

ECOLOGY, BEHAVIOR AND BIONOMICS

Escarabajos Coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) de la Vertiente Noroccidental, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia

NEIS J MARTÍNEZ¹, HÉCTOR GARCÍA², LUZ A PULIDO³, DEIBI OSPINO², JUAN C NARVÁEZ⁴

¹Depto. de Biología, Univ. del Atlántico, Ciudadela Universitaria, km 7, antigua vía Puerto Colombia, Barranquilla, Colombia; neisjosemartinez@yahoo.es; ²Herbario; ³Grupo de Investigación Sistemática Biológica Univ. Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Ave. Central del Norte. Tunja, Colombia; ⁴INTROPIC, Univ. del Magdalena, Carrera n°22 - 08, PBX 4301292, Apartado postal 2-1-21630 Santa Marta, Colombia

Edited by André V L Freitas – IB/UNICAMP

Neotropical Entomology 38(6):708-715 (2009)

Dung Beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) of the Northwestern Slope of the Sierra Nevada of Santa Marta, Colombia

ABSTRACT - The community structure of dung beetles in the middle and lower river basin of the Gaira river, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia, is described. Four sites were selected along an altitudinal gradient of 50-940 m for sampling from June to October, 2004. Dung beetles were captured using modified pitfall traps and manual recollections. We captured 7,872 individuals belonging to 29 species, distributed in 15 genera and five tribes of Scarabaeinae. *Canthon* and *Onthophagus* were the most diverse genera, each represented by six species. The sampled sites shared the following species: *Onthophagus acuminatus* Harold, *O. clypeatus* Blanchard, *O. marginicollis* Harold. Bocatoma was the most diverse site with 23 species; whereas Port Mosquito presented the highest abundance, with 3,262 individuals. Seven species represented 89% of all captures: *Canthidium* sp., *Dichotomius* sp., *Uroxys* sp. 1, *Uroxys* sp. 2, *O. marginicollis*, *O. clypeatus* and *O. acuminatus*. Of the 29 captured species, 17 belonged to the functional group of diggers and 10 were ball-rollers. We did not observe significant among-site differences in community structure. Abiotic factors such as altitude, temperature and humidity cannot explain observed variation in community structure across sites, indicating other variables such as vegetation cover, density of the vegetation and soil type may play a role in the community structure of these insects.

KEY WORDS: Community, ecology, altitudinal gradient, structure and composition, Gaira river basin

RESUMEN - Se describe la estructura de la comunidad de escarabajos coprófagos en la cuenca media y baja del río Gaira, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. Se seleccionaron cuatro sitios de muestreo a lo largo de un gradiente altitudinal de 50-940 m, realizándose muestreos desde junio hasta octubre, 2004. La captura de los escarabajos se realizó con trampas pitfall modificadas y colecta manual. Se capturaron 7,872 individuos pertenecientes a 29 especies, repartidos en 15 géneros y 5 tribus de Scarabaeinae. *Canthon* y *Onthophagus* fueron los géneros más diversos con seis especies cada uno. Las cuatro estaciones comparten tres especies: *Onthophagus acuminatus* Harold, *O. clypeatus* Blanchard, *O. marginicollis* Harold. Bocatoma tuvo el mayor número de especies, 23; mientras que Puerto Mosquito con 3.262 individuos presentó la mayor abundancia. Las especies *Canthidium* sp., *Dichotomius* sp., *Uroxys* sp.1, *Uroxys* sp.2, *O. marginicollis*, *O. clypeatus* y *O. acuminatus* representaron el 89% de la abundancia en el área de estudio. Entre las 29 especies capturadas; 17 pertenecen a los cavadores, 10 a los rodadores y dos residentes. No se registraron diferencias significativas entre las cuatro estaciones con respecto a la estructura de la comunidad. Tampoco se observó correlación entre los factores abióticos y la estructura de la comunidad. La altitud, temperatura y humedad no explican las diferencias en la distribución de la comunidad, indicando que otras variables, como la cobertura vegetal, la densidad de la vegetación y el tipo de suelo pueden jugar un papel en la estructura de la comunidad de estos insectos.

PALABRAS CLAVES: Comunidad, ecología, gradiente altitudinal, estructura y composición, cuenca del río Gaira

Los coleópteros de la subfamilia Scarabaeinae se caracterizan por alimentarse de excrementos de vertebrados, principalmente de mamíferos (Halffter & Edmonds 1982). También pueden alimentarse de carroña, frutas y restos vegetales en descomposición (Hanski & Cambefort 1991). Los Scarabaeinae presentan una amplia distribución geográfica y pueden llegar a colonizar una gran variedad de hábitat (Halffter 1991). Dado que muchas de las especies tienden a especializarse en un rango altitudinal, tipo de suelo y tipo de bosque (Escobar 2000a), este grupo de insectos es atractivo para la realización de monitoreos biológicos (Celi & Dávalos 2001).

La altitud es una variable que frecuentemente se relaciona con los cambios en la riqueza y composición de las especies biológicas (Huston 1994). Lobo & Halffter (2000) plantean que el número de especies de Scarabaeinae disminuye a medida que aumenta la elevación, porque están adaptados a condiciones de altas temperaturas y humedad, por lo tanto dominan bosques de tierras bajas. A nivel mundial, el comportamiento de las comunidades de escarabajos coprófagos en gradientes altitudinales ha sido estudiado por autores como Lobo & Halffter (2000), Celi *et al* (2004) y Deloya *et al* (2007), quienes describen una disminución de la riqueza con el aumento de la altitud. En Colombia, se destacan los trabajos que han comparado la diversidad de escarabajos coprófagos en diferentes tipos de bosque, o rangos altitudinales (Escobar 2000a, Escobar & Chacón 2000, Escobar *et al* 2002). Sin embargo, los muestreos que se han realizado sobre los Scarabaeinae no han cubierto de manera sistemática los diferentes tipos de hábitat y regiones biogeográficas (Medina *et al* 2001). En la provincia biogeográfica de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM); Escobar (2000a) reporta cuatro especies, mientras que Noriega *et al* (2007) registró 57 especies más. También

se destaca el registro para esta zona de *Digitonthophagus gazella* Fabricius por Noriega *et al* (2006).

