

**COMPARACIÓN DE LA COMUNIDAD DE ESCARABAJOS COPRÓFAGOS
(COLEOPTERA: SCARABAEIDAE: SCARABAEINAE) EN UNA ZONA DE USO
GANADERO Y EN UN RELICTO DE BOSQUE SECO TROPICAL DEL
DEPARTAMENTO DE SUCRE**

**LUIS EDUARDO NAVARRO IRIARTE
KENNYA MARGARITA ROMAN ALVIZ**

**UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE EDUCACION Y CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
SINCELEJO – SUCRE**

2009

**COMPARACIÓN DE LA COMUNIDAD DE ESCARABAJOS COPRÓFAGOS
(COLEOPTERA: SCARABAEIDAE: SCARABAEINAE) EN UNA ZONA DE USO
GANADERO Y EN UN RELICTO DE BOSQUE SECO TROPICAL DEL
DEPARTAMENTO DE SUCRE**

**LUIS EDUARDO NAVARRO IRIARTE
KENNYA MARGARITA ROMAN ALVIZ**

Director:

**ANTONIO MARIA PEREZ HERAZO
Ingeniero Agrónomo MSc. Entomología**

Codirector:

**HERNANDO GÓMEZ FRANKLIN
Biólogo – Botánico**

**UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE EDUCACION Y CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
SINCELEJO – SUCRE**

2009

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Sincelejo, noviembre de 2009

“Únicamente los autores son responsables de las ideas expuestas en el presente trabajo”.

Art. 12 Res. 02 de 2003

Consejo Académico Universidad de Sucre

DEDICATORIA

Tras poco más de un año de INTENSO trabajo, se da por concluida la primera etapa de mi formación, iniciando esta nueva fase con todos los logros alcanzados y nuevas metas por conquistar...

Agradezco a todos aquellos que lo hicieron posible...

A Dios por la protección que me brindó y por no ABANDONARME JAMAS...

A mis directores de tesis: Antonio Ma. Pérez Herazo por sus valiosos consejos y brindarnos su experiencia. A Hernando Gómez Franklin por ser el "AUTOR INTELECTUAL" de esta maravillosa investigación y convertirnos en los "AUTORES MATERIALES" de la misma...

A mis profesores, amigos y compañeros que siempre preguntaron: "Hey, ¿Cuándo hay grado?"

A mis padres Delcy y Luis por su apoyo, su preocupación y su INMESO esfuerzo por sacarme adelante...

A mi manita Ingrid por su apoyo, por financiarme este sueño y por estar siempre allí...

A mi hermana Ivon por sacarme de apuros y apoyarme...

A mis hermanos Ibeth e Ivan por su apoyo...

A Jorge Bertel, al Sr. Ubaldo y la Sra. Leidys, a la Sra. Teresita, al Sr. Roger "nuestro guía de campo" y a todo el Clan Mendivil, por acogernos en su hogar como uno más de la familia...

A la vereda El Paraíso N°1 por acogernos entre ellos...

A la Naturaleza por ser tan maravillosa, inspiradora y develarnos sus secretos...

A todos los que siempre estuvieron conmigo brindando de alguna manera su apoyo...

Luis Eduardo Navarro Iriarte

DEDICATORIA

Con la satisfacción del deber cumplido me regocijo en poder expresar mi agradecimiento a quienes con su apoyo moral, espiritual, físico y económico contribuyeron a obtener este triunfo.

Al Ser Supremo, mi guía y luz en medio del camino, **PORQUE TODO SE
LO DEBO A ÉL!!!**

A mis tutores: Antonio María Pérez-Herazo, por su apoyo y por ofrecernos valiosas enseñanzas para toda la vida y a Hernando Gómez Franklin, por ser el “culpable” de nuestro trabajo de grado y por impulsarnos a lograr nuestros objetivos.

A mis profesores de toda la vida, compañeros y súper-amigos, no hace falta dar sus nombres... ellos se saben aludidos.

A mis madres: Bonny, Virginia y Alfonsina por darme lo mejor de sí cada día, por sus deseos, sacrificios y por apoyarme siempre.

A mis madres: Manuzlita, Nelly y Vita, Tía Ana, a mis tíos y Primis por su apoyo y cariño.

A mi papá Blasco por ser mi apoyo incondicional y el guía que el universo me asignó.

A mis hermanitos por estar siempre a mi lado, por cuidarme y mostrarme a cada instante su cariño.

A Jorge Elizezer, al combo de la Familia Mendivil y allegados, así como a la comunidad de la Vereda El Paraiso No 1.

A nuestro auxiliar de campo Roger Mendivil y su familia.

A Yesik, Sadam, Mocho, Konan, Pancha, Pre-lavado, Rago y Bonita por hacer de nuestra etapa de maestro una experiencia inolvidable.

A quienes conocí gracias al trabajo de grado y que en más de una oportunidad me han “salvado la vida”.

A los zscarabajos por dejarse capturar...

A mis familiares de sangre y de la vida por estar siempre ahí...

iiiMil y mil gracias!!!

Kennya Margarita

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad de Sucre.

Agradecemos al Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales Área Entomología por permitir el desarrollo de nuestro trabajo en sus instalaciones, y a su director Dr. Javier Darío Beltrán.

A nuestros tutores Antonio Pérez-Herazo y Hernando Gómez Franklin por brindarnos las enseñanzas necesarias para llevar a feliz término nuestro trabajo de grado y para ser mejores personas.

A la comunidad de la Vereda El Paraíso N° 1, Colosó, Sucre, por su apoyo invaluable durante la etapa de muestreos, especialmente a Jorge Bertel, Familias Mendivil Buelvas y Mendivil Arroyo por permitirnos ser como de su casa. A la Familia Martínez Corena por suministrarnos los datos pluviométricos y por su amistad.

A la familia Alviz Feria, a Blasco Alviz, y la familia Navarro Iriarte por financiar esta investigación.

Agradecemos muy especialmente al Dr. Federico Escobar Sarria del Instituto de Ecología, A. C., Xalapa, México, por el envío de material bibliográfico, colaboración en la identificación y la confirmación de los especímenes, así como por su valiosa asesoría.

Agradecemos a José Mauricio Montes R. de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, por su invaluable ayuda en la determinación taxonómica, envío de material bibliográfico y observaciones al manuscrito final.

Al taxónomo Fernando Vaz-de-Mello Ph. D de la Universidade Federal de Lavras, Brasil, por la confirmación de especímenes.

Al Museo Entomológico Francisco Luis Gallego de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín y a su curador Dr. John Albeiro Quiroz Gamboa, por permitirnos el acceso a la colección de referencia de escarabajos coprófagos y por la identificación de material.

A la Dra. Claudia Alejandra Medina del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt por el envío de material bibliográfico.

Agradecemos a Alberto Marino Alviz Feria, Sheila Alviz y a revisores anónimos cuyas contribuciones mejoraron significativamente este trabajo.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
LISTA DE TABLAS	13
LISTA DE FIGURAS	14
LISTA DE ANEXOS	15
LISTA DE ABREVIATURAS	17
1. INTRODUCCIÓN	18
2. OBJETIVOS	20
2.1. OBJETIVO GENERAL	20
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	20
3. ESTADO DEL ARTE	21
3.1. ORDEN COLEOPTERA	21
3.2. FAMILIA SCARABAEIDAE	23
3.3. SUBFAMILIA SCARABAEINAE	23
3.4. TRIBUS DE LA SUBFAMILIA SCARABAEINAE	24
3.5. GENERALIDADES DE LOS COLEOPTEROS COPRÓFAGOS	24
3.6. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO DE LOS COLEOPTEROS COPRÓFAGOS EN COLOMBIA	26
3.7. IMPORTANCIA Y BENEFICIOS DE LOS ESCARABAJOS COPROFAGOS	28
3.8. LOS ESCARABAJOS COPROFAGOS COMO BIOINDICADORES	30
3.9. ESCARABAJOS COPROFAGOS, BOSQUES SECOS TROPICALES Y ZONAS GANADERAS EN COLOMBIA	32
4. METODOLOGIA	35
4.1. ZONA DE ESTUDIO Y AREAS DE MUESTREO	35
4.2. PERÍODO DE MUESTREO	37

4.3. MUESTREO Y METODOS DE CAPTURA	37
4.3.1. TRAMPAS PITFALL O DE CAIDA	37
4.3.2. TRAMPAS DE INTERCEPTACION DE VUELO	38
4.3.3. CAPTURA MANUAL	39
4.4. PRESERVACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LOS ESPECÍMENES COLECTADOS	39
4.5. TRATAMIENTO DE LOS DATOS	40
5. RESULTADOS	43
Inventario de escarabajos coprófagos.	43
Riqueza, abundancia y diversidad de especies.	47
Gremios de escarabajos coprófagos.	49
Cambios en la riqueza y abundancia durante el período de muestreo.	49
Especies compartidas y exclusivas	54
6. DISCUSION	55
7. CONCLUSIONES	63
8. RECOMENDACIONES	65
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
10. ANEXOS	79

RESUMEN

En este estudio se presenta los resultados de la comparación de comunidades de escarabajos coprófagos en un relicto de bosque seco tropical y una zona de uso ganadero localizadas en la Serranía de Coraza, Colosó – Sucre. Para ello, se realizaron 14 muestreos, entre marzo de 2008 y marzo de 2009, utilizando dos tipos de trampas: de caída (cebas con pescado en descomposición, excremento bovino y humano) y de interceptación de vuelo, expuestas durante 48 horas en el campo, complementado con capturas manuales. En total se capturó 7496 individuos pertenecientes a 26 especies y 14 géneros, de las cuales 25, en zona boscosa y 23 en zona de uso ganadero. Según la curva de acumulación de especies y los estimadores de riqueza (ACE, Chao1 y MMEan) se capturó entre el 84.75% y 98.12% de las especies esperadas. La distribución de los gremios fue similar para ambas zonas. Los valores de diversidad para los dos sitios en ambas épocas ($H'_{Bs-T Lluvia}=2.2$, $H'_{Bs-T Sequia}=1.068$, $H'_{Zona ganadera Lluvia}=1.925$, $H'_{Zona ganadera Sequia}=2.132$) mostró diferencias al igual que para los valores de equitabilidad. Así mismo los valores de similitud son altos (Morisita-Horn=0.894) con un 84.6% de las especies compartidas entre los sitios de muestreo. Se verificó correlaciones positivas entre la precipitación mensual, y la riqueza y abundancia de individuos, exceptuando la abundancia, en la zona boscosa cuya correlación es positiva pero no significativa. Los escarabajos coprófagos muestreados corresponden a una mezcla de especies con capacidad para usar tanto el bosque como hábitats perturbados, distribuyéndose en dos comunidades muy similares diferenciadas solo en términos de abundancia, mostrando al relicto de bosque como refugio para las especies que necesiten mejores condiciones ambientales para su establecimiento y disponibilidad de sus recursos durante todo el año.

Palabras Claves: Colombia, Sucre, Colosó, escarabajos coprófagos, Scarabaeinae, bosque seco.

ABSTRACT

This study compares the results of data collected from observation of a dung beetle community living in an area of tropical dry forest, with another living in an area used for cattle raising, which is located in the Serranía de Corozá Colosó – Sucre. Over the course of one year - from March 2008 until March 2009 - data was collected using two types of traps: pitfall traps (baited with bovine and human excrement as well as barley with rotten fish) and flight interception. Both of these were left in the field for periods of 48 hours. Some hand capture methods were also used to accomplish a collection of 14 samples. We observed a total of 7496 specimens, representing 26 species and 14 genera, of which 25 were collected in the forest and 23 in the cattle raising area. According to the species accumulation curves and the richness estimators (ACE, Chao1 and MMMean), 84.75% and 98.12% of the prospective species were captured. The distribution of the guilds was similar in both zones. There were no significant differences in diversity and equitability values between the two environments and seasons (H' rainy season in forest =2.2; H' dry season in forest =1.068; H' rainy season in cattle =1.925; H' dry season in cattle =2.132).

With an 84.6% of the shared species spread out in both areas, the value's similarities were also high (Morisita-Horn=0.894). The analysis showed positive correlations between precipitation, richness and abundance of the sites sampled, excepting the abundance in the forest zone, which was positive but not significant. The dung beetles sampled belong to a mixture of species that are able to use the forest as well as disturbed habitats. They were distributed in two very similar communities differing from each other only in terms of abundance, suggesting the dry forest is suitable as a sanctuary for species that need better environmental conditions to establish and a wide range of resources during the whole year.

Key Words: Colombia, Sucre, Colosó, Dung beetles, Scarabaeinae, Dry forest.

LISTA DE TABLAS

Páginas

Tabla 1. Lista de especies de escarabajos coprófagos encontrados en el relicto de bosque seco tropical y en una zona de uso ganadero de la Serranía de Coraza, Colosó – Sucre.	43
Tabla 2. Efectividad de las diferentes técnicas de muestreo utilizadas para la captura de escarabajos coprófagos en la Serranía de Coraza, Colosó – Sucre.	44
Tabla 3. Estimadores empleados para calcular las especies esperadas en cada sitio de colecta.	45
Tabla 4. Índices calculados a partir de los datos obtenidos para el relicto de bosque seco y la zona de uso ganadero empleando el programa Past (Hammer, 2001) y Estimates 7.5 (Colwell, 2005).	47
Tabla 5. Variación en la abundancia y riqueza total de especies en los sitios de muestreos durante la época seca y la época de lluvias.	48

LISTA DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Gremios de escarabajos coprófagos: cavadores (Ej: <i>Onthophagus acuminatus</i>), endocópidos (Ej: <i>Eurysternus foedus</i>) y rodadores (Ej: <i>Canthon septemmaculatus</i>) (Modificado de Bertone <i>et al.</i> S.F.).	26
Figura 2. Ubicación de las zonas de muestreo (Google Earth Plus 4.2).	36
Figura 3. (a) Trampas pitfall Modelo CSS (Lobo <i>et al.</i> 1988). (b) Trampa Pitfall cebada con excremento humano después de 24 horas en campo.	38
Figura 4. Trampa de interceptación de vuelo (TIV) ubicada en la zona de uso ganadero.	39
Figura 5. Curvas de acumulación de especies para (a) el relicto de bosque seco tropical (Bs-T) y (b) la zona de uso ganadero.	46
Figura 6. Relación del (a) número de especies y (b) el número de individuos de cada gremio de acuerdo con la técnica de manipulación del excremento y tamaño corporal de escarabajos coprófagos, en cada sitio de muestreo.	50
Figura 7. Abundancia y riqueza para el relicto de bosque seco (a) y zona de uso ganadero (b) en los ciclos de lluvia y sequía durante los 14 muestreos.	51
Figura 8. Variación de la abundancia de las especies más frecuentes (> 100 individuos) (a) en el relicto de bosque y (b) en la zona de uso ganadero durante los 14 muestreos.	53

LISTA DE ANEXOS

	Páginas
Anexo 1. Sitios de muestreo.	80
• Sitio de muestreo en bosque seco tropical; (a) Época de lluvia y (b) Época de sequía.	80
• Sitio de muestreo en área ganadera; (a) Época de lluvia y (b) Época de sequía.	80
Anexo 2. Fotografías de las especies de escarabajos coprófagos colectadas en los sitios de muestreo.	81
<i>Canthon aequinoctialis</i>	81
<i>Canthon aff. morsei</i>	81
<i>Canthon juvenicus</i>	81
<i>Canthon lituratus</i>	81
<i>Canthon mutabilis</i>	82
<i>Canthon subhyalinus</i>	82
<i>Canthidium sp</i>	82
<i>Canthon cyanellus</i>	82
<i>Canthon septemmaculatus</i>	83
<i>Deltochilum gibbosum</i>	83
<i>Anomiopus sp</i>	83
<i>Ateuchus sp</i>	83
<i>Pedaridium pilosum</i>	84
<i>Uroxys sp</i>	84
<i>Onthophagus acuminatus</i>	84
<i>Onthophagus landolti</i>	84
<i>Onthophagus marginicollis</i>	85
<i>Digitonthophagus gazella</i>	85
<i>Eurysternus caribaeus</i>	85

<i>Eurysternus foedus</i>	85
<i>Eurysternus impressicollis</i>	86
<i>Eurysternus mexicanus</i>	86
<i>Dichotomius belus</i>	86
<i>Diabroctis cadmus</i>	86
<i>Coprophanaeus telamón</i>	87
<i>Phanaeus hermes</i>	87

LISTA DE ABREVIATURAS

ACE:	Estimador de cobertura basado en abundancia de riqueza de especies.
Bs – T:	Bosque seco tropical.
Ca:	Cavador.
CM:	Captura manual.
CSS:	Cebo – Suspendido – Superficie.
E:	Endocóprido.
GCa:	Grande cavador.
GRo:	Grande rodador.
IAvH:	Instituto Alexander Von Humboldt.
MMMean:	Estimador de riqueza Michaelis – Menten.
PCa:	Pequeño cavador.
PRo:	Pequeño rodador.
Ro:	Rodador.
SObs:	Número observado de especies.
TCEB:	Trampa de caída con excremento bovino.
TCEH:	Trampa de caída con excremento humano.
TCPD:	Trampa de caída con pescado en descomposición.
TCT:	Trampa de caída testigo.
TIV:	Trampa de interceptación de vuelo.

1. INTRODUCCION

El término escarabajo coprófago describe a coleópteros agrupados en las familias Geotrupidae, Aphodiidae y Scarabaeidae, que utilizan el excremento de vertebrados, principalmente el de mamíferos omnívoros y herbívoros, como fuente principal alimenticia y para su reproducción. Sólo una minoría de éstos depende de otras clases de materia en descomposición (Halffter & Edmonds, 1982). Son un grupo de importancia económica y agrícola en los ecosistemas, por cuanto de ellos se derivan beneficios como el aumento de la permeabilidad, la capacidad de retención de agua, la retención de nitrógeno y el reciclaje de nutrientes por parte del suelo (Lobo & Veiga, 1990), mejor asimilación de los minerales por las plantas (Miranda *et al.* 1998), dispersión secundaria de semillas (Andersen & Feer, 2005) y control biológico de las plagas de dípteros que viven en los excrementos de los animales domésticos (Bornemissza, 1970 en Lobo & Veiga 1990).

