies observadas (Sobs) y número de visitas (Nv) por zona de vida. bs-PM = Bosque Seco Premontano; bmh-M = Bosque Muy Húmedo Montano; bh-MB = Bosque Húmedo Montano bajo; bmh-PM = Bosque Muy Húmedo Premontano; bmh-MB = Bosque Muy Húmedo Montano bajo; bh-PM = Bosque Húmedo Premontano y bh-T = Bosque Húmedo Tropical.

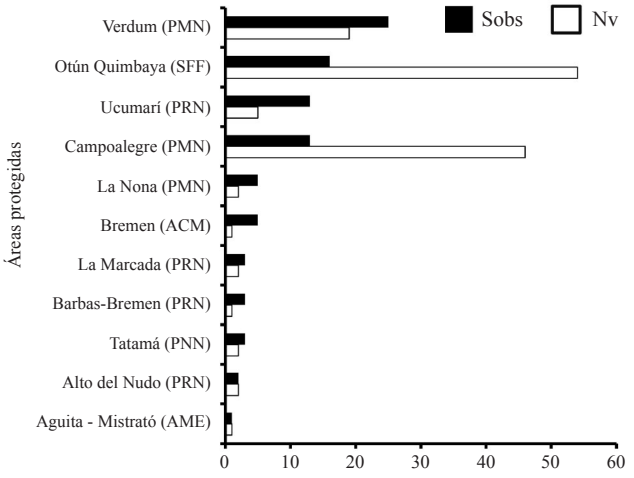

Figura 5. Riqueza de especies observada (Sobs) y número de visitas (Nv) por área protegida, PMN = Parque Municipal Natural; SFF = Santuario de Fauna y Flora; PRN = Parque Regional Natural; ACM = Área de Conservación y Manejo; AME = Área de Manejo Especial.

aunque la completitud de muestreo de la ecorregión es relativamente alta (alrededor del 70%), estamos lejos de tener una lista de especies representativa. Incluso asumiendo que la suma de las diferentes listas locales sea capaz de ofrecer un catálogo exhaustivo de las especies presentes en la ecorregión, los datos georeferenciados incluidos en nuestra base datos solo abarcarían alrededor del 60% de las especies incluidas en estas listas. En nuestra opinión, esta situación obedece a dos aspectos relacionados entre sí: 1) la lista ecorregional está compuesta, en gran medida, por registros taxonómicos obtenidos en localidades de elevaciones medias (franja de bosques premontano y montanos) y 2) existe un sesgo de muestreo impulsado por intereses de investigación muy específicos que ha concentrado la información sobre determinadas localidades y condiciones ambientales (e.g. Escobar 1997; Medina *et al*. 2002; Arango *et al*. 2007).

Tabla 3. Listas locales de especies de escarabajos coprófagos compiladas para la Ecorregión del Eje Cafetero, se muestra la altitud, el código de la celda asociada a la lista (ver Tabla 1) y la riqueza observada en cada celda, Nl = número de localidades; Gobs = géneros observados; Sobs = riqueza observada; Cvs = coberturas vegetales, se usa la nomenclatura usada por cada trabajo (B = bosque maduro, Bcr = Bosque de cerro, Bs = Bosque secundario, Bc = Bosque de cañada, Pb = Parches de bosque, Bu = Bosque de urapán, Ro = robledal, BPo = borde bosque – potrero, Pe = Plantación de eucalipto, Po = potrero); %IT = porcentaje de incertidumbre taxonómica; Tipo (P = lista publicado, Tg = trabajo de grado y IT = informe técnico).

Fuente	Nl	Gobs	Sobs	Cvs	% I.T.	Altitud (m)	Cód. Celda	Sobs x Celda	Tipo
Escobar (1997)	1	10	22	Bcr, Bc, Bpo, Po	23,8	250	947	24	P
Bustos (2001)	1	9	21	Bs, Po	19	250	947	24	P
Medina *et al.* (2002)	4	10	22	Bs, Bu, Ro, Po	36,4	1.900, 2.100, 2.300, 2.430	1.439, 1.437	4, 18	P
Rojas - Díaz *et al.* (2004)	6	10	16	Bm, Bs	37,5	1.760 – 2.600	1.379, 1.223, 1.322, 1.269, 1.207, 1.209	2, 6, 3, 2, 5, 2	IT
Arango *et al.* (2007)	1	6	10	Bs, Po	70	1.730 – 1.960	986	4	p
Cultid (2007)	2	12	21	Bm	76,2	1.023, 2.580	981, 1.154	11, 4	IT
Arango y Montes (2009)	3	12	50	Bm, Bs	80	160, 2.600, 2.750	162, 598	9, 6	P
Martínez (2009)	1	8	12	Bm, Pb, Pe, Po	25	1.900 – 2.300	1.323	6	Tg