A pesar de la importancia de este grupo, existe una escasez de estudios en la SNSM por lo cual se hace indispensable realizar estudios sobre este grupo de escarabajos en esta región. Teniendo en cuenta lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo determinar la estructura y composición de la comunidad de escarabajos coprófagos a lo largo de un gradiente altitudinal, entre los 50 y 940 msnm en la cuenca media y baja del río Gaira; vertiente noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia.

Material y Métodos

Área de estudio. La cuenca del Río Gaira, está localizada en la vertiente noroccidental de la SNSM (Fig 1), departamento del Magdalena, Colombia (11°52'6" N, 74°11'07" O). Limita al norte con la cuenca del Río Manzanares, al sur con la cuenca del Río Toribio, al este con la cuenca del Río Guachaca y al oeste con el mar Caribe (Pérez 1962). La cuenca tiene un área de 10464.3 ha y la recorre el Río Gaira de este a oeste, con una longitud de 32.53 km aproximadamente desde su nacimiento hasta su desembocadura en playa Salguero, mar Caribe (Frayter *et al* 2000). Nace en las cuchillas de San Lorenzo y tiene un rango altitudinal que varía entre el nivel del mar y 2750 m. El promedio de precipitación mensual es de 209.9 mm en la parte alta (2,750 m), 179.1 mm en la parte media (650 m) y en la parte baja (4 m) es de 47.1 mm (UAESPNN 1998). El régimen de precipitación se ajusta a un patrón bimodal, con un periodo de menor intensidad de lluvias de diciembre a abril. Otro periodo más lluvioso en julio y agosto y un máximo de precipitación en octubre y noviembre; como acontece en gran parte del norte del

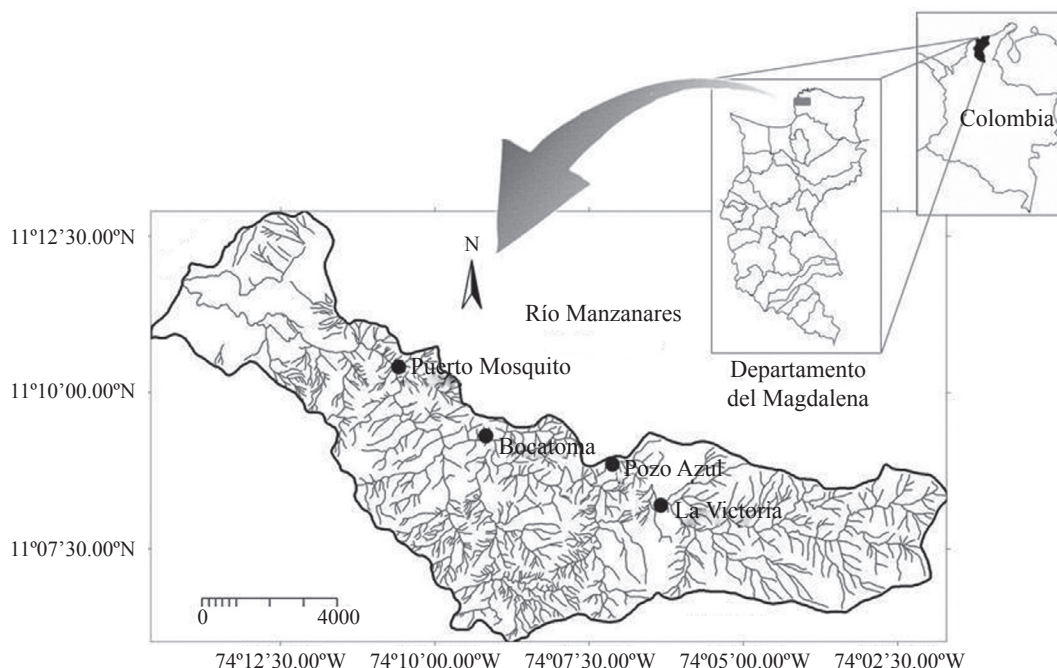


Fig 1 Localización de los sitios de muestreos en la cuenca media y baja del Río Gaira, Santa Marta, Colombia.

país (UAESPNN 1998). Los suelos están formados por yacimientos del paleozoico (Pro-Sierra 2003).

Según la clasificación establecida por Holdridge (1947) y ajustada para Colombia por Espinal & Montenegro (1963, 1977), en la Cuenca se presentan las siguientes zonas de vida: monte espinoso tropical (MET), bosque muy seco tropical (BTMS), bosque seco tropical (BST), bosque húmedo (BH), bosque muy húmedo (BMH) y bosque pluvial (BP) de los pisos premontanos y montano bajo. Los principales usos de la tierra en la cuenca media y baja es la agricultura, extracción de madera y ganadería, por lo que parte de la vegetación original ha dado paso a un mosaico de hábitats con grandes extensiones de bosque secundario y pastizales. Sin embargo, aun se conservan bosques de tipo primario, en especial en zonas que están protegidas por particulares y las han convertido en reservas. En el presente estudio se seleccionaron cuatro estaciones, ubicadas entre los 50 m y los 940 m en la cuenca media y baja del río Gaira.

La estación E1, o Puerto Mosquito, está localizada en el sector que lleva este mismo nombre y sus coordenadas geográficas son 11°10'26" N y 74°10'37" O. Se encuentra a una altitud de 50 m. La vegetación predominante pertenece a las familias Anacardiaceae, Burseraceae, Cactaceae, Capparaceae y Fabaceae. La estación E2, o Bocatoma, está localizada en la finca la Esmeralda y sus coordenadas geográficas son 11°09'04" N y 74°09'15" O a una altitud de 310 m. Predominan plantas de las familias Anacardiaceae, Bombacaceae, Burseraceae, Fabaceae y Moraceae. La estación E3, o Pozo Azul, se encuentra localizada en la finca La Martha. Las coordenadas son 11°08'17" N y 74°06'29" O, con una altitud de 740 m. La vegetación esta compuesta por plantas de las familias Anacardiaceae, Celastraceae, Fabaceae, Lauraceae y Moraceae. La estación E4, o La Victoria, se encuentra localizada en la hacienda que lleva este mismo nombre; ubicada en los 11°07'47" N y 74°05'42" O con una altitud de 940 m. Las familias de plantas predominantes son Melastomataceae, Meliaceae, Moraceae, Rubiaceae y Urticaceae. Las dos primeras estaciones, pertenecen a la formación vegetal de bosque muy seco tropical. La tercera al sistema de bosque seco tropical, mientras que la cuarta al bosque húmedo subtropical (Holdridge 1947).

