



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

ÁREA BIOLÓGICA Y BIOMÉDICA

TÍTULO DE INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

**Escarabajos coprófagos Coleóptera Scarabaeidae como recicladores
de materia orgánica en la Estación Agroecológica UTPL.**

TRABAJO DE TITULACIÓN.

AUTOR: Tituaña Castillo, Víctor Manuel

DIRECTOR: Marín Armijos, Diego Stalin, Mgtr

LOJA-ECUADOR

2017



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2017

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Magister

Diego Stalin Marín Armijos

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: Escarabajos coprófagos Coleóptera-Scarabaeidae como recicladores de materia orgánica en la Estación Agroecológica UTPL, realizado por Tituaña Castillo Víctor Manuel ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, noviembre de 2017

f)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo. Víctor Manuel Tituaña Castillo, declaro ser autor del presente trabajo de titulación: Escarabajos coprófagos Coleóptera-Scarabaeidae) como recicladores de materia orgánica en la Estación Agroecológica UTPL, de la Titulación de Gestión Ambiental, y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

f.
Autor: Tituaña Castillo Víctor Manuel
Cédula: 1103751754

DEDICATORIA

A Dios y a mi Virgen del Cisne.

Por dotarme de bendiciones en vida, en salud, en mis trabajos, esfuerzo y perseverancia concediéndome llegar a culminar mis estudios universitarios. Dándome fuerzas, ánimo a triunfar en esos momentos dificultosos como estudiante y padre de familia.

A mis queridos padres.

Que con su sacrificio me brindaron esta oportunidad, por su apoyo incondicional de inculcarme los valores necesarios para seguir adelante.

A mi adorada esposa.

Por su incalculable apoyo en todo momento, por formar parte de mi vida, y tener la dicha de haber compartido las aulas en el desarrollo de mi profesión.

A mis dos princesas, mis hermosas hijas Victoria y Samantha.

A ellas que son fuente de inspiración, por ser muy importantes en mi vida porque son mi moción para seguir adelante y querer ser más.

A mis queridos hermanos

Por aportarme buenas cosas a mi vida, dando el ejemplo a seguir, motivandome a esforzarme cada día.

A mis compañeros y amigos

Por ser muy buenos compañeros y amigos con los que forjamos una bonita amistad, por el apoyo que brindaron en cada año de mi carrera universitaria.

VÍCTOR MANUEL

AGRADECIMIENTO

De forma especial a la Universidad Técnica Particular de Loja, a la Escuela de Ciencias Biológicas y Ambientales, al Museo de Colecciones Biológicas. De forma muy afectuosa al Mgtr. Diego Marín, director del trabajo de titulación por ser una gran persona, por su apoyo, por su generosidad, paciencia y profesionalismo me oriento a la finalización de mi tesis. Así también al PhD. Vinicio Carrión y Mgtr. Diego Armijos por haber formado parte del tribunal y su colaboración en la revisión de mi trabajo.

VÍCTOR MANUEL

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Aprobación del director del trabajo de titulación.....	ii
Declaración de autoría y cesión de derechos	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento.....	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de figuras.	vii
Índice de fotos	viii
Índice de tablas.....	viii
Resumen	1
Abstract	2
1. Introducción	3
2. Materiales y métodos.....	5
2.1 Área de estudio.....	5
2.2 Especie de estudio.....	7
2.3 Métodos de Muestreo.....	12
2.3.1 Ensamblaje de la comunidad es escarabajos coprófagos	12
2.3.2 Remoción de heces de ganado bovino	13
2.4 Análisis de datos.....	14
3. Resultados.....	16
3.1 Tasa de remoción de heces bovinas por escarabajos coprófagos.	18
4. Discusión.....	20
4.1 Riqueza, abundancia de escarabajos coprófagos.	20
4.2 Remoción de estiércol en el uso del suelo	20
5. Conclusiones	21
6. Recomendaciones	22
7. Referencias bibliográficas.....	23
8. Anexo fotográfico.....	25

ÍNDICE DE FIGURAS.