De los escarabajos coprófagos, para la subfamilia Scarabaeinae se reconocen mundialmente alrededor de 6.000 especies descritas, repartidas en 234 géneros (Escobar, 2000a; Medina *et al.* 2001). Gran parte de esta fauna se encuentra distribuida en la región Neotropical con cerca de 1.300 especies y alrededor de 70 géneros, mientras para Colombia se ha registrado 39 géneros y 285 especies (Medina & Lopera, 2001; Noriega *et al.* 2007).

Estos coleópteros responden en forma dramática a la modificación de los ambientes naturales por acción del hombre (Pulido *et al.* 2003), como la destrucción, fragmentación y aislamiento de remanentes de bosque; que acarrea la disminución o eliminación de especies de vertebrados que suministran el recurso alimenticio (Montes de Oca, 2001). Por esta razón son utilizados ampliamente como bioindicadores (Klein, 1989; Halffter & Favila, 1993; Favila & Halffter, 1997) en la realización de evaluaciones ecológicas rápidas (corto plazo) y monitoreo (largo plazo) (Escobar & Halffter, 1999 en Pulido *et al.* 2003). Y se ha

considerado como un grupo vulnerable a los procesos de deforestación que se están llevando a cabo en el país (Escobar & Medina, 1996).

En Colombia, en las últimas dos décadas, se ha avanzado en el conocimiento de los escarabajos estercoleros con la realización de trabajos de índole local, regional y nacional (Noriega *et al.* 2007). Sin embargo, aún no se ha establecido en forma clara, los patrones de diversidad y rangos de distribución de especies, debido a que la repartición de los puntos de muestreo en el país son muy desiguales, aspectos que será posible dilucidar a medida que se complete el inventario nacional (Escobar, 2000a).

Para la Costa Caribe colombiana se ha publicado escasos estudios (IAvH, 1997; Escobar, 1998; Noriega, 2002; Noriega *et al.* 2007; Jiménez-Ferbans *et al.* 2008; Rodríguez-Mahecha *et al.* 2008). En el Departamento de Sucre sólo se dispone de reportes mínimos como trabajos publicados en resúmenes de congresos (Rivera *et al.* 2006; Bohórquez *et al.* 2008). Sin embargo, se carece de monitoreos realizados en coleópteros coprófagos asociados a ecosistemas ganaderos y relicto de bosque seco tropical (Bs-T) por lo cual el presente estudio compara comunidades de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en la Serranía de Coraza (Montes de María, Sucre), generando un primer aporte a la estimación de la riqueza y diversidad de este grupo de coleópteros en la región.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Comparar la comunidad de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en una zona de uso ganadero y en un relicto de bosque seco del departamento de Sucre.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Realizar un inventario de las especies de coleópteros coprófagos encontrados en una zona de uso ganadero y un relicto de bosque seco tropical de Colosó – Sucre.

- ✓ Establecer la estructura de las comunidades de escarabajos coprófagos para una zona de uso ganadero y un relicto de bosque seco tropical de Colosó – Sucre.

- ✓ Determinar la variación en las comunidades de escarabajos coprófagos durante los ciclos de lluvias y sequía.

3. ESTADO DEL ARTE

3.1. ORDEN COLEOPTERA

De la Clase Insecta el orden Coleoptera, conocidos comúnmente como “escarabajos”, es el más rico y variado con aproximadamente 357,899 especies descritas, que corresponde a cerca del 40% del total de insectos y el 30% de los animales. En la región Neotropical se conocen 127 familias, 6,703 géneros y 72,476 especies (Costa, 2000).

El cuerpo de los coleópteros es generalmente endurecido. El aparato bucal es de tipo masticador provisto de mandíbulas fuertes; los ojos están bien desarrollados, en cambio los ocelos generalmente faltan; antenas de diferentes tipos: acodadas, lameladas, filiformes y aserradas. Tórax con el primer par de alas endurecido como estuche que protege el segundo par de consistencia membranosa, que usa el insecto para volar. El primer par recibe el nombre de élitros y a veces está soldado; las alas membranosas pueden estar reducidas o faltar. Patas con un número variable de segmentos en los tarsos. Abdomen de 10 segmentos, el último retráctil; cerco ausente. Larvas con patas torácicas o sin ellas (Triplehorn & Johnson, 2005).

Son insectos holometábolos, en el cual los individuos eclosionan de los huevos como larvas, se desarrollan hasta pupa y emergen como adultos. La reproducción sexual es predominante, aunque puede ocurrir partenogénesis. También se conocen en Coleoptera ciclos de vida inusuales o más especializados, que incluyen la ocurrencia de estadios larvales activos e inactivos en especies parasitoides (Bouchard *et al.* 2009).

El orden Coleoptera incluye cuatro subórdenes: Archostemata, Myxophaga, Adephaga y Polyphaga (Costa, 2000).

Archostemata está constituido en el Neotrópico por 3 familias, 4 géneros y 5 especies bastante raras en las colecciones. Generalmente los Archostemata se encuentran asociados a madera semi-descompuesta en áreas forestales (Costa, 1999 en Costa, 2000).

Myxophaga está representado en el Neotrópico por 4 familias, 8 géneros y 38 especies. Comprende coleópteros muy pequeños que viven siempre asociados a y en ambientes acuáticos o semiacuáticos, higropétricos, etc. (Costa, 1999 en Costa, 2000).

Adephaga se encuentran conformado por 7 familias, 398 géneros y 7,117 especies en la región Neotropical. Incluye varias familias que habitan en ambientes acuáticos o semiacuáticos, y asociados a la hojarasca o madera semidescompuesta en áreas boscosas. La mayoría de las especies son depredadores de otros insectos tanto en la fase larvaria como en estado adulto (Costa, 1999 en Costa, 2000).

Polyphaga se haya representado en el Neotrópico por 112 familias, 6,291 géneros y 65,314 especies; es el mayor suborden en número de taxones específicos. Contiene más de 90% de las especies conocidas de coleópteros. Los Polyphaga muestran una gran diversidad tanto estructural como biológica. Según Lawrence y Newton, 1995 (en Costa, 2000) se reconocen 5 Series: Staphyliniformia Lameere, 1900; Scarabaeiformia Crowson, 1960; Elateriformia Crowson, 1960; Bostrichiformia Forbes, 1926 y Cucujiformia Lameere, 1938. (Costa, 2000).

Según Morrór (1984) y Borrór *et al.* (1989) (en Escobar & Medina, 1996) la superfamilia Scarabaeoidea (incluida en la serie Scarabaeiformia) posee 3 familias de hábitos coprófagos: Geotrupidae, Aphodiidae y Scarabaeidae, ésta última se considera como la de los verdaderos coprófagos.

3.2. FAMILIA SCARABAEIDAE

Los escarabajos coprófagos son coleópteros agrupados dentro de la familia Scarabaeidae (Pulido *et al.* 2003). Se les reconoce por la disposición de sus espiráculos abdominales, denominada condición pleurosticti, donde tres o más pares están situados lateralmente sobre los esternitos abdominales y al menos un par queda expuesto a la vista, debido a que los élitros no los cubren. El pigidio no cubierto por los élitros se observa siempre como una placa en el extremo posterior del cuerpo. Las antenas presentan su maza con apariencia pulida y con unas pocas setas dispersas. Las tibias de las patas posteriores poseen distalmente dos espolones y las uñas tarsales pueden ser simples, bífidas o dentadas (Solís, 2004; Triplehorn & Johnson, 2005).

3.3. SUBFAMILIA SCARABAEINAE

Los coleópteros de la subfamilia Scarabaeinae tienen tamaños pequeños a grandes (2 – 60 mm), de apariencia redonda u oval, con clipeo expandido que cubre sus piezas bucales (Cano & Schuter, S.F). Mandíbulas y maxilas fuertemente modificadas para ingerir alimentos suaves (Halffter & Edmonds, 1982). Es muy frecuente encontrar especies que muestran procesos cefálicos o estructuras de diversas formas en otras partes de su cuerpo, muchas presentan dimorfismo sexual; generalmente los machos tienen morfologías más complejas. Son especies de baja fecundidad, con mínima producción de huevos y máxima inversión de energía en cuanto a comportamiento de nidificación y cuidado parental (Halffter & Edmonds, 1982). La coloración del cuerpo en este grupo es predominantemente negra, pero existen amarillos, verdes, rojizos, azules, en algunos casos con reflejos metálicos (Solís, 2004).

3.4. TRIBUS DE LA SUBFAMILIA SCARABAEINAE

La fauna mundial de escarabajos coprófagos se encuentra dividida en 12 tribus que son: Canthonini, Scarabaeini, Gymnopleurini, Eucraniini, Eurysternini, Sisyphini, Dichotomiini, Onitini, Phanaeini, Coprini, Oniticellini y Onthophagini (Cambefort, 1991a). De éstas, las tribus Dichotomiini y Onthophagini se encuentran ampliamente extendidas en África, Eurasia, Australia y América. Tres tribus (Phanaeini, Eucraniini y Eurysternini) se encuentran restringidas solo al continente americano, mientras, las tribus restantes, están restringidas a África y Eurasia (Gymnopleurini, Onitini y Scarabaeini) o bien, centradas en África (Cambefort, 1991a; Scholtz *et al.* 2009).

3.5. GENERALIDADES DE LOS COLEOPTEROS COPRÓFAGOS

Los escarabajos coprófagos son un grupo bien definido dentro del orden Coleoptera, en general, su biología, ecología, taxonomía y filogenia han sido ampliamente estudiadas desde trabajos como los de Halffter & Matthews (1966); Halffter & Edmonds (1982) y Hanski & Cambefort (1991).

El comportamiento básico de alimentación y nidificación de los coprófagos comienza con la localización del excremento, carroña u otros sustratos (Halffter & Matthews, 1966), detectan el alimento a través del olfato, aún, volando en contra del viento, o perchados sobre la vegetación a diferentes alturas, aunque algunas especies pueden usar señales visuales y auditivas para la consecución del mismo (Howden & Young, 1978 en Escobar & Medina, 1996; Cambefort & Hanski, 1991). La pronta detección del excremento, es especialmente importante para los coleópteros coprófagos en bosques tropicales, donde las altas temperaturas y la precipitación deterioran las condiciones del recurso (Gill, 1991). En zonas de potrero la compactación del suelo y disminución de su capacidad de drenaje por acción del ganado, así como los cambios climáticos (incremento de temperatura y disminución de humedad) dificultan su establecimiento (Escobar, 1994 en Escobar

& Medina, 1996). Así mismo, existen disturbios adicionales como la intensa competición con otros insectos por el recurso alimenticio, particularmente con dípteros y otros escarabajos coprófagos (Halftter & Edmonds, 1982). El uso del excremento bajo tales condiciones, debe ser explotado muy rápidamente, o debe protegerse de la desecación si fuere a utilizarse a un largo plazo, por tanto, los Scarabaeinae presentan una adaptación conductual denominada técnica de relocalización del alimento. Según esta técnica los escarabajos coprófagos pueden ser agrupados en: Cavadores, Rodadores y Endocópridos, estratificación funcional que les permite minimizar la intensa competencia por limitaciones de espacio y alimentos (Halftter & Edmonds, 1982; Cambefort & Hanski, 1991) (Fig. 1).

Morfológicamente, los cavadores y rodadores se diferencian por la forma de sus patas medias y posteriores. En los rodadores las patas son delgadas y alargadas, en los cavadores las patas son cortas y fuertes (Halftter & Edmonds, 1982). La biología reproductiva de los rodadores ha sido ampliamente estudiada. Éstos hacen una bola empleando el excremento de los mamíferos la cual usan como nido. En algunas especies, el macho es el miembro “activo” de la pareja y ofrece a la hembra una bola de alimento (“bola nupcial”). La bola de cría o nido, habitualmente es transportada a cierta distancia de la masa principal por rodamiento, en el cual están involucrados ambos miembros de la pareja; sin embargo, existen casos en los cuales la hembra se sube a la bola y el macho es quien la rueda a una gran distancia de la fuente alimenticia. Posteriormente, esta bola es enterrada en el suelo (Halftter & Edmonds, 1982; Cambefort & Hanski, 1991).

En cuanto a los cavadores, el papel del macho siempre es secundario, pues la hembra es responsable de la mayor parte del trabajo. Esta se encarga de excavar el nido así como de formar cámaras subterráneas debajo de la masa principal del excremento y cuidar las masas de cría o bolas. Así los cavadores, cargan con sus patas anteriores y algunas veces ayudándose de la cabeza y el pronoto, el

excremento necesario para su nidificación (Halfitter & Edmonds, 1982; Cambefort & Hanski, 1991). Por su parte, los endocópridos, no relocalizan el excremento sino que permanecen alimentándose y nidificando dentro del mismo; suelen hacer galerías superficiales en la zona de contacto entre el excremento y el suelo (Halfitter & Edmonds, 1982; Cambefort & Hanski, 1991).

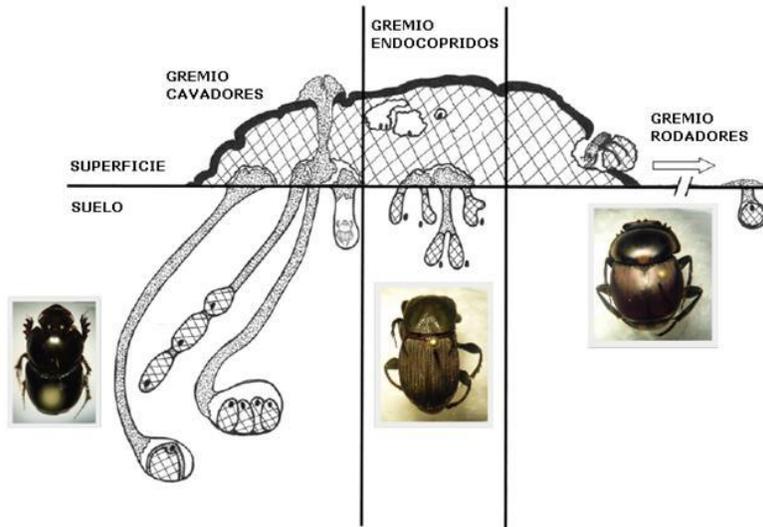


Fig. 1. Gremios de escarabajos coprófagos: cavadores (Ej: *Onthophagus acuminatus*), endocópridos (Ej: *Eurysternus foedus*) y rodadores (Ej: *Canthon septemmaculatus*) (Modificado de Bertone *et al.* S.F.).

3.6. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO DE LOS COLEOPTEROS COPRÓFAGOS EN COLOMBIA

Colombia es un país conocido mundialmente por su alta diversidad de especies; la multiplicidad de paisajes y los tipos de hábitats favorecen esta riqueza. Sin embargo, los estudios de escarabajos coprófagos, no han cubierto de manera sistemática los diferentes tipos de hábitats y regiones biogeográficas de Colombia, careciéndose de información comparativa entre regiones naturales, por lo cual no se puede hablar con exactitud sobre el tipo de hábitat o región más diversa (Escobar, 2000a; Medina *et al.* 2001).

A nivel mundial se reconoce alrededor de 6,000 especies descritas de la subfamilia Scarabaeinae, repartidas en 234 géneros y 12 tribus de escarabajos coprófagos (Escobar, 2000a; Medina *et al.* 2001). Gran parte de esta fauna se encuentra distribuída en la región Neotropical con cerca de 1,300 especies y alrededor de 70 géneros (Medina & Lopera, 2001), diferentes autores han argumentado que, la diversidad de especies de coprófagos en el Neotrópico, se debe a fenómenos geográficos e históricos, relacionados con la extinción de la megafauna mamífera y a la expansión de bosque durante el pleistoceno (Gill, 1991; Cambefort, 1991a). Estos factores repercutieron en sus hábitos alimenticios al explotar el excremento de estos vertebrados, y al usar otras fuentes alimenticias como carroña y materia orgánica en descomposición (Gill, 1991; Cambefort, 1991a).

Se han registrado para Colombia 39 géneros y 285 especies, lo que representa alrededor del 55% y 25%, respectivamente, de la fauna de coprófagos a nivel tropical. Dichos porcentajes son altos, teniendo en cuenta que en Colombia el trabajo taxonómico ha sido apenas preliminar y actualmente hay un alto número de especies que se encuentran sin describir o sin identificar (Medina & Lopera, 2001; Noriega *et al.* 2007).

No obstante, el conocimiento de los escarabajos estercoleros en el país ha aumentado en las últimas dos décadas, a raíz de trabajos de índole local, regional y nacional (Noriega *et al.* 2007), contándose actualmente con un listado taxonómico, el cual se hizo abarcando tanto registros de la literatura como información obtenida en muestreos en diferentes localidades, enmarcados en trabajos de grado e inventarios faunísticos locales (Medina *et al.* 2001; Noriega *et al.* 2007). Sin embargo, a medida de que se complete el inventario nacional será posible delinear de forma más clara los patrones de diversidad y rangos de distribución de especies, debido a que la repartición de los puntos de muestreo en el país son muy desiguales (Escobar, 2000a).

En el país, la mayor riqueza de especies, que ha sido registrada se encuentra en las Provincias biogeográficas Guyana y Norandina, mientras, las zonas pertenecientes al Cinturón árido Pericaribeño y la Orinoquia presentan los valores más bajos de riqueza (Escobar, 2000a).