Métodos de muestreo. Se realizaron tres muestreos entre junio y octubre de 2004. Los muestreos por estación se realizaron cada 45 días. En cada estación se ubicaron tres transectos lineales de manera perpendicular a la margen izquierda del río, cada uno separado por una distancia de 50 m. En cada transecto se colocaron cinco trampas de caída separadas por 30 m una de la otra, cubriendo la distancia de 120 m, obteniéndose 15 trampas por estación y en total 180 trampas en el estudio.

Técnicas de captura. Se utilizó la metodología propuesta por Escobar (1997) y Escobar & Chacón (2000) con algunas modificaciones. En este caso, los especímenes se capturaron con una trampa tipo *pitfall*, la cual consistió de un vaso desechable de 500 ml y 10 cm de diámetro. En la parte superior

se le colocó un alambre en forma de L invertida, al cual se le adaptó un recipiente de rollo fotográfico con perforaciones en los costados. La mitad de este recipiente contenía en su interior excremento humano. Las trampas fueron enterradas a nivel del suelo. Al vaso (500 ml) de cada trampa se le adicionó un cuarto de su capacidad con solución diluida de detergente. Todas las trampas fueron revisadas a las 24h de ser colocadas. De forma adicional, se realizaron capturas manuales, las cuales consistieron en revisar excrementos de ganado equino y vacuno, encontrados cerca al sitio de muestreo. Los individuos capturados con esta técnica no se incluyeron en las pruebas estadísticas. En cada estación se midió temperatura ambiente (°C) y humedad relativa. Los individuos se depositaron en las colecciones de entomología del Instituto Alexander Von Humboldt (IAvH, Villa de Leyva) y la Entomológica de la Universidad del Magdalena.

Análisis de los datos. Para la composición de especies se realizó un listado de especies por estación y se estimó la riqueza específica (S) y el índice de Margalef utilizando el programa Primer 5.0 (Clarke & Warwick 2001). Para la estructura de la comunidad se determinó la abundancia de coprófagos capturados por trampa de caída y la abundancia total para cada especie por estación y periodo de muestreo. La diversidad se estimó calculando los índices de Shannon-Wiener (H'), Simpson ($1-\lambda'$), equidad o Pielou (j) (Clarke & Warwick 2001, Villarreal *et al* 2004) y complementariedad (IC) propuesto por Colwell & Coddington (1994).

Se realizó un análisis de varianzas a una vía para determinar si existen diferencias estadísticas entre las estaciones. Los datos fueron analizados previamente para comprobar los supuestos de normalidad y homoscedasticidad, con las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Barlett respectivamente, mediante el paquete estadístico Statgraphic. Para determinar si existen diferencias en la composición de escarabajos coprófagos entre las cuatro estaciones; se aplicó la técnica de ANOSIM (Análisis de similitudes) con diseño a una vía (Clarke & Warwick 2001). Los datos de abundancia se ordenaron con base en el índice de similitud de Bray-Curtis, transformando las abundancias a logaritmo $\ln(x+1)$ para contrarrestar el peso de las especies más dominantes, pero sin disminuir su importancia (Clarke & Warwick 2001). Considerando a las especies que aportaron más del 10% de la abundancia total, se determinó las especies que tipificaron o caracterizaron las estaciones basado en la abundancia (rutina SIMPER -porcentajes de similitudes-PRIMER 5.0).

Para establecer la relación entre los patrones abióticos y biológicos observados, se utilizó la rutina Bioenv (Primer 5.0), con el fin de determinar la combinación de variables que formó el patrón abiótico de mayor ajuste a la ordenación biótica, a través del coeficiente de correlación de rangos de Spearman entre las dos ordenaciones (Clarke & Warwick 2001). El modelo lineal propuesto por Escobar (2000a), se utilizó para relacionar la riqueza de especies de Scarabaeinae con la altitud. La prueba de χ^2 (Chi cuadrado) se utilizó para probar si la riqueza de especies observada correspondería a la riqueza esperada. El criterio para rechazar la hipótesis nula fue un χ^2 tabulado de 3.841.

Resultados

Se capturó un total de 7.763 especímenes incluidos en cinco tribus, 15 géneros con 29 especies de Scarabaeinae (Material Suplementario 1). De estas, 27 especies se capturaron con el método de trampa de caída. En las colectas manuales, solo se capturaron 109 individuos pertenecientes a 14 especies, de las cuales *D. gazella* con 10 individuos en Puerto Mosquito y *Onthophagus* sp.3 con ocho en La Victoria, no estuvieron representadas en las trampas de caída. Los géneros con el mayor número de especies fueron *Canthon* y *Onthophagus*, con seis especies cada uno (Material Suplementario 1).

Composición y riqueza de especies. En general, no se observó un patrón altitudinal en la riqueza de especies (ANOVA: $F_{3,32} = 1.70$; $P > 0,05$); Sin embargo, a 310 m de altitud se observó el mayor número de especies (23) y a 940 m el menor con 15 (Material Suplementario 1). Este patrón en los valores de riqueza también se observó con el índice de Margalef (Tabla 1).

Las cuatro estaciones comparten las especies *Onthophagus acuminatus* Harold, *O. clypeatus* Blanchard, *O. marginicollis* Harold y cinco morfoespecies (*Canthon* sp.1, *Canthidium* sp., *Dichotomius* sp., *Uroxys* sp. 1 y *Uroxys* sp.2). *Ontherus sanctaemartae* Génier, *Deltochillum* sp. y *Onthophagus* sp.3 fueron exclusivas para la Victoria. *Malagoniella* sp. aff. *astyanax* y la morfoespecie *Onthophagus* sp. 2 sólo se observaron en la estación Bocatoma y *D. gazella* fue exclusiva en Puerto Mosquito. La estación de Pozo Azul no presentó especies exclusivas (Material Suplementario 1).