Durante el proceso de consolidación del Sistema Regional de Áreas Protegidas del Eje Cafetero (SIRAP-EC), gran parte de los muestreos se realizaron entre Risaralda y Quindío, departamentos que concentran gran parte de las áreas protegidas del SIRAP-EC (Fig. 1). En el caso de los escarabajos coprófagos, los muestreos se desarrollaron como inventarios rápidos de diversidad que tenían como objetivo comparar áreas de bosque nativo con coberturas vegetales de origen antrópico (e.g. Rojas-Díaz *et al*. 2004). En adición, programas de investigación de orden nacional también incluyeron localidades de muestreo ubicadas en Risaralda y Quindío (e.g. Lozano-Zambrano 2009), en paisajes ganaderos de Quindío, Caldas y Risaralda y en fragmentos de bosque seco al norte del departamento del Tolima (IAvH 1995); en algunos casos los muestreos se realizaron cerca de localidades con muestreos previos (Medina *et al*. 2002). Todo lo anterior explica, al menos parcialmente, la concentración espacial de los registros taxonómicos de escarabajos coprófagos en la ecorregión.

La completitud y representatividad ambiental en la ecorregión enfrenta un problema adicional, el alto grado de incertidumbre taxonómica, la cual de hecho, es una limitación de magnitud nacional para el estudio comparativo de Scarabaeinae a través de diferentes escalas espaciales. Aunque Colombia cuenta con una larga tradición de muestreo de escarabajos coprófagos (e.g. Howden y Nealis 1975; Escobar y Chacón 2000; Neita y Escobar 2012), la investigación en taxonomía o sistemática de Scarabaeinae ha avanzado de forma desigual con respecto al trabajo ecológico. En consecuencia, aún son escasas las herramientas taxonómicas (e.g. claves a especie) que permitan reducir la incoherencia entre listas locales de especies. De hecho, apenas en la pasada década se han publicado revisiones de géneros que incluyen especies presentes en los Andes colombianos (e.g. *Oxysternon*: Edmonds y Zídek 2004; *Genieridium*: Vaz de Mello 2008; *Deltochilum*: González *et al*. 2009). No obstante, gran parte de la incertidumbre persiste en géneros dominantes en los muestreos de localidades andinas: *Uroxys* Westwood, 1842; *Canthidium* Erichson, 1847; *Dichotomius* Hope, 1838 y *Onthophagus* Latreille, 1802.

Si estamos lejos de finalizar el inventario completo regional de Scarabaeinae para la Ecorregión del Eje Cafetero, más lejos aún estamos de obtener una cobertura espacial que permita investigar las causas de las variaciones de la riqueza o las diferencias en composición entre localidades. Sólo un 0.3% de las celdas de 25 km^2, contendría inventarios fiables. La ubicación de estas celdas, junto a los datos sobre la representatividad ambiental de la información utilizada, permite obtener algunas pautas para identificar áreas que deben ser objetivos prioritarios para futuros muestreos. En primer lugar, al igual que sucede a escala nacional, los bosques secos tropicales, ubicados en los valles inter-andinos, son las zonas más vulnerables y menos conocidas de la ecorregión (IAvH 1998; Arcila *et al.* 2012). A pesar de presentar un alto grado de fragmentación y transformación de sus coberturas nativas, nuestros datos sugieren que los valles inter-andinos deben ser objeto de especial atención (e.g. Tabla 3: VI Mag), entre las que se cuenta especies con restringidas preferencias de hábitat (e.g. *Uroxys microcularis* Howden y Young, 1981) y gran cantidad de morfo-especies que pueden ser nuevas especies para la ciencia. En segundo lugar y a escala de las subregiones, las prioridades de muestreo deberían focalizarse en las vertientes orientales de las cordilleras Occidental y Central, con especial énfasis, en paisajes ubicados en los departamentos del Valle del Cauca, Caldas y Tolima.

Conclusión

Este estudio indica que el inventario de escarabajos coprófagos en el ámbito geográfico de la Ecorregión del Eje Cafetero está lejos de ser completo y representativo. En este momento, la información disponible no es fiable para la estimación de la riqueza de Scarabaeinae a través de diferentes escalas y consecuentemente, no es posible abordar preguntas ecológicas que trasciendan la escala local. En detalle, las principales debilidades del inventario a escala de la ecorregión son: sub muestreo, alta concentración espacial de los registros y baja coherencia taxonómica entre listas locales. Para suplir el vacío de información, los futuros inventarios deben dar prioridad a los valles interandinos de los ríos Cauca y Magdalena, y a la vertiente oriental de las cordilleras Occidental y Central.