En la actualidad se tiene reportes para estudios realizados en los bosques de montaña (Amat *et al.* 1997; Escobar & Chacón de Ulloa, 2000; Escobar, 2004), en bosques secos (Escobar, 1997; Escobar, 1998; Jiménez-Ferbans *et al.* 2008), en bosques lluviosos de la región Pacífica (Medina y Kattán, 1996; Pardo-Locarno, 2007), en la Amazonía (Howden & Nealis, 1975; Escobar, 2000b), en la región de la Orinoquia (Amézquita *et al.* 1999; Castellanos *et al.* 1999; Pulido *et al.* 2003), la región Caribe (Escobar, 1998; Noriega *et al.* 2007; Jiménez – Ferbans *et al.* 2008) y algunos territorios insulares de Colombia (Escobar, 1998; Noriega, 2002).

Los trabajos publicados para la región Caribe en escarabajos coprófagos son pocos (IAvH, 1997; Escobar, 1998; Noriega, 2002; Noriega *et al.* 2007; Jiménez – Ferbans *et al.* 2008; Rodríguez-Mahecha *et al.* 2008) y en éstos no se hace referencia a las especies presentes en el departamento de Sucre, para el cual, sólo se dispone de reportes mínimos como trabajos publicados en resúmenes de congresos (Rivera *et al.* 2006; Bohórquez *et al.* 2008).

En el departamento de Sucre se carece de estudios realizados en coleópteros coprófagos, que establezcan variaciones en las comunidades de estos coleópteros a lo largo del año; especialmente los que se encuentran asociados a zonas de uso ganadero y de bosque seco tropical.

3.7. IMPORTANCIA Y BENEFICIOS DE LOS ESCARABAJOS COPROFAGOS

La biodiversidad se ve afectada con la modificación de los ecosistemas. La transición de bosque a pastura representa un cambio drástico. Así, el aumento masivo del ganado doméstico en algunos biomas herbáceos, al igual que la

introducción de estos animales en ecosistemas donde no era usual la explotación ganadera por parte del hombre, tales como los bosques, son causa de la acumulación progresiva de heces en dichos lugares. Este último evento se da, debido al desequilibrio en una compleja red de factores, en la que participan en gran medida diversas especies de escarabajos coprófagos, que regulan la desaparición de los excrementos en el campo (Lobo & Veiga, 1990)

La acumulación del excremento promueve la aparición de diversos parásitos del ganado, los cuales desarrollan la mayor parte de su ciclo de vida en el excremento, incrementando su número debido a la falta de competidores y/o predadores. Los escarabajos coprófagos han sido considerados como óptimos controladores biológicos de las plagas de dípteros que viven en los excrementos de los animales domésticos (Bornemissza, 1970 en Lobo & Veiga, 1990). El control que ejercen éstos coleópteros sobre los dípteros, está dado por la alteración mecánica de los huevos y larvas durante los procesos de alimentación y enterramiento del excremento, así como la modificación de la cantidad y calidad del excremento disponible. Además, derivado de esta acción exponen los huevos y larvas de los dípteros a la acción de los de sus predadores y las inclemencias ambientales, que en la mayoría de los casos son mortales para ellos (Macqueen 1975 en Lobo & Veiga, 1990).

Como consecuencia de la acción enterradora de los escarabajos coprófagos se derivan una serie de beneficios como lo son: la disminución de la polución en las zonas ganaderas, el aumento de la permeabilidad, la capacidad de retención de agua, la retención de nitrógeno y el reciclaje de nutrientes por parte del suelo (Lobo & Veiga, 1990), así mismo las plantas logran una mejor asimilación de los minerales con un notable aumento del rendimiento (Miranda *et al.* 1998). También actúan como dispersores secundarios de semillas depositadas en la heces de los animales, al mover y enterrar el excremento (Andersen & Feer, 2005).

3.8. LOS ESCARABAJOS COPROFAGOS COMO BIOINDICADORES

Uno de los requerimientos para la evaluación de la biodiversidad, ya sea a nivel α , β o γ , es encontrar uno o varios grupos de organismos los cuales permitan el establecimiento de una relación confiable entre la información que se obtiene en el campo, la riqueza de especies y otras medidas relacionadas con la diversidad del ecosistema. Esto implica encontrar uno o más parámetros de su expresión cualitativa que permitan aproximar a lo que sucede en todo el ecosistema (Halffter & Favila, 1993).

Los escarabajos coprófagos han sido propuestos por Halffter & Favila (1993) como indicadores para el estudio de los aspectos básicos de la biodiversidad, en bosques tropicales, así como la evaluación y monitoreo de los efectos de las alteraciones antrópicas en los paisajes. Los escarabajos coprófagos en años recientes, han demostrado ser muy sensibles con la destrucción de los bosques tropicales en Latinoamérica (Favila & Halffter, 1997; Cano & Schuter, S.F.).

La elección de éstos como bioindicadores, se basa en que:

- ✓ Los escarabeinos forman un grupo bien definido, en sentido funcional y taxonómico
- ✓ En general la biología, etología, ecología, taxonomía y filogenia del grupo han sido ampliamente estudiadas.
- ✓ Hay cierto número de taxónomos que se han especializado en diferentes grupos de escarabeinos, lo que posibilita el uso de claves dicotómicas y el establecimiento de colecciones de referencia regionales para una identificación rápida de especímenes.
- ✓ La especialización de hábitat de algunas especies, es decir, en una misma área geográfica hace que la composición taxonómica del grupo dentro de bosques tropicales sea completamente distinto de aquellos en donde el bosque ha sido talado, lo cual lo hace un excelente instrumento para medir

las consecuencias del cambio o transformación parcial de ecosistemas boscosos regionales a nivel de biodiversidad.

- ✓ Tienen una amplitud de ocupación de hábitats y rango geográfico.
- ✓ Son funcionalmente importantes en los ecosistemas.
- ✓ Están relacionados con otros taxones, especialmente con mamíferos.
- ✓ El método de captura ha sido estandarizado para muestreos cuantitativos.

Halffter & Favila (1993) y Favila & Halffter (1997) han propuesto para el análisis de este grupo medir las siguientes variables, las cuales deben ser determinadas para lograr una interpretación ecológica de la biodiversidad:

Para analizar la diversidad del grupo:

- A. Riqueza de especies.
- B. Diversidad e índices de equidad.

Para el análisis de la estructura del grupo:

- C. Análisis de la abundancia relativa de especies usando curvas de importancia (Número de individuos o biomasa por especies).
- D. Diversidad temporal en actividad: actividad diurna y/o actividad anual.
- E. Segregación espacial, basado en la forma de relocalización del recurso alimenticio (cavadores, rodadores y endocópridos) así como la separación espacial de especies debido a factores externos que afectan la disponibilidad de recursos.

De las variables anteriormente mencionadas solo la primera (A. Riqueza de especies), provee bases para la comparación de la biodiversidad en diferentes localidades de bosques tropicales o ecosistemas modificados. El ítem B refina la interpretación ecológica de la diversidad Alfa (α). El ítem C es muy usado para el análisis del cambio en las relaciones especies – dominancia y permite evaluar la contribución de especies raras. El nicho del gremio en ecosistemas naturales y modificados se analiza con los puntos D y E, ya sea para comparar diferentes

sitios dentro de un ecosistema en particular o entre diferentes regiones biogeográficas (Halffter & Favila, 1993; Favila & Halffter, 1997).

3.9. ESCARABAJOS COPROFAGOS, BOSQUES SECOS TROPICALES Y ZONAS GANADERAS EN COLOMBIA

La sensibilidad a los cambios de hábitat de los escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae), se debe al requerimiento de grandes extensiones de bosque para el mantenimiento de sus poblaciones y a la especialización en su dieta, basada principalmente en el excremento de mamíferos (Dale *et al.* 1995 y Halffter & Halffter 1989 en Escobar, 1997). Esta propiedad permite utilizarlos como una herramienta para la caracterización biológica y como grupo indicador para establecer diferencias o similitudes entre unidades de paisaje (Pulido *et al.* 2003), como por ejemplo en bosques y áreas intervenidas.

Los bosques tropicales son los ecosistemas con la mayor diversidad local de especies (diversidad Alfa), la estructura ecológica más compleja y una gran diversidad espacial (diversidad Beta); pero es donde el conocimiento de todas las características resulta más limitada que para otros tipos de ambientes (Longino, 1994 en Favila & Halffter, 1997).

El bosque seco es un área de interés especial debido a que forma parte de uno de los ecosistemas más afectados a escala mundial, con tendencia a desaparecer dando paso a sabanas y a desiertos poco productivos (Bustos-Gómez & Lopera, 2003). Para el caso de Colombia, está catalogado entre los tres ecosistemas más degradados y fragmentados e igualmente menos conocidos (IAvH, 1998), y como el caso más agudo, pues sólo existen unos pocos remanentes aislados y en medio de una matriz intensamente transformada (Villarreal, 2006). Las cifras disponibles acerca del estado de transformación de los ecosistemas (boscosos y no boscosos) remanentes revelan que, el país alcanza entre el 41% y 52% de transformación;

en tanto que, el área no transformada, entre el 48% y el 59%. Las causas de tal fenómeno son muchas, desde las de poblamiento histórico, relacionadas con la colonización, la apertura de nuevas áreas para actividades agropecuarias, hasta sociales recientes relacionadas con el advenimiento de cultivos ilícitos y su práctica en áreas aisladas geográficamente, que coinciden con áreas cubiertas por bosques (Villarreal, 2006) y por procesos de migración, así como desplazamientos generados por diferentes eventos sociopolíticos y económicos vividos en el país en diferentes etapas de la historia nacional (Mendoza *et al.* 2006).

La transformación gradual de bosques a zonas de uso ganadero y tierras agrícolas ha tenido profundos impactos ecológicos, reduciendo la disponibilidad de hábitats y alimento para animales y plantas, causando la interrupción en la conectividad del paisaje y perturbando las funciones de los ecosistemas. Muchos de estos paisajes agropecuarios aún mantienen alguna cobertura arbórea, la cual puede servir como refugio para una buena porción de la fauna (Hernández *et al.* 2003). Las zonas de uso ganadero se establecen, por lo general, inmediatamente después de la tala, quema y roza del bosque, o después de un corto período de cultivos agrícolas. Los beneficios de esta conversión son temporales (aproximadamente 5 años), debido principalmente a la rápida pérdida de nutrientes, compactación y erosión del suelo que resultan en la degradación del terreno (Lovejoy, 1985 y Nepstad *et al.* 1991 en Esquivel *et al.* 2003).

En Colombia, la mayoría de los remanentes de bosque seco se localizan en áreas de intenso uso agrícola y ganadero, como es el caso de la región Caribe y los valles interandinos de los ríos Cauca y Magdalena, en donde se concentra gran parte de la producción dirigida a la siembra y explotación ganadera del país (IAvH, 1998).

El Caribe colombiano (excluyendo la alta y media Guajira) se destaca por ser la principal región con bosque seco del país. Originalmente esta formación se distribuía en un área mayor a los 6.5 millones de hectáreas, mientras, en la

actualidad solo resta cerca del 0.8 % de la cobertura de bosques secos originales y aproximadamente el 2.4 % en los bosques altamente degradados (Villarreal, 2006). Es en esta región donde se ha concentrado la mayoría de trabajos en bosque seco. Sin embargo, aún son muy insipientes los estudios sobre esta formación, considerando que son pocos los sitios con inventarios completos y en pocos grupos. Cabe destacar que, a nivel entomológico los bosques secos en Colombia son desconocidos (Escobar, 1997) debido a que los estudios acerca de la composición de la comunidad y función de los insectos en estos bosques son escasos (Bustos-Gómez & Lopera, 2003).

En lo que respecta al departamento de Sucre, cerca de un 50% de los suelos son aptos para la ganadería evitando el sobrepastoreo, el 40% para la agricultura, con la ayuda de técnicas de manejo de suelos, riego y fertilizantes que aumenten la productividad, el 5% son de aptitud forestal en los cuales debe evitarse las quemadas y el 5% restante sirven para conservar especies de fauna y flora típicas de ésta zona (IGAC, 2003 en Aguilera, 2005). En el 2003 el área ocupada por las pasturas fue de 596,627 Ha, representando las dos terceras partes de la superficie aprovechable en actividades ganaderas. En ese mismo año las fincas ganaderas del departamento de Sucre ascendieron a 17,086 predios constituyendo un aumento considerable respecto a los años anteriores (Gobernación de Sucre, 2004 en Aguilera, 2005).

4. METODOLOGIA

4.1 ZONA DE ESTUDIO Y SITIOS DE MUESTREO

La zona de estudio se encuentra en el departamento de Sucre, en la Serranía de Coraza, ubicada en las cercanías de la Vereda El Paraíso N°1, zona rural del municipio de Colosó, Montes de María, con coordenadas geográficas 9° 28' 828" latitud Norte con 75° 22' 125" al Oeste de Greenwich. Ésta se ubica dentro del enclave azonal (Distrito Montes de María y Piojó) perteneciente al Cinturón árido Pericaribeño, según Hernández *et al.* (1992). Las temperaturas fluctúan entre 24 y 32° C y la precipitación varía desde 858 mm hasta 1.607 mm (Clavijo & Barrera, 2001). Los suelos de la zona están formados por areniscas, lodolitas y calizas del Mioceno (Clavijo & Barrera, 2001). Por sus características climáticas el área corresponde a la zona de vida bosque seco tropical (Bs-T) (Holdridge, 2000).

De acuerdo con la información obtenida de los habitantes de la zona, durante un período de 10 años, ésta fue escenario de una alta intervención que provocó la pérdida parcial del recurso forestal del bosque, para establecer cultivos comerciales y de pan coger, potreros para la explotación de ganado, para leñateo, para la construcción de viviendas y ebanistería. Además, se realizaba cacería de mamíferos de tamaño mediano y pequeño. Dicha intervención se vio interrumpida por un período de aproximadamente 30 años, debido al conflicto armado que se presentó y posteriormente, fue retomado hace alrededor de 4 años. Las zonas aledañas a la Serranía de Coraza se encuentran compuestas por un mosaico de hábitats formado por bosque secundario, áreas de potreros y cultivos, puntos de asentamiento humano, además de contar con la cercanía de una fábrica de cemento y sitios de extracción de piedra caliza.

Los muestreos se efectuaron en dos sitios, los cuales se encuentra separados por aproximadamente 1 kilómetro: El sitio 1 corresponde a un relicto de bosque seco tropical (Bs-T) en la Serranía de Coraza, (9° 29.447 N y 75 ° 23.173 W) con una elevación desde 147 m a los 220 m de altura. Se caracteriza por la presencia de

familias arbóreas como Anacardiaceae, Apocynaceae, Asclepiadiaceae, Caesalpiniaceae, Cappariaceae, Combretaceae, Fabaceae, Lecythidaceae, Mimosaceae, Moraceae, Phytolaccaceae, Sapindaceae, Sterculiaceae y Ulmaceae.

El sitio 2 se ubica en las cercanías de la misma y corresponde a una zona de uso agrícola y ganadero ($9^{\circ} 29.347$ N y $75^{\circ} 22.668$ W) con un rango de altitud de los 127 m a los 138 m, presenta una matriz formada por árboles dispersos de las familias Anacardiaceae, Arecaceae, Boraginaceae, Burseraceae, Fabaceae, Lecythidaceae y Mimosaceae, así como, gramíneas para el forrajeo del ganado. En este sitio de muestreo se realiza pastoreo de ganado vacuno, de manera tradicional y a baja escala, en el cual no se sigue ciclos estrictos de desparasitación. Sin embargo, se cumplen los patrones de vacunación exigidos por el Gobierno Nacional y FEDEGAN (Federación Nacional de Ganaderos).



Fig. 2. Ubicación de las zonas de muestreo (Google Earth Plus 4.2).

4.2 PERÍODO DE MUESTREO

Entre marzo de 2008 y marzo de 2009 se realizó 14 muestreos, abarcando dos épocas del año correspondientes a los ciclos seco (marzo – abril de 2008; enero – marzo de 2009) y lluvioso (mayo – noviembre de 2008). Los datos pluviométricos se tomaron en el Puesto de registro de observaciones pluviométricas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) ubicada en la Vereda El Paraíso N°1, municipio de Colosó, Sucre.

4.3 MUESTREO Y METODOS DE CAPTURA

Para la manipulación del material colectado se siguió las respectivas normas de bioseguridad, en cuanto al manejo de las heces y el procesamiento de las muestras. Se utilizó trampas pitfall o de caída, trampas de interceptación de vuelo y se complementó con captura manual. A continuación se describe los métodos de captura de escarabajos coprófagos y el diseño del muestreo en campo.

4.3.1 TRAMPAS PITFALL O DE CAIDA

En cada una de las áreas de muestreo se establecieron 4 transectos, con una longitud de 120 m y separados como mínimo, 60 m entre si. En cada transecto se ubicó 4 trampas pitfall a una distancia de 40 m, la una de la otra. Cada trampa correspondió a una repetición por transecto y por cada sitio de muestreo. En cada transecto se utilizó 3 tipos de cebos: excremento fresco de ganado vacuno (Lobo *et al.* 1988), pescado en descomposición de dos días de putrefacción al medio ambiente (Villarreal *et al.* 2006) y excremento humano (Escobar y Chacón, 2000; Villarreal *et al.* 2006). Adicionalmente se utilizó un testigo (trampa sin cebar). La revisión de las trampas se realizó cada 24 y 48 horas (Villarreal *et al.* 2006).