Estructura de la comunidad. Se colectaron 7.763 especímenes con las trampas de caída (Material Suplementario 1); de las cuales *Canthidium* sp., *Dichotomius* sp., *Uroxys* sp.1, *Uroxys* sp. 2, *O. marginicollis*, *O. clypeatus* y *O. acuminatus* representan el 89% de la abundancia. Puerto Mosquito presentó la mayor con 3.262 individuos y la menor en Pozo Azul con 1.088 (Material Suplementario 1). Las especies con mayor abundancia fueron *O. acuminatus* y *Uroxys* sp.1 que representan el 38,6% del total (Material Suplementario 1). *Uroxys* sp.1 fue la especie más abundante en Puerto Mosquito (1.273 individuos) y en Bocatoma *Canthidium* sp. (246). Por otro lado, *O. acuminatus* en Pozo Azul con 383 individuos y La Victoria con 1.068 respectivamente, fue la más abundante en estas estaciones

(Material Suplementario 1). Durante junio-julio se presentó la mayor abundancia (39,0%) y en septiembre-octubre la menor abundancia (31%) (Material Suplementario 1; Fig 2). *Uroxys* sp.1 fue la especie más abundante en el primer y segundo muestreo con 846 y 488 individuos colectados. En el tercer muestreo la especie más abundante fue *O. acuminatus*, con 994 individuos colectados.

La prueba ANOSIM indicó que no se presentaron diferencias en la composición y estructura de la comunidad de escarabajos coprófagos a lo largo del gradiente altitudinal estudiado (ANOSIM: $R = 0.053$; $P = 0.12$). La mayor similitud se observó entre los 310 y 940 m de altitud (ANOSIM: $R = 0.003$; $P = 0.33$ y la menor entre los 310 y 740 m de altitud ($R = 0.169$; $P = 0.061$). *Canthidium* sp., *Dichotomius* sp., *Uroxys* sp.1, *O. acuminatus* y *O. clypeatus* caracterizaron las cuatro estaciones por su patrón de abundancia. El porcentaje más bajo de similitud se presentó en la estación de Bocatoma (310 m) con 51,9 y el más alto en la Victoria (740 m) con 53,0 (Tabla 2). *Uroxys* sp.2 y *Canthon aberrans* Harold son dos especies adicionales que caracterizan las estaciones Puerto Mosquito y Bocatoma, y a esta última también hay que agregarle la especie *O. marginicollis*. En Pozo Azul y la Victoria, *Coprophanæus telamon* Erichson y *Eurysternus caribeus* Herdst contribuyen adicionalmente a la caracterización de estas dos estaciones (Tabla 2).

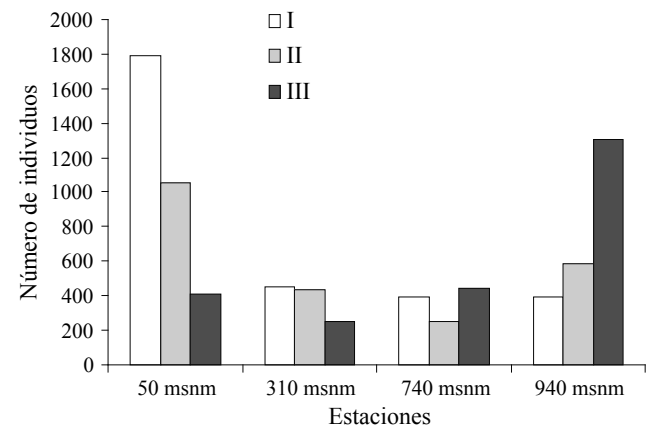


Fig 2 Abundancia de escarabajos coprófagos por estación y muestreo colectados en la cuenca media y baja del río Gaira, SNSM, Colombia. Muestreo I (junio-julio), II (julio-agosto), III (septiembre-octubre).

Tabla 1 Índices de diversidad en las cuatro estaciones de muestreo en la cuenca media y baja del río Gaira, SNSM, Colombia. En paréntesis se presentan los promedios y error estándar dentro de cada estación.

Índices/estaciones	50 m	310 m	740 m	940 m	$F_{GL: 3,32}$
Riqueza total (S)	16 (10.3 ± 1.1)	23 (10.3 ± 0.7)	17 (10.0 ± 0.7)	14 (8.2 ± 0.5)	1.7
Número de individuos	3262 (238.4 ± 62.3)	1132 (125.2 ± 29.1)	1088 (268.2 ± 76.8)	2281 (230.7 ± 50.1)	1.19
Riqueza de Margalef (d)	2.7 (1.8 ± 0.2)	3.3 (2.0 ± 0.2)	3 (1.8 ± 0.2)	2.2 (1.4 ± 0.1)	2.35
Diversidad de Simpson (1-λ')	0.8 (0.8 ± 0.03)	0.8 (0.7 ± 0.04)	0.8 (0.7 ± 0.04)	0.8 (0.7 ± 0.03)	0.55
Diversidad de Shannon-Wiener (H')	2.1 (1.6 ± 0.1)	2.1 (1.7 ± 0.1)	2 (1.6 ± 0.1)	2 (1.4 ± 0.1)	0.76
Equidad de Pielou (J')	0.7 (0.7 ± 0.03)	0.6 (0.7 ± 0.04)	0.6 (0.7 ± 0.03)	0.7 (0.7 ± 0.04)	0.09

Nivel de significancia = 0.05

Tabla 2 Porcentajes de similaridad (SIMPER) de especies que caracterizan a cada una de las estaciones, muestreadas en la cuenca media y baja del río Gaira, SNSM, Colombia.