- Figura 1:** Localización geográfica de las zonas de muestreo intensiva y extensiva en la finca agroecológica de la Universidad Técnica Particular de Loja 5
- Figura 2:** Partes del cuerpo de un escarabajo en vista dorsal *Oxystemon conspicillatum* (hembra)..... 8
- Figura 3:** Partes del cuerpo de un escarabajo coprófago en vista ventral *Oxystemon conspicillatum* (hembra)..... 9
- Figura 4:** Formas de relocalización del excremento en escarabajos coprófagos, A. paracópridos, B. telecópridos, C. endocópridos..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 5:** A. Masa de cría, común en los nidos de *Ateuchus*, *Canthidium* y algunos *Onthophagus* y B. bola de cría de *Canthon cyanellus*. a = huevo, b = cámara de huevo, c = cámara donde se almacena el alimento (excremento o carroña) y d= cubierta externa de la bola de cría..... 11
- Figura 6:** Ciclo de vida de *Ontherus sulcator*. A. adulto; B. nido y cámara de cría, C. huevo en bola de cría; D. larva y E. pupa..... 12
- Figura 7:** Instalación de las trampas de caída “*pitfall*” en la finca Agroecológica de la Universidad Técnica Particular de Loja..... 12
- Figura 8:** Ubicación de las unidades experimentales (círculos negros) y unidades de control (verde). Para evaluar tasas de remoción de excremento por los escarabajos coprófagos. ... 13
- Figura 9:** Interacción entre manejo del pastizal y la abundancia de escarabajos coprófagos.18
- Figura 10:** Tasas de consumo de estiércol por zona (intensiva y extensiva). 19

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1: Zona Intensiva en la Finca Agroecológica de la Universidad Técnica Particular de Loja.....	6
Foto 2: Zona Extensiva en la Finca Agroecológica de la Universidad Técnica Particular de Loja.....	6
Foto 3: Escarabajo coprófago (Coleoptera: Scarabaeidae) en Finca Agroecológica de la Universidad Técnica Particular de Loja.....	7
Foto 4: Unidad experimental (A) y unidad de control (B)	14

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Especies de la subfamilia Scarabaeinae en la Finca Agroecológica de la Universidad Técnica Particular de Loja-Ecuador, con información sobre Abundancia, Riqueza, Equitatividad y Diversidad por uso del pastizal.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 2: Resultados de los modelos lineales generalizados. Los valores de p significativos están en negrita. Los niveles de los factores que faltan se incluyen en el intercept (Manejo: Extensivo).....	17
Tabla 3: Resultados de los modelos lineales generalizados. Valores de p significativos están en negrita. Los niveles de los factores que faltan se incluyen en el intercept (Manejo: Extensivo).....	18

RESUMEN

La investigación se realizó en la Estación Agroecológica UTPL, ubicada a 10 km de la ciudad de Loja, provincia de Loja. Se realizó dos muestreos en dos hábitats: pastizal con uso extensivo y pastizal con uso intensivo, se utilizó transecto lineal de 450 m con 10 trampas de caída y cebadas vacuno por 48 h, junto a 10 unidades experimentales y control para medir tasas de remoción separadas 50 m entre ellas. Se registraron 1696 especímenes, distribuidos en seis géneros y siete especies. El pastizal uso extensivo presentó mayor cantidad de especímenes (1128 especímenes) registrando 7 especies, con relación al pastizal de uso intensivo (568 especímenes) con 3 especies. Las especies *Onthophagus aff. curvicornis* (712; 41,98%) y *Onoreidium ohausi* (579; 34,14%) fueron las especies dominantes. Si hubo diferencias con el doble en riqueza, abundancia y en diversidad entre hábitats. El ensamblaje se observó una diferencia del 10% de Residentes (54,13%) de las Cavadoras (45,87%), no se encontraron especies rodadoras. El pastizal extensivo fue el hábitat que mostró mayor diversidad, probablemente por asociación con bosque y mayor disponibilidad de alimentos.

Palabras claves: remoción, pastizales, estiércol, ensamblaje, escarabajos coprófagos.

ABSTRACT

The research was conducted in the Agroecological Station of UTPL which is located 25 km from Loja city in Loja province. It was performed two samplings in two habitats: pasture with extensive use and pasture with intensive use, it was used 450 m of linear transect and 10 pitfall traps, baited with cattle feces for 48 h, with 10 experimental units and control to the removal rates measuring which were spaced 50 m between them. In total 1696 specimens were registered, distributed in six genera and seven species. The pasture area with extensive use presented more specimens (n = 1128 specimens) identifying 7 species than the intensive use pasture (n = 568 specimens) with 3 species. The *Onthophagus* aff. *Curvicornis* Species (n = 712; 41, 98%) and *Onoreidium ohausi* (n = 579; 34.14%) were dominant. There were differences with double wealth, abundance and diversity between habitats. The assembly was observed a 10% of residents (54.13%) of Digging (45.87%), no tumbleweed species were found. The extensive use pasture habitat showed the greatest diversity, probably by association with the forest and a possible increased food availability.

Keywords: removal, pastures, manure, assembly, dung beetles.

1. INTRODUCCIÓN

Los cambios del uso del suelo en ecosistemas agrícolas como labranza del suelo, fertilización, entre otros, modifican el hábitat principalmente la composición vegetal, temperatura de la superficie del suelo, el estado físico y químico del suelo, la abundancia microbiana e invertebrados asociados (Gudleifsson, 2005; Noriega, Palacio, Monroy, & Valencia, 2012) Siendo estas últimas fundamentales para proveer funciones ecológicas y servicios de los ecosistemas a la sociedad humana (Nervo, Caprio, Celi, Lonati, & Lombardi, 2016). Como la remoción del estiércol en agroecosistemas, lo cual contribuye con nutrientes al suelo aumentando la producción del pasto y libera de organismos perjudiciales (Aarons, 2004).