El caso de la Ecorregión del Eje Cafetero sirve como base para reconocer que a escala nacional, es necesario fortalecer los siguientes aspectos en el estudio de Scarabaeinae: (1) inventarios regionales que consideren diferentes escalas espaciales bajo diseños anidados de muestreo (e.g. Numa *et al*. 2009); (2) una estrategia nacional para la revisión taxonómica del grupo; (3) estudios ecológicos que incorporen de forma activa la investigación taxonómica y sistemática de la subfamilia Scarabaeinae y (4) el proceso de colecta, almacenamiento y publicación de los datos biológicos siguiendo protocolos y estándares internacionales, disponibles y relevantes para nuestra región (Wieczorek 2011; Escobar 2012; SIB Colombia 2012).

Agradecimientos

Este trabajo se realizó con apoyo del programa de Doctorados Nacionales del Departamento de Ciencia y Tecnología COLCIENCIAS, entidad que financia el estudio doctoral de Carlos A. Cultid. Agradecemos al Banco de la República (Colombia), al Instituto Alexander von Humboldt, a la Fundación Jhon & Catherine MacArthur, a la Corporación Autónoma de Risaralda (CARDER), al Centro Nacional de Investigación de Café (CENICAFÉ) y a la Federación Nacional de Cafeteros por su apoyo económico y logístico en las diferentes etapas del estudio. Este trabajo se desarrollo en el marco del proyecto "Análisis de heterogeneidad espacial y diversidad de hormigas y escarabajos coprófagos en paisajes cafeteros" financiado por COLCIENCIAS, la Universidad del Valle y Wildlife Conservation Society (WCS) - Colombia (Proyecto no.110652128706). Gracias a los evaluadores anónimos, a Vladimir Rojas y a Larry Jiménez por sus comentarios los cuales ayudaron a mejorar el documento.

Literatura citada

ARANGO, L.; MONTES, J. M. 2009. Caracterización entomológica parcial de la cuenca del río La Miel en el departamento de Caldas (Colombia). Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural 13 (2): 249-268.

ARANGO, L.; MONTES, J. M.; LÓPEZ, A.; LÓPEZ, O. 2007. Mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea, Hesperoidea), escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) y hormigas (Hymenoptera: Formicidae) del Ecoparque Alcázares-Arenillo (Manizales, Caldas-Colombia). Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural 11 (1): 390-409.

ARCILA, A.; VALDERRAMA, C.; CHACÓN DE ULLOA, P. 2012. Estado de fragmentación del bosque seco de la cuenca alta del río Cauca, Colombia. Biota Colombiana 13 (2): 86-100.

BUSTOS, L. 2001. Preferencias alimenticias de los escarabajos coprófagos (Scarabaeinae) en un remanente de bosque seco tropical al norte del Tolima. Tesis de grado. Universidad de los Andes. Santafé de Bogotá. Colombia. 56 p.

COLWELL, R. K. 2006. EstimteS: Statistical estimation of species richness and shared species form samples. Versión 8,2. Disponible en: http://www.purl.oclc.org/estimates. [Fecha revisión: 15 enero 2013].

CONCHA- LOZADA, C.; GALLEGO, M. C.; PARDO-LOCARNO, L. C. 2010. Fragmentación de ecosistemas montanos e impactos estructurales y poblacionales sobre la comunidad de escarabajos coprófagos (Col.: Scarabaeinae) en el alto río Cauca, Popayán, Colombia. Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural 14 (1): 43-55.

CULTID, C. 2007. Ritmos de actividad diaria de vuelo en una comunidad de coleópteros coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) de un paisaje andino, Risaralda, Colombia. Trabajo de Pregrado. Universidad del Valle. Facultad de Ciencias. Programa de Biología. Valle del Cauca. Cali. Colombia. 77 p.

CULTID, C. A.; MEDINA, C. A.; MARTÍNEZ-QUINTERO, B.; ESCOBAR, A. F.; CONSTANTINO, L. M.; BETANCUR, N. 2012. Escarabajos coprófagos (Scarabaeinae) del Eje Cafetero: guía para el estudio ecológico. WCS - Colombia, CENICAFÉ y Federación Nacional de Cafeteros. Villa María. Colombia. 196 p.