Especies que caracterizan	50 m	310 m	740 m	940 m
<i>Canthidium</i> sp.	30.2	22.93	18.5	26.6
<i>Dichotomius</i> sp.	13.9	20.91	16.8	19.72
<i>Uroxys</i> sp.1	23.77	14.43	7.6	9.24
<i>Uroxys</i> sp. 2	9.76	11.16		
<i>Canthon aberrans</i>	6.17	7.64		
<i>Onthophagus acuminatus</i>	4.79	7.63	23.23	12.54
<i>Onthophagus clypeatus</i>	2.57	4.26	13.28	14.17
<i>Onthophagus marginicollis</i>		2.93		
<i>Coprophanaeus telamon</i>			6.53	3.54
<i>Eurysternus caribeus</i>			4.5	5.27
Similaridad promedio	51.97	51.93	53.04	52.02

Diversidad. Los valores de los índices de diversidad en las cuatro estaciones fueron muy similares. Ninguno presentó diferencias significativas (Tabla 1). El índice de complementariedad presentó el menor valor en las estaciones que están a 50 m y 310 m y las ubicadas a 310 m y 740 m (0.40). Se evidenció que estas estaciones son las más similares en cuanto a la composición de escarabajos coprófagos. Las estaciones ubicadas a 50 y 940 m de altitud presentaron el mayor valor de complementariedad (0.66, Tabla 3).

Patrones de nidificación. De las 29 especies capturadas, 10 son de hábitos rodadores, 17 cavadoras y dos residentes o endocopridos (Material Suplementario 1). Las especies rodadoras están incluidas en los géneros *Agamopus*, *Canthon*, *Deltochillum*, y *Malagoniella*. Las especies cavadoras pertenecen a los géneros *Canthidium*, *Coprophanaeus*, *Dichotomius*, *Digitonthophagus*, *Ontherus*, *Onthophagus*, *Oxysternon*, *Phanaeus*, *Scatimus* y *Uroxys* (Material Suplementario 1). En las cuatro estaciones, predominaron las especies cavadoras sobre las rodadoras.

Variables ambientales. La temperatura ambiental y la humedad relativa se comportaron de manera diferencial con la altitud. La temperatura disminuye y la humedad aumenta cuando se incrementa la altitud (Tabla 4). Con el procedimiento BIOENV no se observó una correlación significativa entre la estructura de la comunidad de escarabajos coprófagos y las variables

Tabla 3 Índice de complementariedad (Colwell & Coddington 1994) en las cuatro estaciones de la cuenca media y baja del río Gaira, SNSM, Colombia. Entre paréntesis se presenta el número de especies compartidas.

	Estaciones complementarias			
	50 m	310 m	740 m	940 m
Riqueza	17	23	17	15
Estaciones				
50 m	-	(15)	(12)	(8)
310 m	0.40	-	(15)	(10)
740 m	0.45	0.40	-	(11)
940 m	0.66	0.64	0.47	-

ambientales. El valor de correlación con la temperatura fue de 0,127 y para la humedad de 0,025. Los resultados del modelo lineal indican que el número de especies observadas es similar en tres estaciones, excepto Puerto Mosquito. En esta estación, los valores observados se alejaron significativamente de los esperados ($\chi^2 = 6,32$; $P < 0.05$). A 310, 740 y 940 m de altitud, se observaron el 82%, 70.3% y 68% de las especies esperadas respectivamente.

Discusión

Este estudio constituye uno de los primeros esfuerzos sistemáticos para el conocimiento de los escarabajos coprófagos en la vertiente noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM). Se capturaron 29 especies de escarabajos coprófagos en la cuenca media y baja del río Gaira, SNSM (Colombia). Este valor no se alejó de los documentados por otros autores en estudios realizados en el Neotrópico (Peck & Forsyth 1982, Halffter *et al* 1992, Escobar & Valderrama 1995, Deloya *et al* 2007), los cuales estimaron entre 18 y 31 especies.

La riqueza de especies más alta se presentó en altitudes medias (300 m y 700 m), donde predomina la vegetación boscosa. Esto puede deberse a la influencia de la cobertura vegetal en la distribución de los Scarabaeinae, ya que la estratificación vertical y la densidad de la vegetación en zonas cerradas disminuye la temperatura y la insolación, con una mayor humedad (Medina & Kattan 1996, Escobar 2000a). Estos resultados fueron similares a los registrados en bosques secos en la región caribeña de Colombia por el IAvH (1997). El efecto de la vegetación en la distribución

Tabla 4 Valores de las variables ambientales por muestreo (I, II, III) y estación en la cuenca media y baja del río Gaira, SNSM, Colombia.

Variables	Estaciones											
	50 m			310 m			740 m			940 m		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Temperatura ambiente (°C)	30.5	28.5	28	26.5	26	28	25.5	25.5	25	25.5	23.8	25
Humedad relativa (%)	70	66	64	83	83	79	83	87	82	91	91	86

de los escarabajos coprófagos es documentado por Halffter & Edmonds (1982), Medina & Kattan (1996), Castellanos *et al* (1999) y Escobar (2000a).

La similaridad en la composición y riqueza entre la Bocatoma y Pozo Azul, se debe a que presentan las mismas condiciones ambientales (régimen de precipitaciones, tipo de vegetación, humedad). Ambas estaciones se caracterizan por presentar las condiciones presentes en bosque seco tropical (Holdridge 1947, 1979). También se podría considerar que estas dos estaciones se comportan como una "zona de transición" entre la cuenca media y baja del río Gaira. Además, el índice de complementariedad entre estas estaciones mostró un valor bajo, indicando que comparten un número importante de las especies. Por otra parte, la poca similaridad entre Puerto Mosquito-Bocatoma con la Victoria se debe al bajo número de especies compartidas, sugiriendo que albergan una fauna de Scarabaeinae particular para cada una ellas; permitiendo una mayor tasa de recambio de especies y el mayor grado de antropización que se observó en las estaciones de menor altitud.

Los análisis realizados permiten confirmar que las cuatro estaciones que conforman el gradiente son poco similares y comparten más del 35% del total de especies obtenidas. Se observó que las especies de los géneros *Canthon*, *Canthidium*, *Dichotomius*, *Uroxys*, y *Onthophagus marginicollis*, *O. clypeatus* y *O. acuminatus* son de amplia distribución con respecto al gradiente estudiado. Otras están restringidas a un determinado rango altitudinal (50-740 m), tales como *C. aberrans*, *C. lituratus* Germar y *Deltochillum gibbosum* Fabricius. La especie endémica *O. sanctaemartae* fue capturada únicamente a 940 m, donde predominan bosques pocos intervenidos, de gran altura y cobertura y existe menor presión sobre mamíferos y aves grandes. Las especies *O. acuminatus* y *O. clypeatus*, junto con las del género *Canthidium*, *Dichotomius* y *Uroxys*, se caracterizaron por estar en todas las estaciones. Estas constituyen las especies típicas comunes a lo largo del gradiente altitudinal estudiado, teniendo en cuenta la abundancia. El tipo de suelo franco-arcilloso en el área de estudio podría estar explicando la distribución y abundancia de estas especies cavadoras. Esto le estaría facilitando a los escarabajos coprófagos cavadores construir sus madrigueras para esconder el excremento y la cría de sus larvas.