Las trampas cebadas (Modelo CSS, Lobo *et al.* 1988) consisten en un recipiente de plástico de 1.57 Litros de capacidad con abertura circular de 10 cm de diámetro

y una altura de 20 cm, que se entierra a ras de suelo y el cual contiene aproximadamente 200 mL de solución conservante, compuesta de 17 partes de agua, 1 parte de alcohol 96% y 2 partes de detergente líquido neutro. Sobre la trampa a unos 7 cm de altura permaneció suspendido el cebo (aproximadamente 25 g) por medio de un alambre en forma de “U” invertida, envuelto en gasa (Villarreal *et al.* 2006) y amarrado con hilo.



Fig. 3. (a) Trampas pitfall Modelo CSS (Lobo *et al.* 1988). **(b)** Trampa Pitfall cebada con excremento humano después de 24 horas en campo. [Fotografías de los autores]

4.3.2 TRAMPAS DE INTERCEPTACION DE VUELO

Se instalaron dos trampas de interceptación de vuelo, de tela muselina oscura, de 2 m de largo por 1.2 m de ancho, separadas entre si 250 m, las cuales permanecieron en cada sitio de muestreo durante 48 horas, con recolección de especímenes cada 24 horas. Estas trampas se templaron de tal manera que su borde inferior estuviese ubicado a ras de suelo. En el sitio donde se instaló se ubicaron bandejas de plástico que contenían la solución para preservar los individuos (Villarreal *et al.* 2006).



Fig. 4. Trampa de interceptación de vuelo (TIV) ubicada en la zona de uso ganadero.
[Fotografías de los autores]

4.3.3 CAPTURA MANUAL

Los muestreos se complementaron con la captura manual, revisando troncos en descomposición, excremento de bovinos, animales domésticos y otros vertebrados, así como la captura de individuos posados en la vegetación (Escobar, 1997; Villarreal *et al.* 2006), acumulando 4 horas/hombre como esfuerzo de muestreo en la zona de estudio. La búsqueda fue realizada en sitios aledaños a los transectos y en caminos de acceso a los sitios de muestreo.

4.4 PRESERVACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LOS ESPECÍMENES COLECTADOS

Los especímenes correspondientes a cada trampa fueron colectados y guardados en recipientes plásticos (2 Oz.) con alcohol 70%, para ser transportada al laboratorio de Biotecnología Vegetal área de Entomología de la Universidad de Sucre; una vez allí se lavaron, limpiaron y separaron por morfoespecies para su posterior identificación.

Para la determinación taxonómica fueron utilizadas las claves de Ratcliffe & Jameson (2002), Solís (2004), Kohlmann & Solís (2001), Howden & Young (1981),

Jessop (1985), Solis & Kohlmann (2002), Medina & Lopera (2000) y Vítolo (2000; 2004). Se enviaron 4 individuos de cada morfoespecie, al Museo Entomológico Francisco Luis Gallego – Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín – Colombia, para la confirmación del material, con la asesoría de Federico Escobar Sarria Ph. D y José Mauricio Montes M. Sc. Entomología. Para confirmar la identidad de algunas de las especies se contó con la ayuda del taxónomo Fernando Zagury Vaz-de-Mello Ph. D. Adicionalmente, se comparó con el material de referencia de la colección entomológica del museo.

Se estableció una colección de referencia de las especies encontradas, la cual permanece en el Laboratorio de Entomología de la Universidad de Sucre y se enviaron duplicados a la colección de escarabajos coprófagos del Museo Entomológico Francisco Luis Gallego [MEFLG] de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Colombia. Durante el proceso de identificación del material, los datos asociados a cada individuo se consignaron en una matriz de datos creada en el programa Microsoft® Excel 2007. Los datos considerados fueron: Localidad, hábitat, número de colecta, fecha, ciclo (Lluvias – Sequía), técnica de captura, número de transecto, número de trampa, número de individuos, familia, subfamilia, tribu, género, especie, sexo, longitud (mm), gremio, precipitación (mm), coordenadas, altitud (m), colectores y ubicación en la colección (seco o líquido).

4.5 TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Se realizó un listado de las especies colectadas por área de muestreo. Las especies fueron agrupadas usando dos criterios: la forma de relocalización del excremento como cavadores (Ca), endocópridos (E) y rodadores (Ro) (Halffter & Edmonds, 1982) y el tamaño corporal en pequeños (< 10 mm) y grandes (> 10 mm) (Escobar, 2004), estableciéndose cinco gremios: Pequeños cavadores (PCa), pequeños rodadores (PRo), grandes cavadores (GCa), grandes rodadores (GRo) y los endocópridos (E).

La riqueza (S) se tomó como el número de especies capturadas en cada sitio. La representatividad del muestreo se evaluó a través de las curvas de acumulación de especies. Se utilizaron los datos observados para el cálculo de los singletons y los estimadores Chao1, ACE y MMMean, utilizando el programa EstimateS 6.0b1 (Colwell, 2000).

En el establecimiento de la abundancia de especies se utilizaron los criterios sugeridos por Colwell (2006): que las especies con abundancia entre 1 y 9 individuos fueron consideradas “raras”: las que estuvieron representadas por un único individuo se les denomina “singletons” y las que tuvieron dos individuos “doubletons”, también se consideraron las especies con abundancia entre 3 y 9 individuos. A las especies cuya abundancia fue superior a 10 individuos, se les consideró “comunes”. En cuanto a la diversidad alfa se calcularon los índices:

- ✓ Shannon-Wiener $H' = -\sum p_i \ln p_i$
- ✓ Dominancia de Simpson $D = \sum \left[\frac{n_i [n_i - 1]}{N [N - 1]} \right]$
- ✓ Índice de equidad o equitabilidad $J = \frac{H'}{\log S}$

Donde p_i es la proporción de individuos pertenecientes a la i ésima especie, n_i es el número de individuos de cada especie, N es el número total de individuos capturados y S el número total de especies (Magurran, 2004; Villarreal *et al.* 2006). El índice de Shannon-Wiener fue evaluado por la prueba t propuesta por Hutcheson (1970) (en Moreno, 2001). Los índices mencionados se calcularon mediante el programa PAST (Hammer *et al.* 2009).

Para la variación de las comunidades se evaluó la abundancia por sitio de colecta y ciclos de lluvia – sequía. La abundancia total para las especies por hábitat se calculó como la sumatoria de todos los individuos colectados en los catorce muestreos. Para la determinación de la abundancia total discriminando entre la

época de sequía y la de lluvia se sumaron los individuos colectados para cada período. Adicionalmente, fue realizado el test no paramétrico de correlación simple de Pearson entre la precipitación mensual y los valores de abundancia de especies, así como, entre la precipitación y la riqueza de especies. Además, se realizó un análisis de correlación simple de Pearson entre las especies más frecuentes (> 100 individuos) y los valores de precipitación. Se empleó el programa de análisis estadístico Statgraphics® Centurion XV (Statpoint, Inc. 2005). Todos estos datos se evaluaron con un nivel de confianza del 95%.

En la estimación de las diferencias en la composición de las especies entre los hábitats, se aplicó el índice de Morisita–Horn (Magurran, 2004). Para la comparación cuantitativa de los sitios de muestreo se utilizó el índice de los Mínimos porcentajes Comunes (Impc) (Obeid *et al.* 2003). Adicionalmente, se cuantificó el número de especies compartidas y especies exclusivas entre los sitios de colecta (Chao *et al.* 2005, Escobar *et al.* 2008). Se calculó el número estimado de especies compartidas según el procedimiento propuesto por Chao *et al.* (2005) usando el programa EstimateS 7.5 (Colwell, 2005).

5. RESULTADOS

Inventario de escarabajos coprófagos.

Se capturaron 7,496 individuos pertenecientes a 26 especies y 14 géneros de 5 tribus (Canthonini, Dichotomiini, Eurysternini, Onthophagini y Phanaeini). Cuatro de ellas sólo fueron determinadas hasta la categoría de género (Tabla 1).

Tabla 1. Listado de especies de escarabajos coprófagos encontrados en un relicto de bosque seco tropical y en una zona de uso ganadero de la Serranía de Coraza.			
Géneros / Especies	Habito de relocalización (Gremio)	Bosque seco	Zona de uso ganadero
Familia Scarabaeidae			
Subfamilia Scarabaeinae			
Tribu Canthonini			
<i>Canthon aequinoctialis</i>	GRo	X	X
<i>Canthon cyanellus</i>	PRo	X	X
<i>Canthon aff. morsei</i> ^{*∞1}	PRo	X	X
<i>Canthon juvenecus</i>	PRo	X	X
<i>Canthon lituratus</i>	PRo	X	X
<i>Canthon mutabilis</i>	PRo	X	X
<i>Canthon septemmaculatus</i>	GRo	X	X
<i>Canthon subhyalinus</i>	PRo	X	X
<i>Deltochilum gibbosum</i>	GRo	X	X
Tribu Dichotomiini			
<i>Anomiopus</i> sp	PCa	X	X
<i>Canthidium</i> sp	PCa	X	X
<i>Dichotomius belus</i>	GCa	X	X
<i>Ateuchus</i> sp	PCa	X	X
<i>Trichillidium pilosum</i> *	PCa	X	X
<i>Uroxys</i> sp	PCa	X	X
Tribu Eurysternini			
<i>Eurysternus caribaeus</i>	E	X	X
<i>Eurysternus foedus</i> ^{*∞}	E	X	–
<i>Eurysternus impressicollis</i> *	E	X	X
<i>Eurysternus mexicanus</i>	E	X	X
Tribu Onthophagini			

Continuación Tabla 1.

<i>Onthophagus acuminatus</i>	PCa	X	–
<i>Onthophagus landolti</i>	PCa	X	X
<i>Onthophagus marginicollis</i>	PCa	X	X
<i>Digitonthophagus gazella</i> [¶]	GCa	–	X
Tribu Phanaeini			
<i>Coprophanaeus telamón</i>	GCa	X	X
<i>Phanaeus hermes</i>	GCa	X	–
<i>Diabroctis cadmus</i> *	GCa	X	X

[¶] Especie afro-asiática introducida

*Ampliaciones en los registros de distribución altitudinal

∞ Primeros registros para la costa Caribe colombiana

¹ Primeros registros Provincia Biogeográfica Cinturón árido Pericaribeño

En cuanto a los métodos de captura empleados, las trampas de caída mostraron una mayor efectividad con una colección de 7,087 individuos pertenecientes a 26 especies. Mientras, empleando la captura manual y la trampa de interceptación de vuelo se obtuvo un menor número de especímenes colectados. Cabe destacar que, de los tres tipos de cebos utilizados para las trampas pitfall, el de mayor efectividad fue el excremento humano representando el 96% de las especies y el 72.93% de los individuos capturados, seguido del excremento de bovino con 11.90% y el pescado en descomposición con un 9.71% de la abundancia. La trampa testigo no tuvo ningún registro (Tabla 2).

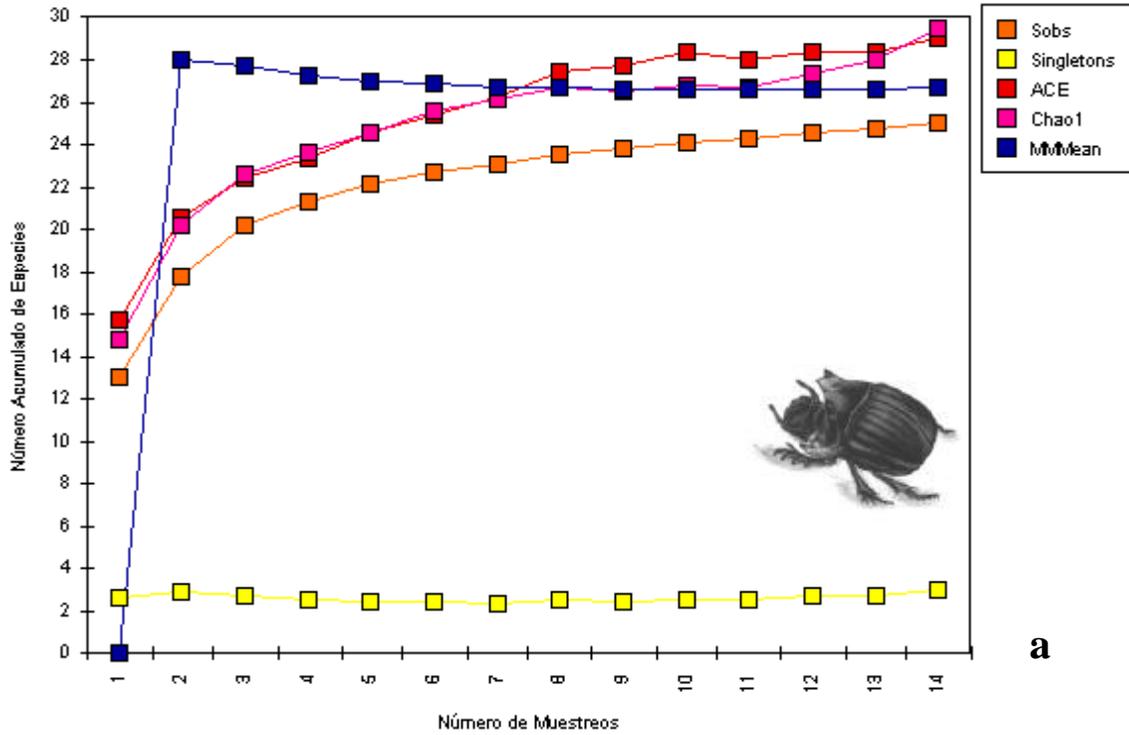
Tabla 2. Efectividad de las diferentes técnicas de muestreo utilizadas para la captura de escarabajos coprófagos en la Serranía de Coraza, Colosó – Sucre.						
	Trampas pitfall				Interceptación de vuelo	Captura manual ²
	TCEH	TCEB	TCPD	TCT		
Nº individuos/ cebo	5,467	892	728	0		
Nº especies/ cebo	25	19	16	0		
Nº individuos totales	7,087				172	237
Nº especies totales	26				18	21
Esfuerzo de muestreo (Zona) ¹	32				4	4
Esfuerzo de muestreo (Sitio) ¹	16				2	2

¹ Referido a número de trampas establecidas en campo

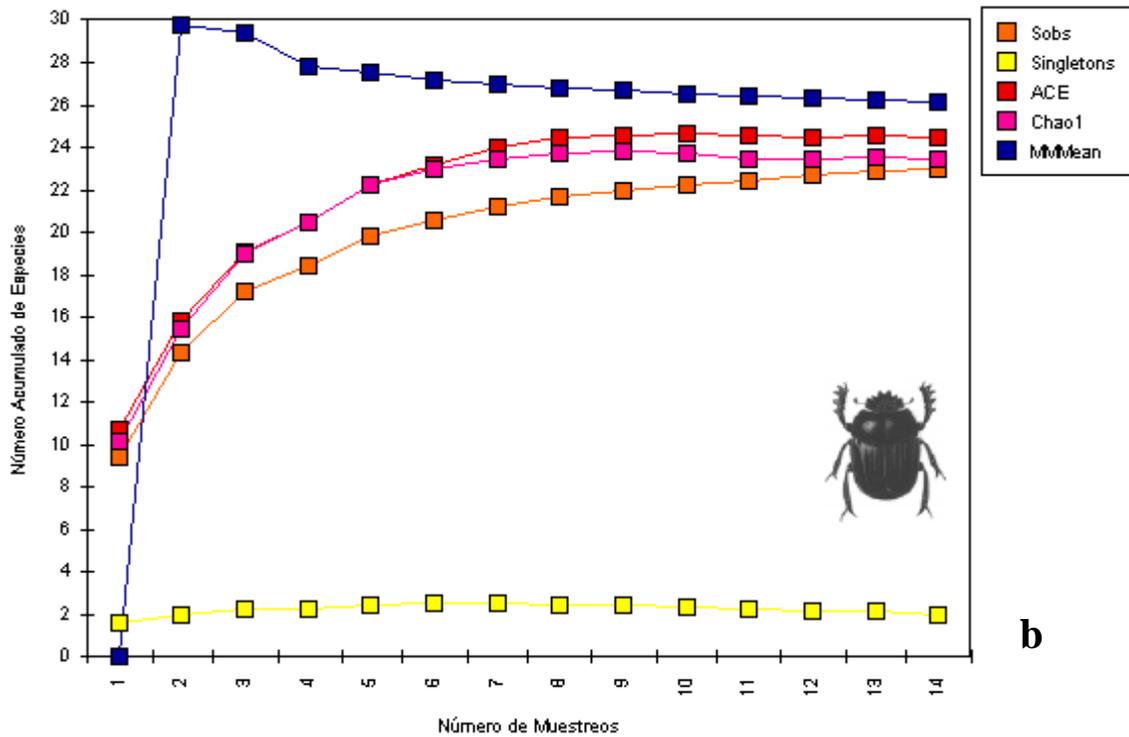
² Se tuvo en cuenta como unidad de muestreo horas/hombre

De acuerdo con las curvas de acumulación de especies observadas y los valores de los estimadores utilizados (ACE, Chao1 y MMMean) tanto para el relicto de bosque seco como para la zona de uso ganadero la representatividad del muestreo fue alta. Los valores de riqueza esperados mediante los estimadores no paramétricos alcanzan un rango que varía entre 84.75% y 98.12%, para ambos sitios de muestreo, mostrando un valor más alto de riqueza con respecto al observado (Tabla 3). El comportamiento de los estimadores no paramétricos difiere entre sí. Para la zona de uso ganadero el estimador Chao1 predice un valor muy cercano a la riqueza observada y el valor correspondiente a la zona de bosque seco es muy superior al observado. Así mismo, los estimadores MMMean y ACE muestran un valor de riqueza mayor que el encontrado en los sitios de muestreo (Tabla 3). La representación grafica de los singletons tiende a ser lineal y con valores bajos, indicando que fueron pocas las especies cuya aparición se restringió a un solo ejemplar (Fig. 5a y 5b).