EDMONDS, W. D.; ZÍDEK, J. 2004. Revision of the neotropical dung beetle genus *Oxysternon* (Scarabaeidae: Scarabaeinae: Phanaeini). Folia Heyrovskyana, Supplementum 11: 1-58.

ESCOBAR, F. 1997. Estudio de la comunidad de coleópteros coprófagos (Scarabaeidae) en un remanente de bosque seco al norte del Tolima, Colombia. Caldasia 19 (3): 419-430.

ESCOBAR, F. 2000. Diversidad y distribución de los escarabajos del estiércol (Coleoptera: Scarabaeinae) de Colombia. pp. 197-201. En: Martín-Piera, F.; Morrone, J. J.; Melic, A. (Eds.). Hacia un proyecto CYTED para el inventario y estimación de la diversidad entomológica de Iberoamérica PRIBES 2000. Monografías Tercer Milenio. Vol. 1. Sociedad Entomológica Aragonesa, CYTED, Instituto Humboldt. 326 p.

ESCOBAR, F.; CHACÓN, P. 2000. Distribución espacial y temporal en un gradiente de sucesión de la fauna de escarabajos coprófagos (Scarabaeinae, Aphodiinae) en un bosque tropical montano, Nariño–Colombia. Revista de Biología Tropical 48 (4): 961-975.

ESCOBAR, F.; KOLEFF, P.; RÖS, M. 2009. Evaluación de capacidades para el conocimiento: El Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) como un estudio de caso. pp. 23-49. En: Conabio – PNUD. México: capacidades para la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, México. 172 p.

ESCOBAR, D. 2012. Mapeo entre el estándar para la documentación de metadatos de conjuntos de datos relacionados con biodiversidad (EDM) v2.0 y el Perfil de Metadatos GBIF (GMP) v2.0. Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia. Bogotá D.C. Colombia. 17 p.

ESPINAL, L. S. 1967. Apuntes sobre ecología colombiana. Universidad del Valle. Cali. Colombia. 28 p.

ESRI Inc. 1999 - 2008. ArcGIS 9.3. Licencia autorizada para WCS – Colombia.

GeoNames. 2013. Disponible http://www.geonames.org [Fecha revisión: feb - mar 2013].

GONZÁLEZ, F., A.; MOLANO, F.; MEDINA, C. A. 2009. Los subgéneros *Calhyboma*, *Hybomidium* y *Telhyboma* (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae: *Deltochilum*) en Colombia. Revista Colombiana de Entomología 35 (2): 253-274.

HORTAL, J.; BORGEN, P. A.; GASPAR, C. 2006. Evaluating the performance of species richness estimators: sensitivity to sample grain size. Journal of Animal Ecology 75 (1): 274-287.

HORTAL, J.; JIMÉNEZ-VALVERDE, A.; GÓMEZ, J. F.; LOBO, J. M.; BASELGA, A. 2008. Historical bias in biodiversity inventories affects the observed environmental niche of the species. Oikos 117 (6): 847-858.

HOWDEN, H. F.; NEALIS, V. G. 1975. Effects of the clearing in a tropical rain forest on the composition of coprophagous scarab beetles fauna (Coleoptera). Biotropica 7 (2): 77-83.

HOWDEN, H. F.; YOUNG, O. P. 1981. Panamanian Scarabaeinae: taxonomy, distribution, and habits (Coleoptera: Scarabaeidae). Contributions of the American Entomological Institute 18 (1): 1-224.

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT (IAvH). 1995. Exploración ecológica a los fragmentos de bosque seco en el Valle del Río Magdalena (norte del departamento del Tolima). Grupo de Exploraciones y Monitoreo Ambiental (GEMA). Bogotá. Colombia. 56 p.

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT (IAvH). 1998. El bosque seco tropical (bs-T) en Colombia. Grupo de Exploraciones y Monitoreo Ambiental (GEMA). Villa de Leyva, Colombia. 24 p.

KATTAN, G.; FRANCO, P. 2004. Bird diversity along elevational gradients in the Andes of Colombia: area and mass effect. Global Ecology and Biogeography 13 (5): 451-458.

LOBO, J. 2008. Database records as a surrogate for sampling effort provide higher species richness estimations. Biodiversity and Conservation 17 (4): 873-881.

LOZANO-ZAMBRANO, F. H. (Ed.). 2009. Herramientas de manejo para la conservación de biodiversidad en paisajes rurales. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). Bogotá, D. C. Colombia. 238 p.