El número de especies observadas fue similar al número de especies esperadas, excepto para la estación ubicada a 50 m (Puerto Mosquito). En esta localidad, se observó un incremento de los procesos de colonización antrópica, fragmentación y destrucción de los remanentes de bosque, lo que puede sugerir que son algunas de las causas que explican estos resultados. Las especies que se capturaron en este sector se caracterizan porque colonizan fácilmente ambientes contrastantes, adaptadas a hábitats abiertos y alterados. Además, en Puerto Mosquito se observó la mayor abundancia de especies que tienen preferencias por el excremento de ganado (García & Pardo 2004), recurso que se encuentra disponible en esta zona por la presencia de gran cantidad de ganado vacuno. La diferencia en disponibilidad de estiércol en sitios abiertos con respecto a zonas con densa cobertura vegetal, favorece la dominancia de especies asociadas a estas zonas (Montes de Oca 2001) y el efecto que pueda

tener el excremento humano por una mayor emisión de sustancias volátiles que sean atractivas para los escarabajos coprófagos.

El vacío de conocimiento sobre la taxonomía de Scarabaeinae en el país, en especial para la SNSM no permitió determinar algunas especies y posiblemente se trate de especies no registradas para esta provincia biogeográfica. Considerando la revisión de Escobar (2000a) y el listado realizado por Noriega *et al* (2007) se incluyen dos nuevos registros para la provincia SNSM, *Agamopus lampros* Bates y *C. aberrans*. Otro aporte es la confirmación de la presencia de *D. gazella* en esta zona, la cual tiene origen indo-africano y se encuentra registrada en varios países de América (USA, Chile, México y Brasil) bajo la categoría de especie introducida.

Este estudio no reveló un patrón altitudinal en la estructura de la comunidad de escarabajos coprófagos en la cuenca media y baja del río Gaira. La cercanía relativa y la similaridad en los tipos de vegetación de las estaciones muestreadas podrían ser las causas de estos resultados. Esto también se debe a que la mayoría de las especies se encuentran presentes en las diferentes estaciones que se estudiaron y están adaptadas a las diferentes condiciones microclimáticas que predominan en cada hábitat. Los resultados obtenidos en la composición y estructura de la comunidad no concuerdan con otros trabajos realizados en bosques secos tropicales, donde se registran cambios importantes en la abundancia de las especies de Scarabaeinae entre épocas climáticas (Janzen 1983, Escobar 1997). Lo anterior puede deberse al tiempo corto de muestreo y se ha determinado que las comunidades de coleópteros coprófagos presentan estacionalidad (Janzen 1983).

Los índices ecológicos no reflejaron un patrón altitudinal, ya que se evidenció que sólo pocas especies (seis) constituyen en conjunto la mayor abundancia. Por otro lado, el modelo lineal propuesto por Escobar (2000a); no se ajusta al gradiente altitudinal donde se realizó este estudio por que la estructura y composición no presentó diferencias significativas. Los valores de diversidad fueron menores que los obtenidos en otras regiones de Colombia (Amat *et al* 1997, Pardo-Lorcano 1997, Amezcuita *et al* 1999, Pulido-H *et al* 2003) y los realizados en la selva húmeda amazónica de Ecuador (Peck & Forsyth 1982) y Brasil (Klein 1989) y en los "Los Tuxtlas", México (Estrada & Coates-Estrada 2002). Este resultado era predecible, ya que en las zonas con menor altitud el número de especies de coprófagos aumenta (Hanski 1983). Sin embargo, en este estudio la diversidad fue mayor que en los relictos de bosque alto andino (Amat *et al* 1997).

Factores como la diversidad de recursos alimenticios (excretas de vertebrados, frutos y restos de animales en descomposición), condiciones edáficas de textura firme favorables para la fauna coprófaga, conllevan a un aumento de la riqueza y diversidad en esta área. La mayor riqueza de cavadores se ve favorecida por las características del suelo que favorece el establecimiento de nido en galerías, lo que facilita que las especies entierren el alimento más rápidamente (Hanski & Cambefort 1991). Además, la gran cobertura arbórea en las zonas muestreadas evita la desecación en el interior de los nidos y mantienen las condiciones de humedad óptima para la presencia de escarabajos coprófagos cavadores

(Sowing 1996, Escobar 2000b).

Los factores abióticos no explicaron el comportamiento de la comunidad de escarabajos coprófagos. Es necesario, que en próximos trabajos se consideren otras variables como la precipitación y la cobertura vegetal, establecer rangos altitudinales más amplios y realizar muestreos mensuales sistemáticos durante todo el año.

Agradecimientos

Al Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt por el apoyo económico y la consulta de su Colección. Eduino Carbonó (Herbario Universidad del Magdalena) por la verificación de la identificación de la vegetación. A Cuauhtémoc Deloya y Nico Franz por la revisión del manuscrito. Federico Escobar y Fernando Vaz de Mello (Instituto de Ecología A.C., México) por facilitar bibliografía de escarabajos y confirmar la determinación de algunos especímenes. Jorge Ari Noriega, por las sugerencias realizadas al trabajo y por el apoyo con bibliografía especializada en escarabajos coprófagos. Luz Adriana Velasco, Fernando Valencia, Diógenes Carmona y Mike Weber por permitirnos trabajar en sus fincas y por su gran hospitalidad. Los autores agradecen a los dos evaluadores anónimos por sus valiosos comentarios.