Tabla 3. Estimadores empleados para calcular las especies esperadas en cada sitio de colecta.		
Estimadores	Zona de Bosque seco	Zona de uso ganadero
Sobs	25	23
ACE	28.98 (86.27%)	24.44 (94.11%)
Chao 1	29.5 (84.75%)	23.44 (98.12%)
MMMean	26.66 (93.77%)	26.13 (88.02%)



a



b

Fig. 5. Curvas de acumulación de especies para la **(a)** relicto de bosque seco tropical (Bs-T) y **(b)** la zona de uso ganadero.

Riqueza, abundancia y diversidad de especies.

En el relicto de bosque se capturó 25 especies, mientras, en la zona de uso ganadero, se obtuvo 23 especies. Los géneros mejor representados en todo el muestreo son *Canthon* con ocho especies, seguido por *Eurysternus* y *Onthophagus* con cuatro y tres especies, respectivamente. *Canthon aequinoctialis* y *C. septemmaculatus* representan el 50.19% del total de individuos capturados. La primera corresponde a la especie más común en el relicto de bosque seco y la segunda la más abundante en zona de uso ganadero (Tabla 5). Seis de las especies fueron “raras”: un “singletons” que corresponde a *Eurysternus foedus* y tres especies con un rango de abundancia entre tres y nueve individuos (*Anomiopus* sp, *Coprophanaeus telamon* y *Onthophagus acuminatus*), representando el 0.15% del total de las capturas. En tanto que, 22 especies fueron consideradas “comunes” (Tabla 5).

Tabla 4. Índices calculados a partir de los datos obtenidos para el relicto de bosque seco y la zona de uso ganadero empleando el programa Past (Hammer, 2001) y Estimates 7.5 (Colwell, 2005).				
Índices	Bs-T		Zona de uso Ganadero	
	Lluviosa	Sequia	Lluviosa	Sequia
Nº Especies	25	14	23	13
Nº Individuos	3,240	1,367	2,809	80
Shannon (H')	2.2	1.068	1.925	2.132
Dominancia (D)	0.2036	0.5691	0.255	0.1478
Equitabilidad	0.6834	0.4045	0.6141	0.8312
Morisita-Horn para los sitios de estudio	0.894			
Impc	31.07%			
Nº estimado de especies compartidas entre sitios de estudio	22			

De acuerdo al valor calculado en la prueba t ($t=25.7501$; $gl=2376.75$), el relicto de bosque presentó diferencias entre las épocas muestreadas ($p<0.05$) en sus valores de diversidad (H'), presentándose en el ciclo de lluvias, una alta equitabilidad ($J=0.6834$) y una baja dominancia ($D=0.2036$) respecto a la estación seca. La zona de uso ganadero, no presentó diferencias en los valores de diversidad ($t=-2.2567$; $gl=93.09$) para el ciclo seco y lluvioso ($p<0.05$). Además, se

observó una mejor distribución de la abundancia, lo cual se confirma con el menor valor del índice de Dominancia (Tabla 4).

Tabla 5. Variación en la abundancia y riqueza total de especies en los sitios de muestreo durante la época seca y la época de lluvias.

Especies	Bs-T				Zona uso Ganadero				Total
	Lluvia		Seco		Lluvia		Seco		
<i>Anomiopus sp</i>	1	0.02%	0	0.00%	2	0.07%	0	0.00%	3
<i>Ateuchus sp</i>	40	0.87%	0	0.00%	5	0.17%	0	0.00%	45
<i>Canthidium sp</i>	79	1.71%	29	0.63%	43	1.49%	9	0.31%	160
<i>Canthon aequinoctialis</i>	1,334	28.96%	1,021	22.16%	19	0.66%	1	0.03%	2,375
<i>Canthon aff. morsei</i>	91	1.98%	12	0.26%	5	0.17%	0	0.00%	108
<i>Canthon cyanellus</i>	275	5.97%	0	0.00%	168	5.82%	0	0.00%	443
<i>Canthon juvencus</i>	34	0.74%	3	0.07%	71	2.46%	2	0.07%	110
<i>Canthon lituratus</i>	22	0.48%	0	0.00%	54	1.87%	3	0.10%	79
<i>Canthon mutabilis</i>	13	0.28%	3	0.07%	132	4.57%	7	0.24%	155
<i>Canthon septemmaculatus</i>	90	1.95%	0	0.00%	1286	44.51%	11	0.38%	1,387
<i>Canthon subhyalinus</i>	202	4.38%	8	0.17%	28	0.97%	0	0.00%	238
<i>Coprophanaeus telamon</i>	4	0.09%	0	0.00%	1	0.03%	0	0.00%	5
<i>Deltochilum gibbosum</i>	54	1.17%	3	0.07%	21	0.73%	1	0.03%	79
<i>Diabroctis cadmus</i>	1	0.02%	0	0.00%	22	0.76%	0	0.00%	23
<i>Dichotomius belus</i>	347	7.53%	0	0.00%	66	2.28%	2	0.07%	415
<i>Digitonthophagus gazella</i>	0	0.00%	0	0.00%	44	1.52%	0	0.00%	44
<i>Eurysternus caribaeus</i>	45	0.98%	13	0.28%	1	0.03%	1	0.03%	60
<i>Eurysternus foedus</i>	1	0.02%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	1
<i>Eurysternus impressicollis</i>	36	0.78%	6	0.13%	16	0.55%	0	0.00%	58
<i>Eurysternus mexicanus</i>	45	0.98%	48	1.04%	33	1.14%	1	0.03%	127
<i>Onthophagus acuminatus</i>	3	0.07%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	3
<i>Onthophagus landolti</i>	234	5.08%	59	1.28%	289	10.00%	20	0.69%	602
<i>Onthophagus marginicollis</i>	95	2.06%	102	2.21%	455	15.75%	15	0.52%	667
<i>Pedaridium pilosum</i>	25	0.54%	1	0.02%	1	0.03%	0	0.00%	27
<i>Phanaeus hermes</i>	22	0.48%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	22
<i>Uroxys sp</i>	147	3.19%	59	1.28%	47	1.63%	7	0.24%	260

Continuación Tabla 5.

Total general	3,240	70.33%	1,367	29.67%	2,809	97.23%	80	2.77%	7,496
----------------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	---------------	-----------	--------------	--------------

Gremios de escarabajos coprófagos.

De las especies capturadas, en el relicto de bosque ocho son pequeñas cavadoras y cuatro de hábito endocóprido, mientras que para la zona de uso ganadero siete son cavadores de tamaño pequeño y tres especies son endocópridas. El número de especies con hábitos rodadores con tamaño grande y pequeño, así como los grandes rodadores no variaron entre los hábitats (Fig. 6a).

Cuando se compara el número de individuos capturados en cada uno de los gremios, se presenta una mayor abundancia de grandes rodadores (GRo) con un total de 2,502 individuos en el relicto de bosque y 1,339 individuos en la zona de uso ganadero. Los endocópridos (E) registraron 194 y 52 individuos, respectivamente. En cuanto a los pequeños cavadores (PCa) los valores de abundancias presentaron una tendencia a la igualdad en los dos hábitats (Fig. 6b).

Cambios en la riqueza y abundancia durante el período de muestreo.

La composición de las especies y la abundancia total de los individuos, tuvo importantes fluctuaciones durante el período de muestreo. La abundancia relativa fue significativamente mayor durante el ciclo de lluvias para el relicto de bosque (70.33 %) y para la zona de uso ganadero (97.23 %), evidenciándose la presencia de todas las especies coleccionadas, en tanto que en la época de sequía, todas disminuyeron su abundancia notablemente (Tabla 5).

La riqueza no mostró fuertes variaciones durante el período de muestreo para ambos sitios (Fig. 7). Pudo observarse la desaparición de algunas especies durante el ciclo seco y su posterior reaparición en la estación de lluvias como en el caso de *Anomiopus* sp, *Ateuchus* sp, *Canthon cyanellus*, *Coprophanæus telamon*, *Diabroctis cadmus*, *Digitonthophagus gazella*, *Eurysternus foedus*, *Onthophagus acuminatus* y *Phanaeus hermes*.

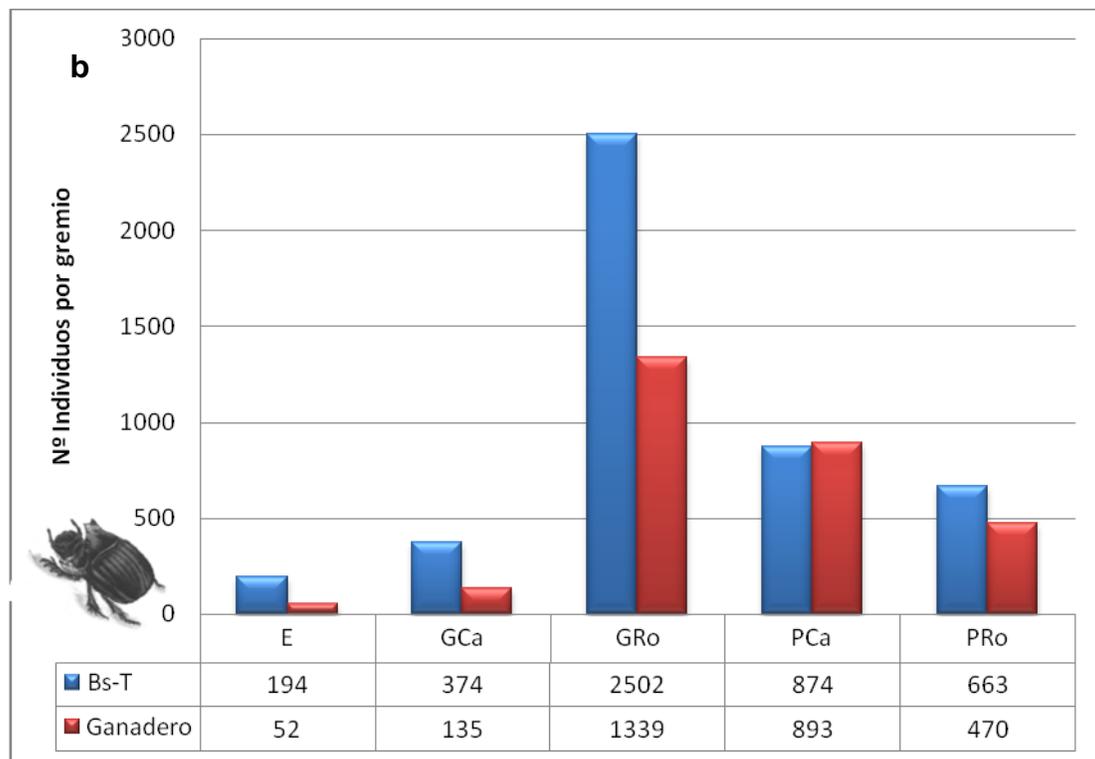
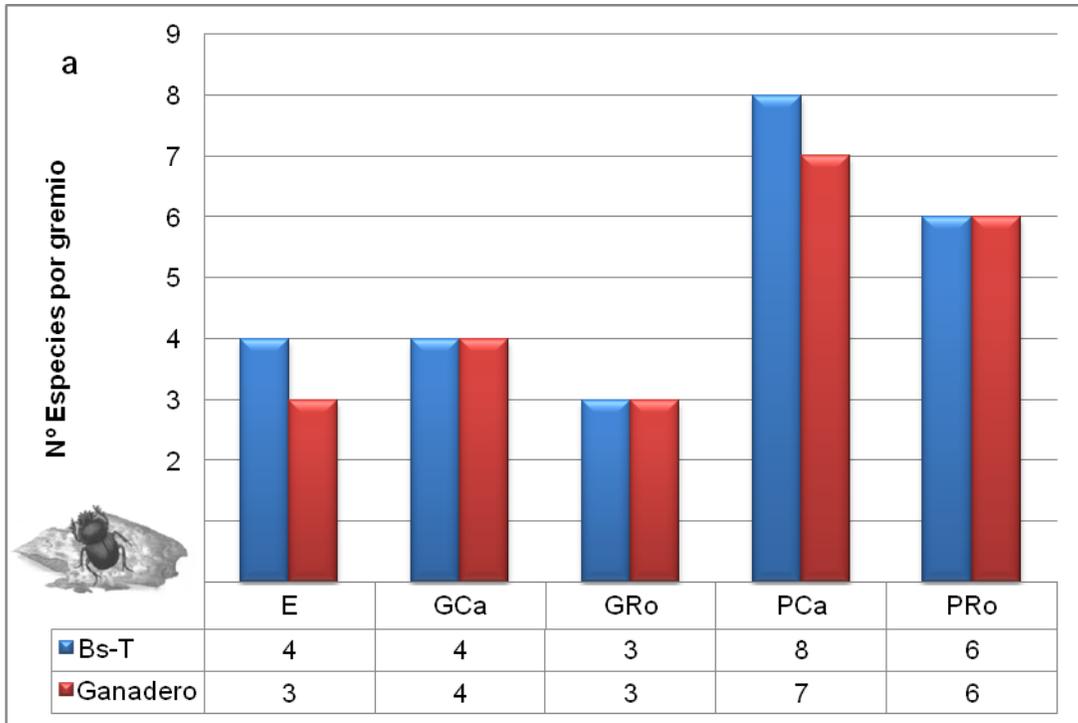


Fig. 6. Relación del (a) número de especies y (b) el número de individuos de cada gremio de acuerdo con la técnica de manipulación del excremento y tamaño corporal de escarabajos coprófagos, en cada sitio de muestreo.

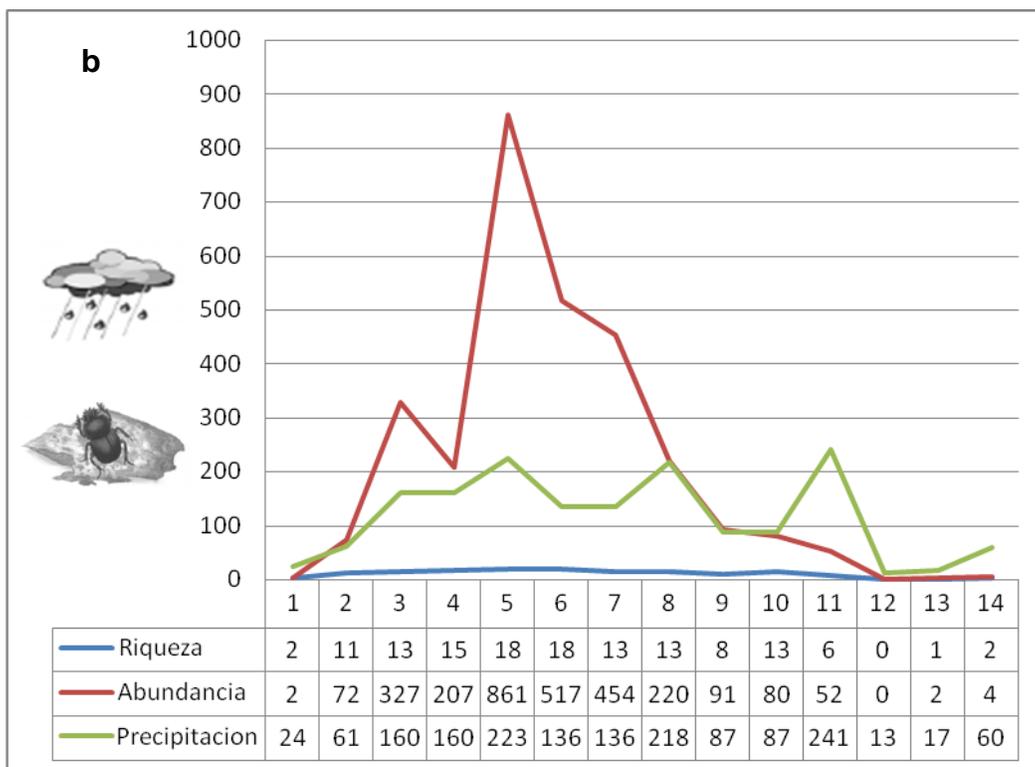
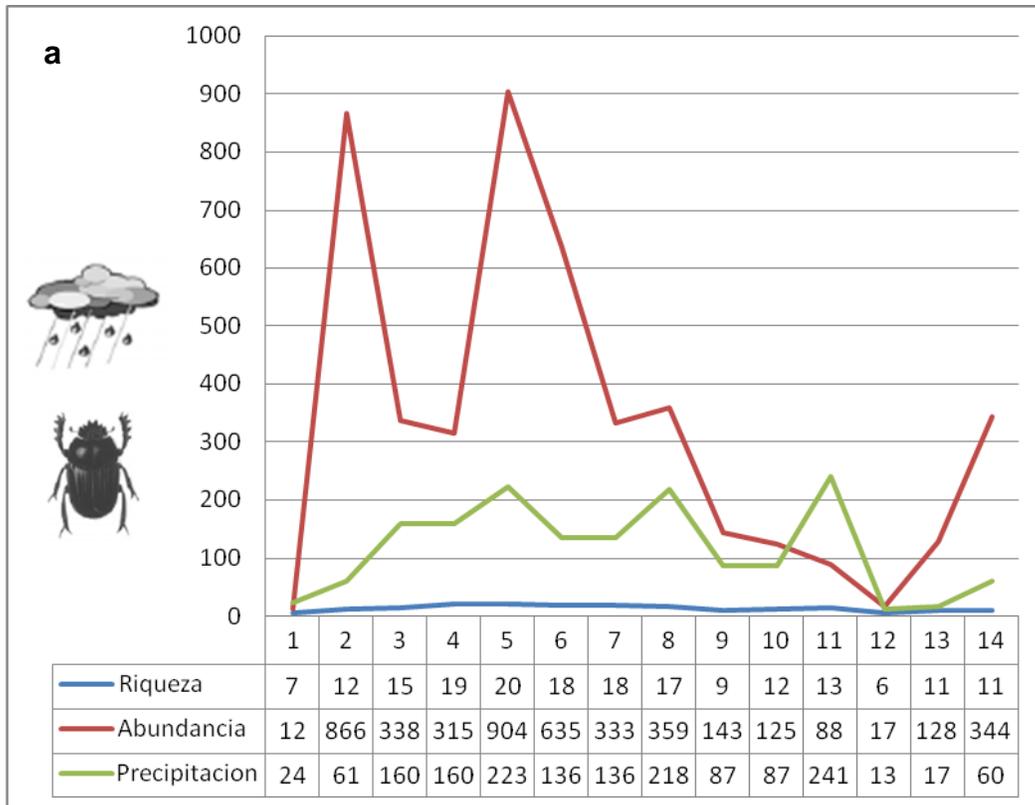


Fig. 7. Abundancia y riqueza para el relicto de bosque seco (a) y zona de uso ganadero (b) en los ciclos de lluvia y sequía durante los 14 muestreos.