MARTÍNEZ, B. G. 2009. Evaluación de la riqueza, abundancia, composición y biomasa relativa de coleópteros coprófagos (Scarabaeinae) en un paisaje agroforestal andino, Risaralda, Colombia. Trabajo de pregrado, Universidad de Caldas. Manizales. Colombia. 74 p.

MEDINA, C. A.; LOPERA-TORO, A.; VITOLO, A.; GILL, B. 2001. Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de Colombia. Biota Colombiana 2 (2):131-144.

MEDINA, C. A.; ESCOBAR, F.; KATTAN, G. 2002. Diversity habitat use of dung beetles in a restored Andean landscapes. Biotropica 34 (1): 181-187.

NEITA, J. C.; ESCOBAR, F. 2012. The potential value of agroforestry to dung beetle diversity in the wet tropical forests of the Pacific lowlands of Colombia. Agroforestry Systems 85 (1): 121-131.

NICHOLS, E.; LARSEN, T.; SPECTOR, S.; DAVIS, L.; ESCOBAR, F.; FAVILA, M.; VULINEC, K. 2007. Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: a quantitative literature review and meta–analysis. Biological Conservation 137 (1): 1-19.

NUMA, C.; VERDÚ, J. R.; SÁNCHEZ, A.; GALANTE, E. 2009. Effect of landscape structure on the spatial distribution of Mediterranean dung beetle diversity. Diversity and Distributions 15 (3): 489-501.

PULIDO, L. A.; MEDINA, C. A.; RIVEROS, R. 2007. Nuevos registros de escarabajos coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) para la región andina de Colombia parte I. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 31 (19): 305-310.

ROJAS-DÍAS, V.; SAAVEDRA, C. A.; OSORIO, D.; MARTÍNEZ, J. 2004. Evaluación de la biodiversidad en áreas protegidas del departamento de Risaralda. pp. 79-115. En: WWF- Colombia, Programa Wildlife Conservation Society-Colombia/Fundación

EcoAndina. Análisis de representatividad y biodiversidad para la construcción del Sistema Regional de Áreas Protegidas del Eje Cafetero, SIRAP-EC. Cali, Colombia. 173 p.

SIB Colombia. 2012. Sistema de información sobre biodiversidad de Colombia. Disponible en: http://www.sibcolombia.net. [Fecha revisión: 1 abril 2013].

SIRAP–EC, SISTEMA REGIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS DEL EJE CAFETERO. 2013. Disponible en: http://www.sirapejecafetero.org.co [Fecha revisión: 1 abril 2013].

SPECTOR, S. 2006. Scarabaeinae dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) an invertebrate focal taxon for biodiversity research and conservation. The Coleopterists Bulletin, Monograph 5: 71-83.

VAZ DE MELLO, F. Z. 2008. Synopsis of the new subtribe Scatimina (Coleoptera: Scarabaeidae: Ateuchini) with descriptions of twelve new genera and review of *Genieridium*, new genus. Zootaxa 1955: 1-75.

VILLAREAL, H.; ÁLVAREZ, M.; CÓRDOBA, S.; ESCOBAR, F.; FAGUA, G.; GAST, F.; MENDOZA, H.; OSPINA, M.; UMAÑA, A. M. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Instituto de investigación de recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá. Colombia. 236 p.

WIECZOREK, J. 2011. Metadatos: Elementos perfil de metadatos GBIF (GMP) v2.0. En: Wieczorek, J. The GBIF Integrated Publishing Toolkit User Manual, Version 2.0. Traducido y adaptado del inglés por Escobar D. Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia, Bogotá D.C. Colombia. 17 p.

WORLDCLIM – GLOBAL CLIMATE DATA. 2013. Free climate data for ecological modeling and GIS. Disponible en: http://www.worldclim.org [Fecha revisión: 15 abril 2013].

ZÚÑIGA, M. C.; STARK, B. P.; CARDONA, W.; TAMARIS-TURIZO, C.; ORTEGA, O. E. 2007. Additions to the colombian *Anacroneuria* fauna (Plecoptera: Perlidae) with descriptions of seven new species. Illiesia 3 (13): 127-149.

Recibido: 4-ago-2013 • Aceptado: 27-abr-2014

Citación sugerida:

CULTID-MEDINA, C. A.; LOBO, J. M.; MEDINA, C. A.; GONZÁLEZ, F. A.; ESCOBAR, F.; CHACÓN DE ULLOA, P. 2014. Completitud del inventario de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en la Ecorregión del Eje Cafetero, Colombia. Revista Colombiana de Entomología 40 (1): 111-119. Enero-julio 2014. ISSN 0120-0488.