Referencias

- Amat G, Lopera A, Amezcua S (1997) Patrones de distribución de escarabajos coprófagos (Scarabaeidae) en un relicto del Bosque Alto Andino, Cordillera Oriental de Colombia. *Caldasia* 19: 191-204.
- Amézquita S J, Forsyth A, Lopera A, Camacho A (1999) Comparación de la composición y riqueza de especies de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en remanentes de bosque de la Orinoquia Colombiana *Acta Zool Mex (ns)* 76: 113-126.
- Castellanos M, Escobar F, Stevenson P (1999) Dung beetles (Scarabaeinae, Aphodiinae) attracted to woolly monkey (*Lagothrix lagotricha*) dung at Tinigua National Park, Colombia. *Coleopt Bull* 53: 155-159.
- Celi J, Dávalos A (2001) Manual de monitoreo. Los escarabajos peloteros como indicadores de la calidad ambiental. *EcoCiencia*, Quito 7, 1p.
- Celi J, Terneus E, Torres J, Ortega M (2004) Diversidad de escarabajos del estiércol (Coleoptera: Scarabaeinae) en un gradiente altitudinal en la Cordillera del Cutucú, Mora Santiago, Amazonía ecuatoriana. *Lyonia* 15: 2-16.
- Clarke K R, Warwick R M (2001) Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. *Natural Environment Research Council*, UK, 144p.
- Colwell R, Coddington J (1994) Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Phil Trans R Soc Lond* 345: 101-118.
- Deloya C, Parra V, Delfin H (2007) Fauna de coleópteros Scarabaeidae Laparosticti y Trogidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) asociados al Bosque Mesófilo de Montaña, cafetales bajo sombra y comunidades derivadas en el Centro de Veracruz, México. *Neotrop Entomol* 36: 5-21.
- Escobar F (1997) Estudio de la comunidad de coleópteros (Scarabaeidae) en un remanente del Bosque Seco del Norte del Tolima, Colombia. *Caldasia* 19: 419-430.
- Escobar F (2000a) Diversidad y distribución de los escarabajos del estiércol (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de Colombia. En Martín-Piera F, Morrone J J, Melic A (eds), Hacia un proyecto CYTED para el inventario y estimación de la diversidad entomológica en Iberoamérica: PRIBES-2000, p.197-210. *Monografías Tercer Milenio*, Zaragoza, España.
- Escobar F (2000b) Diversidad de coleópteros coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en un mosaico de hábitat en la Reserva Natural Nukak, Guaviare, Colombia. *Acta Zool Mex (ns)* 79: 103-121.
- Escobar F, Chacón P (2000) Distribución espacial y temporal en un gradiente de sucesión de la fauna de coleópteros coprófagos (Scarabaeinae Aphodiinae) en un bosque tropical montano, Nariño-Colombia. *Rev. Biol. Trop.* 48: 961-975.
- Escobar F, Kattan G, Medina C (2002) Diversity and habit use of dung beetle in a restored Andean landscape. *Biotropica* 34: 181-187.
- Escobar F, Valderrama C (1995) Comparación de la biodiversidad de artrópodos de bosque a través del gradiente altitudinal Tumaco-Volcán de Chiles (Nariño); evaluación del efecto de la deforestación Financiera Eléctrica Nacional (FEN), Fundación FES, Fundación McArthur, Informe Final.
- Espinal T, Montenegro E (1963) Formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico de Colombia. (con la elaboración de los Drs. L. R. Holdridge Y J. Tosi Jr.) Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Departamento Agrológico, Imprenta Canal Ramírez. 201p.
- Espinal T, Montenegro E (1977) Zonas de vida o formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico de Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, INAC. Departamento Agrológico. Vol. XIII No. 11, Bogotá, 238p.
- Estrada A, Coates-Estrada R (2002) Dung beetles in continuous forest, forest fragments and in an agricultural mosaic habitat island at Los Tuxtlas, Mexico. *Biodiv Conserv* 11: 1903-1918.
- Frayter V, Jiménez E, Valero O, Pavón R (2000) Plan de manejo integral de la cuenca hidrográfica del Río Gaira. Tesis de pregrado, Universidad del Magdalena, Facultades de Ciencias agropecuarias y Ciencias económicas y administrativas, Programas de Ingeniería Agronómica y Economía, Santa Marta D.T.C.H., 286p.
- García-Ramírez J C, Pardo-Locarno L C (2004) Escarabajos Scarabaeinae saprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en un bosque muy húmedo premontano de los Andes occidentales colombianos. *Ecol Apl* 3: 59-63.