Se encontró correlación positiva significativa entre la riqueza y la precipitación para la zona correspondiente al bosque (Coef. de Correlación= 0.766211; $p=0.0014$) como para la zona de uso ganadero (Coef. de Correlación= 0.667247; $p=0.0091$), indicando una correlación moderadamente fuerte entre las variables.

En cuanto la abundancia de individuos y la precipitación para la zona de bosque; el coeficiente de correlación fue igual a 0.350397, indicando una correlación relativamente débil entre las variables ($p=0.2194$). Para el área ganadera (Coef. de Correlación= 0.601141; $p=0.023$) existió correlación positiva significativa entre estas variables.

Se graficó el valor de abundancia para las especies con más de 100 individuos y la precipitación para cada sitio (Fig. 8a y 8b). Para la zona ganadera, *Canthon septemmaculatus* reveló un comportamiento afín con los niveles de precipitación (Coef. de Correlación= 0.575363; $p=0.0313$; Fig. 8b). Mientras, para el relicto de bosque, *Canthon aequinoctialis* presentó un comportamiento atípico ante los registros pluviométricos (Coef. de Correlación=0.0447202; $p=0.8793$), disminuyendo su abundancia en períodos donde otras especies aumentaban (Fig. 8a).

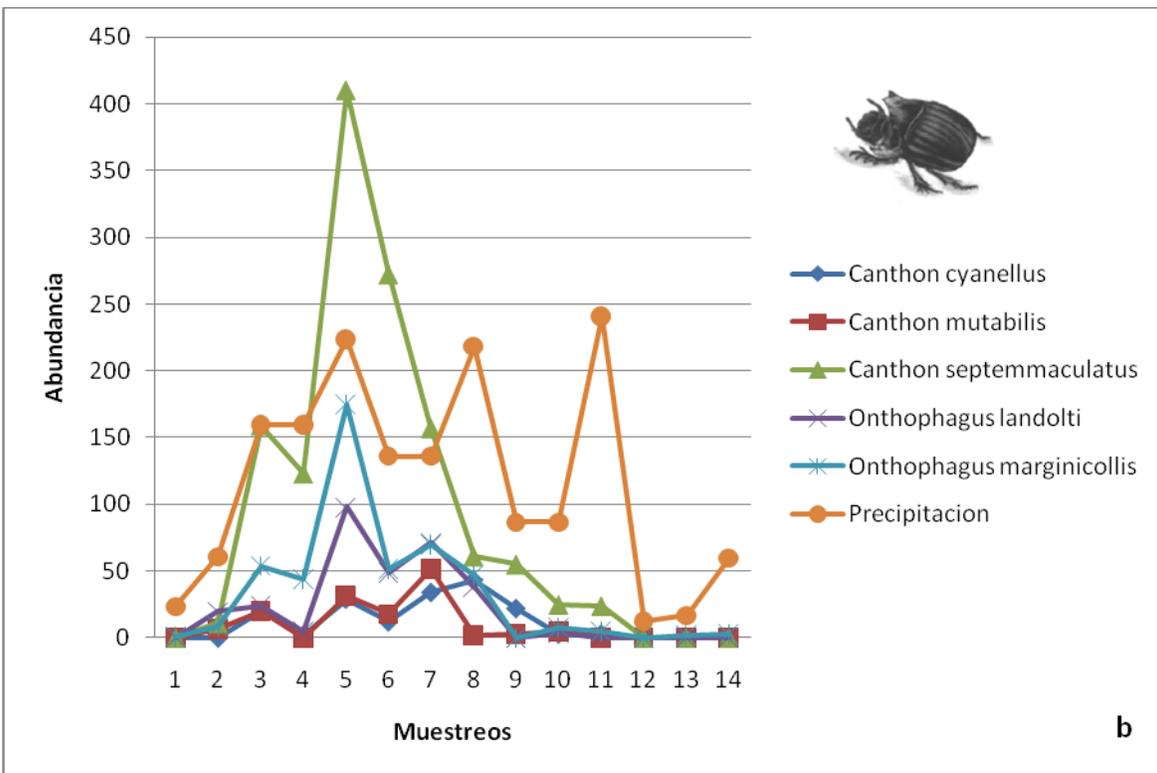
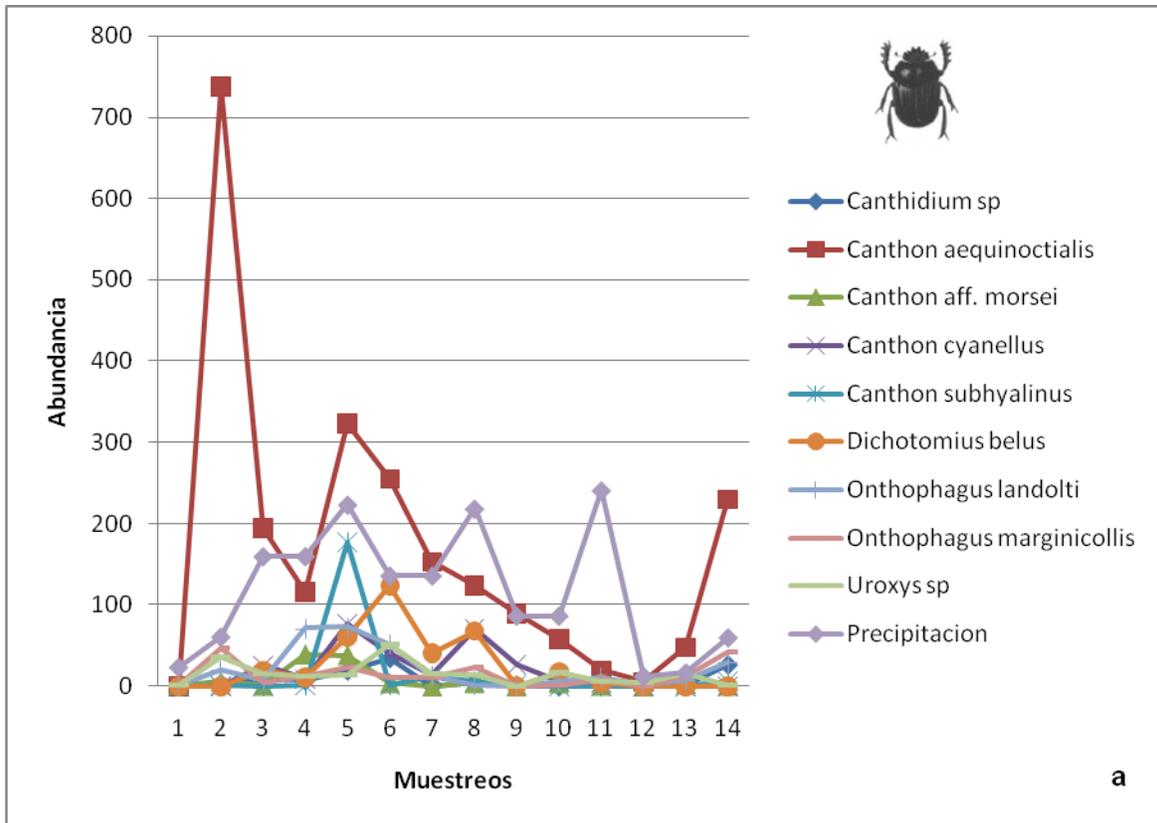


Fig. 8. Variación de la abundancia de las especies más frecuentes (> 100 individuos) (a) en el relicto de bosque y (b) en la zona de uso ganadero en los 14 muestreos.

Especies compartidas y exclusivas

Al comparar el hábitat de la zona boscosa, con el de uso ganadero, se observan cambios en las comunidades de escarabajos estercoleros, manifestados en una reducción en el número de especies y cambios en la composición. Sin embargo, estos cambios son relativamente pocos, si se tiene en cuenta la mínima diferencia en la riqueza de especies (Tabla 1) y el valor alto que expresa el Índice de similitud Morisita- Horn (0.894). El relicto de bosque y la zona de uso ganadero comparten 22 especies en total, es decir, el 84.6% de las especies encontradas, así mismo, el número estimado de especies compartidas coincidió con el valor observado (Tabla 5). El muestreo realizado revela la existencia de 3 especies exclusivas (*Phanaeus hermes*, *Onthophagus acuminatus* y *Eurysternus foedus*) en el relicto de bosque seco y una especie (*Digitonthophagus gazella*) en la zona de uso ganadero.

6. DISCUSION

Se colectaron un total de 26 especies lo cual representa el 9.12 % de las registradas para el país (285 especies; Noriega *et al.* 2007). Al comparar el número de géneros y especies (26 especies: 14 géneros) se pueden observar valores superiores a los registrados para otras localidades de Colombia en bosque seco, según: Escobar (1997) para los bosques secos del Tolima con 22 especies y 10 géneros; Jiménez – Ferbans *et al.* (2008) en ambientes secos de la región de Santa Marta con 26 especies y 12 géneros; Escobar, 1998 para el Santuario de Flora y Fauna Los Colorados, Bolívar, dentro de la zona Montes de María con 21 especies y 13 géneros. Para el departamento de Sucre Rivera *et al.* (2006) reportaron 14 especies pertenecientes a 9 géneros y Bohórquez *et al.* (2008) para la Reserva Forestal de Colosó (Sucre) registraron 17 especies y 8 géneros, esta menor riqueza en comparación con la obtenida en el presente estudio, se encuentra vinculada probablemente a características como tamaño o estado de conservación del bosque.

Los géneros *Canthon* y *Onthophagus* presentaron el mayor número de especies, similar a los resultados obtenidos en otras localidades de la Costa Caribe de Colombia (IAvH, 1997). Además, se amplió la distribución geográfica de la mayor parte de las especies listadas (Tabla 1) para el departamento de Sucre. *Eurysternus impressicollis*, *Trichillidium pilosum* (antes *Pedaridium pilosum*) y *Diabroctis cadmus*, a pesar de estar registradas en la literatura hasta los 100 m (Medina *et al.* 2001), se amplió sus rangos de colecta entre los 127 y 220 m. *Eurysternus foedus* es uno de los primeros registros para la Costa Atlántica en alturas inferiores a los rangos de los 190 a 1,680 m (Rodríguez-Mahecha *et al.* 2008). De confirmarse la presencia de *Canthon morsei* (reportado en este monitoreo bajo el estatus de afín a esta especie) se constituiría en una ampliación de la distribución geográfica y altitudinal de esta especie, así como el primer registro para la Provincia Biogeográfica Cinturón árido Pericaribeño, debido a que

ésta se encuentra muy restringida a los valles interandinos de las cordilleras central y occidental (Noriega, com. pers.).

Dentro de las especies registradas, se destaca la presencia del escarabajo afroasiático *Digitonthophagus gazella* en la zona de uso ganadero, capturado en trampas de caída cebadas con excremento humano, de bovinos, trampa de interceptación de vuelo y captura manual en bostas vacunas. Su migración a través del continente americano ha sido bien documentada tras su introducción en EEUU y Brasil (Bianchin *et al.* 1998). En Colombia se registró la presencia de esta especie en territorios insulares (San Andrés) en 1995 (Noriega, 2002). En territorios continentales entre 2004 y 2006 en localidades de los departamentos de Atlántico, Bolívar, Casanare, Cesar, La Guajira, Magdalena y Vichada (Noriega *et al.* 2006; Rivera & Wolff, 2007). Éste constituye el primer registro de la especie para el departamento de Sucre (Navarro *et al.* 2009).

De acuerdo con las curvas de acumulación de especies y los estimadores no paramétricos utilizados, es posible afirmar que se obtuvo una buena representación de las especies del área de estudio, debido a que se logró capturar especies con diferentes hábitos y formas de manipulación del excremento, demostrando a su vez que, los métodos de colecta utilizados son altamente eficientes y complementarios para la captura de escarabajos coprófagos. Este hecho permite la realización de buenas comparaciones entre los hábitats muestreados y garantiza la confiabilidad de las interpretaciones emitidas.

Un alto porcentaje de los individuos se capturó utilizando excremento humano, superando los valores obtenidos para las otras fuentes de recurso (excremento de bovino y pescado en descomposición), evidenciándose que en comunidades neotropicales es posible muestrear la mayoría de las especies con este coprocebo (Klein, 1989; Medina & Kattán, 1996) debido a que es un atrayente de amplio espectro, permitiendo la captura tanto de coprófagos completamente especialistas como aquellos que se alimentan de carroña y otros recursos (Howden & Nealis,

1975; Escobar, 2004). Además, es posible que estos coleópteros detecten compuestos nitrogenados que hacen que las heces humanas sean mucho más atractivas para ellos; tales compuestos son requeridos por los adultos para el período de maduración sexual, etapa en la que finalizan el desarrollo de su sistema muscular y las hembras culminan la maduración de sus huevos (Cambefort, 1991b; Hanski & Cambefort, 1991; Bustos-Gómez & Lopera, 2003). En el mismo sentido, el excremento de omnívoro, (en este estudio) excremento humano, posee una gran cantidad de bacterias, constituyendo una parte importante de la dieta de los escarabajos coprófagos, cruciales dentro del metabolismo de dichos insectos (Bustos-Gómez & Lopera, 2003). Por otra parte, *Canthon aequinoctialis* y *C. septemmaculatus* fueron las especies más asociadas a este tipo de excremento, presentando los mayores valores de abundancia para el relicto de bosque y la zona ganadera, respectivamente. Para ambas especies se ha reportado la captura en trampas de caída cebadas con excremento humano en localidades de Panamá y Costa Rica (Howden & Young, 1981; Solis & Kohlmann, 2002). Según Hanski & Koskela, 1978 (en Silva *et al.* 2007), la estabilidad de una especie se encuentra relacionada positivamente con su abundancia y especialización ecológica; de acuerdo con esto, éstas fueron las dos especies más adaptadas a los hábitats muestreados.

Respecto a las categorías referidas a la técnica de relocalización y tamaño corporal, se observó que la proporción de especies es similar para todos los gremios. Las diferencias que fueron detectadas con tales categorías entre los hábitats muestreados, indican la disponibilidad y variedad de excremento, lo cual podría estar relacionado con el número total de escarabajos por gremio en cada hábitat. Sin embargo, podría estarse ignorando el hecho que las especies difieren en tamaño y por tanto, en el uso de recursos por individuos (Nealis, 1977 en Jankielsohn *et al.* 2001). Adicionalmente, se ha documentado que el tamaño del escarabajo coprófago puede afectar la selección del alimento (Hanski & Cambefort, 1991), estableciéndose una relación estrecha entre éstos. Hecho que podría relacionar el mayor número de especies pequeñas, con la presencia de

mamíferos de tamaño mediano y pequeño como el perrito de monte (*Potos flavus*), perezoso tres dedos (*Bradypus variegatus*) y ardilla (*Sciurus granatensis*), entre otros, los cuales fueron avistados por Galván (2009) en la Reserva Forestal Protectora de la Serranía de Coraza (Montes de Maria – Sucre), al igual que por informaciones de los habitantes de la zona. Estas áreas podrían ser visitadas diaria o estacionalmente por muchas especies de animales en busca de alimento y/o agua (Ceballos *et al.* 1999 en Andresen, 2005). Así mismo, se destaca el caso de *Trichillidium pilosum* que ha sido asociada a excremento de perezosos y que al parecer es una especie forética, de modo que utiliza estos mamíferos como medio de dispersión (Howden & Young, 1981; IAvH, 1997).

Se tiene conocimiento de la estrecha relación entre los niveles de precipitación, los valores de riqueza y abundancia de especies de escarabajos coprófagos (Escobar, 2000a); presentándose en los bosques secos, fuertes variaciones e incluso, cambios en la composición de la comunidad entre la época seca y lluviosa (Janzen, 1983; Escobar, 1997). Al analizar separadamente cada sitio de muestreo teniendo en cuenta las épocas del año puede observarse que la zona de uso ganadero durante la época de lluvias muestra gran parecido en el número de especies con el relicto de bosque en el mismo período. Del mismo modo que, la abundancia y la riqueza de especies decaen en ambos sitios al transcurrir la estación seca. Según los resultados del presente estudio se encontró una riqueza similar para ambas zonas de muestreo, contrario a Escobar (1997) y Medina *et al* (2002) que encontraron baja riqueza de escarabajos coprófagos en los potreros en comparación con los bosques.

Es notable el descenso extremo en la abundancia para la zona ganadera durante la época de sequía, lo cual podría estar relacionado con la compactación del suelo producto del pisoteo del ganado, la erosión, y la alta insolación, factores que generan dificultades en el establecimiento de los escarabajos coprófagos (Arango *et al.* 2006). Sin embargo, en esta época, se obtuvo un valor del índice de diversidad (H') equiparable a la zona boscosa durante la época de lluvias, aunado

a la mayor equitabilidad (J) y al menor índice de dominancia (D) encontrado para esta zona durante el ciclo seco, lo que indica que se presentó una distribución más homogénea de la abundancia. En la zona ganadera se pueden presentar muchas dificultades para el establecimiento de escarabajos coprófagos y podría actuar como un hábitat sumidero, mientras el bosque estaría actuando como un hábitat fuente.