- Halffter G (1991) Historical and ecological factors determining the geographical distribution of beetle (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Folia Entomol Mex* 82: 195-238.
- Halffter G, Edmonds W D (1982) The nesting behavior of dung beetles Scarabaeinae). An ecological and evolutive approach. Instituto de Ecología, Distrito Federal, 176p.
- Halffter G, Favila M E, Halffter V (1992) A comparative study of the structure of the scarab guild in Mexican tropical rain forests and derived ecosystems. *Folia Entomol Mex* 84: 131-156.
- Hanski I (1983) Distributional ecology and abundance of dung and carrion-feeding beetles (Scarabaeidae) in tropical rain forests in Sarawak, Borneo. *Acta Zool Fenn* 167: 1-45.
- Hanski I, Cambefort Y (1991) *Dung beetle ecology*. Princeton University Press, New Jersey, 520p.
- Holdridge L (1947) Determination of world plant formation from simple climatic data. *Science* 105: 367-368.
- Holdridge L (1979) *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas San José, 159p.
- Huston M A (1994) *Biological diversity*. Cambridge University Press. Cambridge. i-xix + 681p.
- Instituto Alexander Von Humboldt – IAVH (1997) Caracterización ecológica de cuatro remanentes de bosque seco tropical de la región Caribe colombiana. Grupo de Exploraciones Ecológicas Rápidas, IAVH, Villa de Leyva. 76p.
- Janzen D (1983) Seasonal changes in abundance of large nocturnal dung beetles (Scarabaeidae) in Costa Rica deciduous forest and adjacent horse pasture. *Oikos* 33: 274-283.
- Klein B C (1989) Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in Central Amazonia. *Ecology* 70: 1715-1725.
- Lobo J M, Halffter G (2000) Biogeographical and ecological factors affecting the altitudinal variation of mountainous communities of coprophagous beetles (Coleoptera, Scarabaeoidea): a comparative study. *Ann Entomol Soc Am* 93: 115-126.
- Medina C A, Kattan G (1996) Diversidad de coleópteros coprófagos (Scarabaeidae) de la reserva forestal de Escalante. *Cespedesia* 21: 89-101.
- Medina C, Lopera A, Vitolo A, Gill B (2001) Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de Colombia. *Biota Colombiana*. 2: 131-144.
- Montes de Oca E (2001) Escarabajos coprófagos de un escenario ganadero típico de la región de los Tuxtlas, Veracruz, México: importancia del paisaje en la composición de un gremio funcional. *Acta Zool Mex (ns)* 82: 111-132.
- Noriega J A, Solis C, Escobar F, Realpe E (2007) Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) de la provincia de la Sierra Nevada de Santa Marta. *Biota Colomb* 8: 77-86.
- Noriega J A, Solis C M, Quintero I, Jerez L G, García H G, Ospino D A (2006) Registro continental de *Digitonthophagus gazella* (Coleoptera: Scarabaeidae) en Colombia. *Caldasia* 28: 379- 381.
- Pardo-Lorcana L (1997) Muestreo preliminar de los escarabajos copronecrófilos (Coleoptera: Scarabaeidae) de las selvas de la Fragua, cuenca baja del río Calambre (Valle). *Cespedecia* 22: 59-80.
- Peck B, Forsyth A (1982) Composition, structure and comparative behavior in a guild of Ecuadorian rain forest dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae). *Can J Zool* 60: 1624-1634.
- Pérez C (1962) Estudio ecológico para el manejo de las cuencas de los ríos Gaira y Manzanares de la Sierra Nevada de Santa Marta. Trabajo elaborado para la Corporación Autónoma Regional de los valles del Magdalena y del Sinú- CVM. Revista ACODAL, 112p.
- Pro-Sierra (2003) Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta. www.prosierra.org (fecha ultimo ingreso, Noviembre de 2004).
- Pulido L A, Riveros R A, Gast F, Von Hildebrand P (2003) Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) del Parque Nacional Natural “Serranía de Chiribiquete”, Caqueta, Colombia (Parte I), p.51-58. En Onore G, Reyes-Castillo P, Zunino M (eds), *Escarabajos de Latinoamérica: estado de su conocimiento*. Monografías Tercer Milenio, vol 3, SEA, Zaragoza.
- Sowig P (1996) Brood care in the dung beetle *Onthophagus vacca* (Coleoptera: Scarabaeidae): the effect of soil moisture on time budget, nest structure, and reproductive success. *Ecography* 19: 254-258.
- Unidad Administrativa Especial del sistema de parques nacionales naturales, UAESPNN (1998) *El sistema de parques nacionales naturales de Colombia*. Ministerio Del Medio Ambiente. Editorial Nomos, Colombia, p.103-111.
- Villareal H, Álvarez M, Córdoba S, Escobar F, Fagua G, Gast F, Mendoza H, Ospina M, Umaña A (2004) *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Programa de inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, 236p.

Received 13/XI/07. Accepted 21/IX/09.

Material Suplementario 1

Martínez N J, García H, Pulido L A, Ospino D, Narváez J C (2009) Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) de la vertiente Noroccidental, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Neotrop Entomol* 38(6): 708-715.

Riqueza, abundancia y relocalización del alimento de las especies de Scarabaeinae en la SNSM, Colombia.

Tribu	Especies	E1(50 m)	E2 (310 m)	E3 (740 m)	E4 (940 m)	Total	Gremio
Canthonini	<i>Agamopus lampros</i> Bates	0	174	2	0	176	R
	<i>Canthon aberrans</i> Harold	93	138	1	0	232	R
	<i>Canthon juvenicus</i> Harold	25	15	0	0	40	R
	<i>Canthon lituratus</i> Germar	7	16	3	0	26	R
	<i>Canthon</i> sp.1	8	1	31	13	53	R
	<i>Canthon</i> sp.2	5	3	0	0	8	R
	<i>Canthon</i> sp.3	2	0	1	0	3	R
	<i>Deltochillum gibbosum</i> Fabricius	1	8	1	0	10	R
	<i>Deltochillum</i> sp.	0	0	0	1	1	R
	<i>Malagoniella astyanax</i> Olivier	0	1	0	0	1	R
Dichotomiini	<i>Canthidium</i> sp.	559	246	115	336	1256	C
	<i>Dichotomius</i> sp.	186	154	177	31	548	C
	<i>Ontherus sanctaemartae</i> Génier	0	0	0	22	22	C
	<i>Scatimus ovatus</i> Harold	0	17	2	0	19	C
	<i>Uroxys</i> sp.1	1278	121	12	82	1493	C
	<i>Uroxys</i> sp.2	1073	116	1	3	1193	C
Eurysternini	<i>Eurysternus caribeus</i> Herdst	0	1	31	27	59	En
	<i>Eurysternus</i> sp.	0	1	0	14	15	En
Onthophagini	<i>Onthophagus acuminatus</i> Harold	2	51	383	1068	1504	C
	<i>Onthophagus clypeatus</i> Blanchard	1	3	286	616	906	C
	<i>Onthophagus marginicollis</i> Harold	20	20	1	1	42	C
	<i>Onthophagus</i> sp.1	1	3	0	0	4	C
	<i>Onthophagus</i> sp.2	0	7	0	0	7	C
Phanaeini	<i>Coprophanæus telamon</i> Erichson	0	8	39	48	95	C
	<i>Oxysternon conspicillatum</i> Weber	0	0	2	19	21	C
	<i>Phanaeus pyrois</i> Bates	1	22	0	0	23	C
	<i>Phanaeus</i> sp.	0	6	0	0	6	C
Número de especies		16	23	17	14	23	
Número de individuos		3262	1132	1088	2281	7763	

R = rodador, C = cavador, En = endocoprino. E = estación de muestreo. Manualmente, se capturaron 10 individuos de la especie *Digitonthophagus gazella* Fabricius en E1 y *Onthophagus* sp.3 con ocho especímenes en E4 y pertenecen al grupo de los cavadores (C).