La correlación entre la precipitación, la riqueza y la abundancia de individuos podría estar relacionada con la presencia de una mayor oferta de recursos a nivel cualitativo y cuantitativo como lo son el follaje, el néctar, las frutas y el polen a lo largo del año, proporcionando alimento durante la época de lluvias, a los vertebrados y consecuentemente a los escarabajos coprófagos (Janzen, 1983; Wolda, 1988 en Escobar & Chacón de Ulloa, 2000). Janzen (1983) indica que las especies de Scarabaeinae tienen preferencias por cierto tipo de excremento y requerimientos nutricionales según la época del año. En adición, las lluvias disminuyen el grado de dureza y compactación del suelo para construcción de galerías (Wolda, 1988 en Escobar & Chacón de Ulloa, 2000). Mientras, en la época seca la falta de humedad adecuada para realizar algunas funciones y la consecuente desecación del excremento de modo que lo hacen inutilizable para los coprófagos, provoca una disminución en las comunidades (Klein, 1989; Cambefort & Hanski, 1991). En muchas especies de escarabajos coprófagos a nivel mundial se ha registrado picos de emergencia de adultos en el inicio de la época de lluvias (Cambefort, 1991 y Kohlmann, 1991 en Andresen, 2005); ésto probablemente explique el gran número de estercoleros observados al inicio de la época, en este estudio.

A pesar de ésto, los menores valores de riqueza y abundancia se registraron en el mes de mayor precipitación (Noviembre, con 240.9 mm de lluvias), lo cual se debe a que las poblaciones muestran un comportamiento basado en el equilibrio entre los factores limitantes, es decir, que si las lluvias aumentan o disminuyen por fuera de su nivel de tolerancia, éstas reducirán su número de individuos, hecho que

afectará la comunidad (Begon *et al.* 2006). Ahora bien, la acción de las fuertes lluvias sobre el excremento ocasiona la rápida pérdida de sus propiedades aromáticas y su disolución (Howden & Young, 1981). En la zona boscosa la precipitación no fue un factor determinante para la abundancia de los escarabajos coprófagos.

Al examinar en detalle las especies con más de 100 individuos, se observó la alternancia en los valores de abundancia a lo largo del año, evidenciando, una asincronía que permite el establecimiento y coexistencia de las especies, con una consecuente disminución de la competencia como lo establece Hanski & Camberfort (1991) para la subfamilia Scarabaeinae. *Canthon aequinoctialis* mostró esta asincronía, disminuyendo en número mientras *Canthon aff. morsej*, *Onthophagus landolti*, *Onthophagus marginicollis* y *Dichotomius belus* aumentaban. Por su parte, en la zona ganadera no se evidenció este tipo de comportamiento.

Hanski & Camberfort (1991) puntualizaron que cuando el grado de competición varía estacionalmente, algunas especies que son competidores inferiores pueden ganar ventaja presentando una conveniente etapa de letargo (diapausa) durante el período de mayor competición y se mantienen activos durante el período seco. Este puede ser el caso de las especies que permanecieron durante la época de sequía en ambos sitios de muestreo.

Se encontró un alto porcentaje de especies compartidas, en las comunidades de escarabajos coprófagos para las dos zonas estudiadas; este grupo se conoce como especies euritópicas, las cuales presentan amplios rangos de tolerancia por lo que se les puede encontrar en hábitats perturbados (Bustos-Gomez & Lopera, 2003), es decir, que tales comunidades corresponden a una mezcla de especies con capacidad para usar tanto el bosque como áreas modificadas (Escobar, 2004). Sin embargo, dado que la distancia aproximada entre el área de uso ganadero y el relicto de bosque es de 1 km y no existen barreras físicas que eviten

el flujo de los coprófagos; se presume que existe recambio de especies entre los sitios de muestreo, apoyando esta afirmación en lo expuesto por Gill (1991), que indica que, este grupo de insectos tiene un rango de vuelo aproximado de poco más de 1 km en dos días y durante períodos de 20 a 40 minutos continuos en zig-zags entre la vegetación. Así mismo, la presencia de árboles dispersos podría permitir el paso de parte de la comunidad de escarabajos coprófagos del bosque a la zona ganadera.

Por tanto, los resultados corroboran el hecho de que las comunidades de escarabajos coprófagos en el relicto de bosque seco y en la zona de uso ganadero son muy similares en lo que respecta a la identidad de las especies, constituyendo una sola comunidad, por cuanto las diferencias tan solo surgen en términos de abundancia que puede verificarse con valor del Índice de los Mínimos Porcentajes Comunes ($Impc=31.07\%$). Podría sugerirse con base en la baja abundancia de *Eurysternus foedus*, *Anomiopus* sp, *Coprophanaeus telamon* y *Onthophagus acuminatus*, que son “especies turistas”, las cuales pudieron llegar en forma estocástica a los sitios de muestreo, relacionado con la oferta excepcional de alimento (Halffter & Moreno, 2005).

Con base en ésto, la ocurrencia y abundancia de ciertos escarabajos coprófagos puede interpretarse como indicadores del estado de conservación de un hábitat. Así, la presencia de especies típicas de zonas boscosas como *Phanaeus hermes*, *Coprophanaeus telamon*, *Diabroctis cadmus*, *Trichillidium pilosum*, *Anomiopus* sp, *Deltochilum gibbosum* y las especies del género *Canthon* en la zona correspondiente al relicto de bosque seco refiere un moderado estado de conservación. Lo que permite inferir que al desaparecer este remanente de bosque, estas especies pueden llegar a extinguirse localmente (Escobar, 1997), debido a que poseen requerimientos de áreas extensas con abundante cobertura arbórea influyendo en el establecimiento y permanencia de los escarabajos, así como imponiendo restricciones a su movimiento y uso de otros hábitats (Halffter &

Matthews, 1966; Howden & Nealis 1975; Escobar & Chacón de Ulloa, 2000; Escobar, 2004).

La presencia de *Canthon septemmaculatus*, especie distribuida en áreas abiertas, naturales, ecotonos bosque-pastizal, bosque seco y húmedo (Howden & Young, 1981; Solis & Kohlmann, 2002) indica algún grado de perturbación (Young, 1984), hecho que es congruente con este estudio. Así mismo, se destaca la presencia de especies típicas de rastrojos y zonas abiertas como en el caso de *Dichotomius belus*, *Onthophagus landolti* y *Onthophagus marginicollis*. Al contrastarse los resultados del presente estudio, la baja abundancia de estas especies y el alto índice de similitud entre los sitios de muestreo a nivel cualitativo, puede estar indicando un creciente grado de intervención en el sector muestreado de la Serranía de Coraza. Sin embargo, las mejores condiciones microclimáticas y de hábitat del área boscosa podrían estar actuando como reservorio de las especies que necesiten condiciones óptimas para su establecimiento, indicando que este tipo de estructuras boscosas no sólo contribuyen al aumento de la diversidad de escarabajos coprófagos, sino que pueden ser considerados suficientes para el mantenimiento y conservación de una buena diversidad.

7. CONCLUSIONES

- ✓ El inventario realizado en el relicto de bosque seco y la zona de uso ganadero de la Serranía de Coraza, proporciona una primera idea sobre la composición, estructura y diversidad en comunidades de escarabajos coprófagos presentes en el lugar. Al tratarse de un monitoreo, resulta posible comparar estos resultados con estudios realizados en otras localidades de la Costa Caribe colombiana. Sumado a esto, se amplía la información disponible para el departamento de Sucre en lo que respecta a esta coprofauna.
- ✓ Los métodos de captura utilizados son eficientes, confiables, complementarios y adecuados para el muestreo de escarabajos coprófagos garantizando la colección de un buen número de especies (riqueza) y una gran cantidad de individuos (abundancia), lográndose la captura de más del 84 % de las especies esperadas.
- ✓ El índice de Shannon-Wiener (H') no presentó diferencias entre la estación lluviosa y de sequía para la zona de uso ganadero, a pesar que la riqueza y abundancia para el periodo seco fue la más baja. Mientras, para la zona boscosa se observaron diferencias evidentes entre las épocas muestreadas respecto a la diversidad.
- ✓ La distribución uniforme de los gremios de escarabajos coprófagos entre la zona boscosa y el área de uso ganadero, agrupados de acuerdo con su forma de relocalización del excremento y tamaño corporal, podría estar relacionado con la constante disponibilidad y variedad de recursos (excrementos).
- ✓ Se verificó una correlación positiva entre la precipitación, la riqueza y abundancia para la zona de uso ganadero y el relicto de bosque,

encontrándose estacionalidad para la comunidad de escarabajos coprófagos y considerándose como un factor importante para su distribución a lo largo del año.

- ✓ Las comunidades de escarabajos coprófagos en el relicto de bosque seco y en la zona de uso ganadero son muy similares, debido al alto número de especies compartidas y al bajo número de especies exclusivas para cada caso; constituyendo una sola comunidad, por cuanto las diferencias solo surgen en términos de abundancia.

- ✓ Los resultados evidencian un creciente estado de intervención antrópica en los sitios muestreados en la Serranía de Coraza. Sin embargo, las mejores condiciones microclimáticas del relicto de bosque, en contraste con la zona de uso ganadero, podrían estar actuando como reservorio de las especies que necesiten hábitats óptimos para su establecimiento.

8. RECOMENDACIONES

- ✓ Es importante corroborar los resultados de este estudio con otros grupos megadiversos como himenópteros y lepidópteros, para poder detectar cambios en los ecosistemas.
- ✓ Se sugiere la realización de muestreos que abarquen un rango altitudinal mayor a los 220 m, en la Serranía de Coraza, Colosó – Sucre, con el fin de observar la variación de las comunidades de escarabajos coprófagos en relación con éste.
- ✓ Debe seguirse acumulando datos de este sitio de muestreo, con el fin de poder detectar cambios a una escala temporal mayor.
- ✓ Se recomienda la realización de inventarios de la coprofauna en las subregiones del departamento de Sucre para observar las variaciones de acuerdo con las características geográficas de cada una de ellas.
- ✓ Se plantea la alternativa de realización de muestreos que evalúen la preferencia de cebo de las especies de escarabajos coprófagos.
- ✓ Se propone la verificación de las relaciones existentes entre los escarabajos coprófagos y la disponibilidad de recursos en zonas de bosques secos y paisajes ganaderos.
- ✓ Se hace necesario realizar colectas en paisajes perturbados con diferentes grados de intensidad para establecer puntos de comparación con áreas más conservadas.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILERA, M. 2005. La economía del departamento de sucre: ganadería y sector público. Banco de la República, Centro de estudios económicos regionales (CEER) – Cartagena. N° 63. 129p

AMAT-G, G., A. Lopera & S. Amézquita. 1997. Patrones de distribución de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en relictos del bosque altoandino, cordillera oriental de Colombia. *Caldasia* 19 (1-2): 191 – 204

AMÉZQUITA, S., A. Forsyth, A. Lopera & A. Camacho. 1999. Comparación de la composición y riqueza de especies de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en remanentes de bosque de la Orinoquia colombiana. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s) 76: 113 – 125

ANDRESEN, E. 2005. Effects of season and vegetation type on community organization of dung beetles in a tropical dry forest. *Biotropica* 37 (2): 291 – 300

ANDRESEN, E. & F. Feer. 2005. The role of dung beetles as secondary seed dispersers and their effect on plant regeneration in tropical rainforests. pp. 331 – 349. En: Forget P-M, J. Lambert, P. Hulme & S.B. Vander Wall (eds). *Seed fate: Predation, dispersal and seedling establishment*. CABI Publishing, Oxon, UK. 410p

ARANGO, L., J. Montes, D. López & J. López. 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* Vol. 11: 390 – 409.

BEGON, M., C. R. Townsend & J. L. Harper. 2006. *Ecology: from individuals to ecosystems*. 4ª edición. Blackwell Publishing. Londres. 738p

BERTONE, M., W. Watson, M. Stringham, J. Green, S. Washburn, M. Poore & M. Hucks. [S.F.]. Dung beetles of central and eastern North Carolina cattle pastures. Disponible en: <http://www.cals.ncsu.edu/entomology/guidetoncdungbeetles.pdf> [Fecha revisión: mayo de 2009]

BIANCHIN, I., R.G.O. Alves & W. Koller. 1998. Efeito de carrapaticidas/inseticidas “Pour-on” sobre adultos do besouros coprófago africano *Onthophagus gazella* Fabr. (Coleoptera: Scarabaeidae). An. Soc. Entomol. Brasil 27: 275 – 279

BOHÓRQUEZ, J.C., J. Montoya & L.C. Pardo. 2008. Estudio de la comunidad de coleópteros coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae, Scarabaeinae) presentes en la reserva forestal de Colosó, Sucre. pp. 45. Memorias del XXXV Congreso-SOCOLEN.

BOUCHARD, P., V. Grebennikov, A.B.T. Smith & H. Douglas. 2009. Biodiversity of coleoptera. pp. 265 – 301. En: Footitt, R. G. & P.H. Adler (eds). Insect biodiversity: science and society. Blackwell Publishing. Londres. 632p

BUSTOS-GÓMEZ, F. & A. Lopera. 2003. Preferencia por cebo de los escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de un remanente de bosque seco tropical al norte del Tolima (Colombia). pp. 59 – 65. En: Onore, G., P. Reyes-Castillo & M. Zunino (comp.) Escarabeidos de Latinoamérica: Estado del conocimiento. m3m-Monografías Tercer Milenio, vol. 3, Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA), Zaragoza. 86p

CAMBEFORT, Y. 1991a. Biogeography and evolution. pp. 51 – 68. En: Hanski, I & Y. Cambefort (eds). Dung beetles ecology. Princeton University Press. Princeton. New Jersey. 481p

CAMBEFORT, Y. 1991b. From saprophagy to coprophagy. pp. 22 – 35. En: Hanski, I & Y. Cambefort (eds). Dung beetles ecology. Princeton University Press. Princeton. New Jersey. 481p

CAMBEFORT, Y. & I. Hanski. 1991. Dung beetle population biology. pp. 36 – 50. En: Hanski, I & Y. Cambefort (eds). Dung beetles ecology. Princeton University Press. Princeton. New Jersey. 481p

CANO, E.B. & J.C. Schuster. [S.F.]. Beetles as indicators for forest conservation in Central America. En: International commission on tropical biology and natural resources. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS). Disponible en <http://www.eolss.net/> [Fecha revisión: mayo 18 de 2009]

CASTELLANOS, M., F. Escobar & P. Stevenson. 1999. Dung beetles (Scarabaeidae: Scarabaeinae) attracted to Woolly Monkey (*Lagothrix lagotricha*) dung at Tinigua National Park, Colombia. Coleopt. Bull. 53 (2): 130 – 134

CHAO, A., R. L. Chazdon, R. K. Colwell & T-J. Shen. 2005. Un nuevo método estadístico para la evaluación de la similitud en la composición de especies con datos de incidencia y abundancia. pp. 85 – 96. En: Halffter G., J. Soberón, P. Koleff & A. Melic (eds). Sobre Diversidad Biológica: el Significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma. m3m- Monografías 3er Milenio, vol. 4. SEA, CONABIO, Grupo DIVERSITAS & CONACYT, Zaragoza. 242p

CLAVIJO J. & R. Barrera. 2001. Geología de las planchas 44 Sincelejo y 52 Sahagún. Ministerio de minas y energía, Instituto de investigación e información geocientífica, minero-ambiental y nuclear, INGEOMINAS. 63p

COLWELL, R. K. 2000. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples (Software and user's guide), Version 6.0b1. Disponible en <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>

COLWELL, R. K. 2005. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples (Software and user's guide), Version 7.5. Disponible en <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>

COSTA, C. 2000. Estado de conocimiento de los coleoptera neotropicales. pp. 99 – 114. En: F. Martín-Piera, J.J. Morrone y A. Melic (eds). Hacia un proyecto CYTED para el Inventario y Estimación de la Diversidad Entomológica en Iberoamérica: PRIBES 2000. Monografías Tercer Milenio, Vol. 1, Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza. 326p

DOUBE, B.M. 1991. Dung beetles of Southern Africa. pp. 116 – 132. En: Hanski, I & Y. Cambefort (eds). Dung beetles ecology. Princeton University Press. Princeton. New Jersey. 481p

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

ESCOBAR, F. 1998. Análisis regional de la comunidad de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de los bosques secos de la región Caribe de Colombia. Tomo I. pp. 72 – 75. En: Chaves M. E. & N. Arango (eds). Informe Nacional sobre el estado de la biodiversidad – Colombia. Instituto Alexander von Humboldt, PNUMA, Ministerio de Medio Ambiente.

ESCOBAR, F. 2000a. Diversidad y distribución de los escarabajos del estiércol (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de Colombia. pp. 197 – 210. En: F. Martín-Piera, J.J. Morrone & A. Melic (eds). Hacia un proyecto CYTED para el Inventario y Estimación de la Diversidad Entomológica en Iberoamérica: PRIBES 2000. Monografías Tercer Milenio, Vol. 1, Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza, 326p.

ESCOBAR, F. 2000b. Diversidad de coleópteros coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en un mosaico de hábitats en la Reserva Natural Nukak, Guaviare, Colombia. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 79: 103 – 121

ESCOBAR, F. 2004. Diversity and composition of dung beetle (Scarabaeinae) assemblages in a heterogeneous Andean landscape. *Tropical Zoology* 17: 123 – 136

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

ESCOBAR, F. & C. Medina. 1996. Coleópteros coprófagos (Scarabaeidae) de Colombia: Estado actual de su conocimiento. pp. 93 – 116. En: *Insectos de Colombia*. Amat G. Andrade G. y F. Fernández (eds). Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales – Pontificia Universidad Javeriana. 541p

ESCOBAR, F., G. Halffter, A. Solís, V. Halffter & D. Navarrete. 2008. Temporal shifts in dung beetles community structure within a protected area of tropical wet forest: a 35 – year study and its implications for long – term conservation. *Journal of Applied Ecology* 45 (6): 1584 – 1592

ESQUIVEL H., M. Ibrahim, C.A. Harvey, C. Villanueva, T. Benjamin & F.L. Sinclair. 2003. Árboles dispersos en potreros de fincas ganaderas en un ecosistema seco de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10 (39 – 40): 24 – 29

FAVILA, M. & G. Halffter. 1997. The use of indicator groups for measuring biodiversity as related to community structure and function. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s) 72: 1 – 25

FUENTES, S., A. Sampedro & M. Ardila. 2003. Importancia de la jicotea (*Trachemys scripta callirostris*: Chelonia, Emydidae) como recurso natural en la comunidad de isla del coco, región de la Mojana, departamento de Sucre, Colombia. *Revista Biología* 17 (2): 126 – 133

GALVÁN, S. 2009. Formulación del plan de acción para la protección, conservación y manejo de hábitat naturales y especies (fauna silvestre) amenazadas en la Estación Primatológica Colosó, Reserva Forestal Protectora Serranía de Coraza, Montes de María departamento de Sucre. Tesis de pregrado en la modalidad de pasantía. Universidad de Sucre. 93p

GILL, B.D. 1991. Dung beetles in tropical American forest. pp. 211 – 229. En: Hanski, I & Y. Cambefort (eds.) *Dung beetles ecology*. Princeton University Press. Princeton. New Jersey. 481p

HALFFTER, G. & W.D. Edmonds. 1982. The nesting behavior of dung beetles (*Scarabaeinae*): an ecological and evolutive approach. Instituto de Ecología, México, D.F. 176 p

HALFFTER, G. & M. Favila. 1993. The *Scarabaeinae* an animal group for analyzing, inventorying and monitoring biodiversity in tropical rainforest and modified landscapes. *Biology International* 27: 15 – 21

HALFFTER, G. & E.G. Matthews. 1966. Natural history of dung beetles of the subfamily *Scarabaeinae* (Coleoptera: *Scarabaeidae*). *Folia Entomológica Mexicana* 12 – 14: 1 – 132.

HALFFTER, G. & C. E. Moreno. 2005. Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma. pp: 5 – 18. En: Halffter G., J. Soberón, P. Koleff & A. Melic (eds.) *Sobre Diversidad Biológica: el Significado de las Diversidades Alfa, Beta y*

Gamma. m3m- Monografías 3er Milenio, vol. 4. SEA, CONABIO, Grupo DIVERSITAS & CONACYT, Zaragoza. 242p

HAMMER, Ø., D.A.T. Harper & P.D. Ryan. 2001. PAST: Palaeontological Statistics Software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4 (1): 9 pp. Version 1.91. Disponible en: <http://folk.uio.no/ohammer/past>

HANSKI, I. & Y. Cambefort. 1991. Resource partitioning. pp. 331 – 349. En: Hanski, I & Y. Cambefort (eds). *Dung beetles ecology*. Princeton University Press. Princeton. New Jersey. 481p

HERNÁNDEZ, B., J.M. Maes, C.A. Harvey, S. Vílchez, A. Medina & D. Sánchez. 2003. Abundancia y diversidad de escarabajos coprófagos y mariposas diurnas en un paisaje ganadero en el departamento de Rivas, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 10 (39 – 40): 93 – 102

HERNÁNDEZ, J., A. Hurtado, R. Ortiz, & T. Walschburger. 1992 Unidades biogeográficas de Colombia. pp. 105 – 152 En: Halffter, G. (ed). *La Diversidad Biológica De Iberoamérica I*. CYTED-B Programa iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo. Instituto de Ecología, A.C., Xalapa. México. 390p

HOLDRIDGE, L.R. 2000. *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Americano de cooperación para la Agricultura (HCA). Quinta reimpresión. San José de Costa Rica. 216p

HOWDEN, H. F. & G. Nealis. 1975. Effects of clearing in a tropical rainforest on the composition of the coprophagous scarab beetle fauna (Coleoptera). *Biotropica* 7: 77 – 83

HOWDEN, H. F. & O.P. Young. 1981. Panamian Scarabaeinae: Taxonomy, distribution and habits (Coleoptera, Scarabaeidae). Contributions of the American Entomological Institute 18 (1): 1 – 204

INSTITUTO ALEXANDER VON HUMBOLDT, IAvH. 1997. Caracterización ecológica de cuatro remanentes de bosque seco de la región Caribe colombiana. Grupo de Exploraciones y Monitoreo Ambiental – GEMA, Informe N° 3. 86 p.

INSTITUTO ALEXANDER VON HUMBOLDT, IAvH. 1998. El bosque seco tropical (Bs-T) en Colombia. Grupo de Exploraciones y Monitoreo Ambiental – GEMA. Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/download/inventarios/bst/Doc3.pdf> [Fecha revisión: noviembre 10 de 2007]

JANZEN D. H. 1983. Seasonal change in abundance of large nocturnal dung beetles (Scarabaeidae) in a Costa Rican deciduous forest and adjacent horse pasture. Oikos 41: 274 – 283

JESSOP, L. 1985. An identification guide to Eurysternine dung beetles (Coleoptera, Scarabaeidae). Journal of Natural History 19: 1087 – 1111

JIMENEZ-FERBANS, L., W. Mendieta-Otalóra, H. García & G. Amat. 2008. Notas sobre los escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en ambientes secos de la región de Santa Marta, Colombia. Acta biol. Colomb, 13 (2): 203 – 208

KLEIN, B. C. 1989 Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in Central Amazonia. Ecology 70 (6): 1715 – 1725

KOHLMANN, B. & A. Solís. 2001. El género *Onthophagus* (Coleoptera: Scarabaeidae) en Costa Rica. Giornale Italiano di Entomologia 9, 159 – 261

LOBO, J.M., F. Martín-Piera & C. Veiga. 1988. Las trampas pitfall con cebo, sus posibilidades en el estudio de las comunidades coprófagas de Scarabaeoidea (Col.). I. Características determinantes de su capacidad de captura. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol* 25 (1): 77 – 100

LOBO, J.M. & Veiga, C.M. 1990. Interés ecológico y económico de la fauna coprófaga en pastos de uso ganadero. *Ecología* 4: 313 – 331

MAGURRAN, A. 2004. *Measuring biological diversity.* Blackwell Publishing Londres. 256p

MEDINA, C., F. Escobar & G. Kattán. 2002. Diversity and habitat use of dung Beetles in a restored Andean landscape. *Biotropica* 34 (1): 181 – 187

MEDINA, C. & G. Kattán. 1996. Diversidad de coleópteros coprófagos (Scarabaeidae) de la reserva forestal de Escalarete. *Cespedesia* 21 (68): 89 – 102

MEDINA, C. & A. Lopera. 2000. Clave ilustrada para la identificación de géneros de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) de Colombia. *Caldasia* 22 (2): 299 – 315

MEDINA, C., A. Lopera, A. Vítolo & B. Gill. 2001. Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de Colombia. *Revista Biota colombiana* 2 (2):131 – 144

MENDOZA, J., F. Lozano-Zambrano & G. Kattán. 2006. Composición y estructura de la biodiversidad en paisajes transformados terrestres en Colombia. Tomo II. pp. 67 – 84. En: Chaves. M.E. y M. Santamaría (eds). Informe sobre el avance en el conocimiento y la información de la biodiversidad 1998 – 2004. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C. 2 tomos. 233p

MIRANDA, C.H.B., J.C.C. Santos & I. Bianchin. 1998. Contribuição de *Onthophagus gazella* à melhoria da fertilidade do solo pelo enterrio de massa fecal bovina fresca. 1. Estudo em casa de vegetação. Revista Brasileira de Zootecnia. 27 (8): 681 – 685

MORENO, C.E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 p

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 Zoológica Mexicana (n.s.) 82: 111 – 132

NAVARRO, L., K. Roman, H. Gómez & A. Pérez. 2009. Primer registro de *Digitonthophagus gazella* (Fabricius, 1787) para el departamento de Sucre, Colombia. Rev. Colombiana cienc. Anim. 1 (1): 60 – 64

NORIEGA, J.A. 2002. First report of the presence of the genus *Digitonthophagus* (Coleoptera: Scarabaeidae) in Colombia. Caldasia 24 (1):213 – 215

NORIEGA, J.A., C. Solis, F. Escobar & E. Realpe. 2007. Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) de la provincia de la Sierra Nevada de Santa Marta. Revista Biota colombiana 8 (1): 77 – 86

NORIEGA, J.A., C. Solís, I. Quintero, L.G. Pérez, H.G. García & D.H. Ospino. 2006. Registro continental de *Digitonthophagus gazella* (Coleoptera: Scarabaeidae) en Colombia. Caldasia 28 (2): 379 – 381

PARDO-LOCARNO, L.C. 2007. Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) de Lloró, departamento del Chocó, Colombia). Boletín científico – Centro de museos – Museo de Historia Natural Vol. 11: 377 – 388

PULIDO, L., R. Riveros, F. Gast & P. Hildebrand. 2003. Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) del Parque Nacional Natural “Serranía de Chiribiquete”, Caqueta, Colombia (Parte I). pp. 51 – 58. En: G. Onore, P. Reyes-Castillo & M. Zunino (comp.) Escarabeidos de Latinoamérica: Estado del conocimiento m3m- Monografías 3er Milenio, vol. 3, SEA, Zaragoza. 86p

RATCLIFFE, B. & M.L. Jameson. 2002. Generic guide to New World scarab beetles. Disponible en: <http://www-museum.unl.edu/research/entomology/Guide/index4>.

RIVERA, C., P. Duque & M. Wolff. 2006. Biodiversidad de coleópteros copronecrófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en bosque seco tropical, Sucre-Colombia. pp. 262. Memorias del II Congreso colombiano de Zoología.

RIVERA, C. & M. Wolff. 2007. *Digitonthophagus gazella* (Coleoptera: Scarabaeidae): Distribución en América y dos nuevos registros para Colombia. Revista Colombiana de Entomología 33 (2): 190 – 192

RODRÍGUEZ-MAHECHA, J.V., J.V. Rueda-Almonacid & T.D. Gutiérrez H. (eds.) 2008. Guía ilustrada de la fauna del Santuario de Vida Silvestre Los Besotes, Valledupar, Cesar, Colombia. Serie de guías tropicales de campo N° 7 Conservación Internacional. Editorial Panamericana, Formas e Impresos. Bogotá, Colombia. 574p

SCHOLTZ, C.H. & M. W. Mansell. 2009. Insect biodiversity in the afro-tropical region. pp. 69 – 82. En: Footitt, R. G. & P. H. Adler (eds). Insect biodiversity: science and society. Blackwell Publishing. Londres. 632p.

SILVA, F. A. B., M. Medina, S. Ide & R. de Moura. 2007. Comunidade de escarabeíneos (Coleoptera, Scarabaeidae) copro-necrófagos da região de Brejo

Novo, Caruaru, Pernambuco, Brasil. Revista Brasileira de Entomologia 51 (2): 228 – 233

SOLIS, A. 2004. La Superfamilia Scarabaeoidea de Costa Rica. Disponible en: www.inbioi.ac.cr/papers/lameli/index.html.

SOLIS, A. & B. Kohlmann. 2002. El género *Canthon* (Coleoptera: Scarabaeidae) en Costa Rica. *Giornale Italiano di Entomologia* 10 1 – 68

STATPOINT, Inc. 2006. Statgraphics Centurion XV. II. Herndon, VA. E.E.U.U.

TRIPLEHORN, C. A. & N. F. Johnson. 2005. Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects, 7^a edición. Thompson Brooks/Cole, Belmont. 864p

VILLARREAL, H. 2006. Ecosistemas naturales terrestres. Tomo II. pp. 47 – 63. En: Chaves. M.E. y M. Santamaría (eds.). Informe sobre el avance en el conocimiento y la información de la biodiversidad 1998 – 2004. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C. 2 tomos. 233p

VILLARREAL, H., M. Alvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina & A. M. Umaña. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá. 236p

VITOLO, A. 2000. Clave para la identificación de los géneros y especies Phanaeinas (Coleoptera: Scarabaeidae: Coprinae: Phanaeini) de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales* 24 (93): 591 – 601

VITOLO, A. 2004. Escarabajos estercoleros de la tribu Phanaeini de Colombia (Coleoptera: Scarabaeoidea: Scarabaeidae). pp. 277 – 318. En: Fernández, F., M. Andrade & G. Amat. Insectos de Colombia. Volumen tres. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 604p

YOUNG, O. P. 1984. Peaching of Neotropical dung beetles on leaf surfaces: An example of behavioral thermoregulation? *Biotropica* 16 (4): 324 – 327

ANEXOS

Anexo 1. Sitios de muestreo



I. Sitio de muestreo en bosque seco tropical; (a) Época de lluvia y (b) Época de sequía. [Fotografías de los autores].



II. Sitio de muestreo en área ganadera; (a) Época de lluvia y (b) Época de sequía. [Fotografías de los autores].

Anexo 2. Fotografías de las especies de escarabajos coprófagos colectadas en los sitios de muestreo.

Canthon aequinoctialis Tamaño 5.0 - 13.7 mm



(Vista dorsal)



(Vista ventral)

Canthon aff. morsei Tamaño 4.0 - 7.0 mm



(Vista dorsal)



(Vista ventral)

Canthon juvenicus Tamaño 3.0 - 5.0 mm



(Vista dorsal)



(Vista ventral)

Canthon lituratus Tamaño 4.0 - 8.0 mm



(Vista dorsal)



(Vista ventral)

[Fotografías de los autores]

Canthon mutabilis Tamaño 4.2 - 7.9 mm



(Vista dorsal)



(Vista ventral)

Canthon subhyalinus Tamaño 4.0 - 7.5 mm



(Vista dorsal)



(Vista ventral)

Canthidium sp Tamaño 4.0 - 7.0 mm



(Vista dorsal)



(Vista ventral)

Canthon cyanellus Tamaño 5.2 - 11.6 mm



(Vista dorsal)



(Vista ventral)

[Fotografías de los autores]

Canthon septemmaculatus Tamaño 8.0 - 13.4 mm



(Vista dorsal)



(Vista ventral)

Deltochilum gibbosum Tamaño 20.0 - 30.1 mm

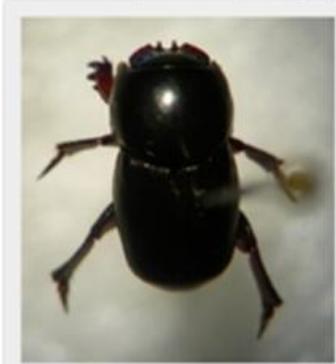


(Vista dorsal)

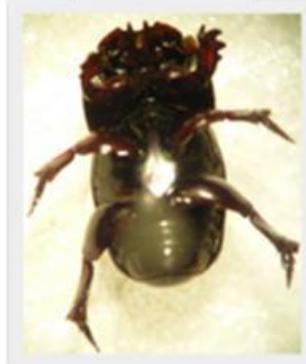


(Vista ventral)

Anomiopus sp Tamaño 5.2 - 6.4 mm



(Vista dorsal)



(Vista ventral)

Ateuchus sp Tamaño 4.2 - 7.9 mm



(Vista dorsal)



(Vista ventral)

[Fotografías de los autores]

Trichillidium pilosum Tamaño 2.8 - 4.5 mm



(Vista dorsal)



(Vista ventral)

Uroxys sp Tamaño 2.8 - 6.0 mm



(Vista dorsal)



(Vista ventral)

Onthophagus acuminatus Tamaño 6.8 - 7.7 mm



(Vista dorsal)



(Vista ventral)

Onthophagus landolti Tamaño 3.3 - 7.0 mm



(Vista dorsal)



(Vista ventral)

[Fotografías de los autores]

Onthophagus marginicollis Tamaño 3.7 - 8.5 mm



(Vista dorsal)



(Vista ventral)

Digitonthophagus gazella Tamaño 9.5 - 12.7 mm



(Vista dorsal)



(Vista ventral)

Eurysternus caribaeus Tamaño 7.7 - 18.6 mm



(Vista dorsal)



(Vista ventral)

Eurysternus foedus Tamaño 15.2 mm



(Vista dorsal)



(Vista ventral)

[Fotografías de los autores]

Eurysternus impressicollis Tamaño 6.0 - 9.5 mm



(Vista dorsal)



(Vista ventral)

Eurysternus mexicanus Tamaño 7.0 - 14.5 mm



(Vista dorsal)



(Vista ventral)

Dichotomius belus Tamaño 10.5 - 23.7 mm



(Vista dorsal)



(Vista ventral)

Diabroctis cadmus Tamaño 21.5 - 31.8 mm



(Vista dorsal)



(Vista ventral)

[Fotografías de los autores]

Coprophanaeus telamon Tamaño 22.0 - 29.6 mm



(Vista dorsal)



(Vista ventral)

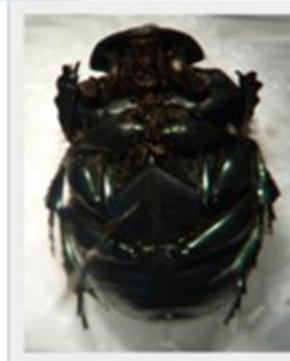
Phanaeus hermes Tamaño 12.0 - 18.6 mm



(Vista lateral)



(Vista dorsal)



(Vista ventral)

[Fotografías de los autores]