Sin embargo, cuando esto no ocurre el estiércol no degradado que queda sobre el pasto genera problemas causando impactos negativos si no existe un manejo adecuado (Cruz et al., 2012). En países industrializados como EEUU mantienen legislaciones estrictas para el manejo del estiércol. En Canadá los controles son menos rigurosos. En América Latina, la regulación sobre el uso y manejo del estiércol de animales es escasa y confusa, ya que sólo se especifican ciertas normas sobre descargas de contaminantes al agua, restando importancia a las emisiones a la atmósfera y suelo, sin especificaciones claras relacionadas con el estiércol de ganado (Pinos et al., 2012). Para el Ecuador se establece que las excretas deberán manejarse de acuerdo a las normas establecidas por las autoridades nacionales competentes, a fin de evitar la contaminación de las fuentes de agua y la proliferación de plagas, al igual que la emisión de olores molestos (MAGAP, 2015), pero de igual forma hay una baja vigilancia para esta resolución.

Es fundamental reconocer que la ganadería es una de las actividades más importantes de nuestro país, registrándose un crecimiento anual de 2.0% a nivel nacional con un total nacional de más 6'375.323 cabezas de ganado (INEC, 2011). No obstante, La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2009), manifiesta que la ganadería mundial genera el 18% de los gases de efecto invernadero, los cuales al ser medidos en dióxido de carbono (CO₂), son más altos que los del sector del transporte (13%). Indirectamente, también se podría afectar a los ecosistemas acuáticos por la escorrentía hídrica a causa de la fertilización de pastizales y excretas del ganado causando una eutrofización del cuerpo de agua (Pinos et. al., 2012).

Por lo general, una vaca defeca de 12 a 20 veces al día, y sus heces pueden cubrir hasta un metro cuadrado de suelo por día. El peso total de heces por día de una vaca oscila entre 20 a 45 kg, aunque varía en función de la raza del bovino y de las condiciones climáticas de cada región. Sin embargo, se conoce que más del 70% de este recurso es consumido por los invertebrados (Miranda, 2014).

Dentro de los invertebrados los escarabajos estercoleros han sido propuestos como excelentes recicladores de materia orgánica (Miranda, 2014). Por lo cual su presencia o ausencia podría ser un indicador del estado de conservación de un ecosistema debido a las alteraciones por las actividades (Ari et al., 2015; Hamel et al., 2009; Medina & Vaz de Mello, 2009; Montoya, Isaza, & León, 2016). La diversidad de éstos escarabajos en los ecosistemas tiene una estrecha relación con la diversidad de otros grupos taxonómicos como vertebrados, principalmente mamíferos (Cultid et al., 2012; Medina & Vaz de Mello, 2009; Miranda, 2014)

Por tal motivo es importante el estudio de la entomofauna asociada a agroecosistemas con la finalidad de entender los procesos ecológicos que se dan en el reciclaje de nutrientes como la remoción del excremento vacuno. Por lo cual estamos planteando evaluar el efecto del uso del suelo sobre el ensamblaje de una comunidad de escarabajos coprófagos en la Estación Agroecológica de la Universidad Técnica Particular de Loja. Esto lo realizaremos en dos tipos de pastizales: Intensivos y Extensivos. A través de los siguientes objetivos: 1) Determinar el ensamblaje de la comunidad de escarabajos coprófagos en los dos tipos de uso del pastizal y 2) Determinar la tasa de remoción de heces bovinas por escarabajos coprófagos en los dos tipos de uso del pastizal. Esperamos que las composiciones de estos ensamblajes cambien en relación a su uso y la misma esté relacionada con la eficiencia en la remoción del excremento.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Área de estudio

El estudio se realizó en la Estación Agroecológica de la Universidad Técnica Particular de Loja (4° 5'10.53"S; 79°12'21.83"O, 2369 m.s.n.m.) ubicada aproximadamente a 7 km al sur de la ciudad de Loja-Ecuador (Figura 1). En esta región la precipitación pluvial media (anual) es de 911 mm y la temperatura media (anual) es de 11.7 °C min - 22.5 °C max respectivamente. Presenta una humedad media (anual) de 77 mm. El tipo de ecosistema en zona de estudio corresponde al Bosque de Neblina Montano (Sierra et al., 1999). Los suelos pertenecen a la clasificación de tipo Franco arcilloso y Franco arenoso. La especie de pastizal presente las dos zonas de estudio es *Pennisetum clandestinum* (Kukuyo) y cabe también indicar que la finca está dedicada a las actividades pecuarias por más de 25 años.

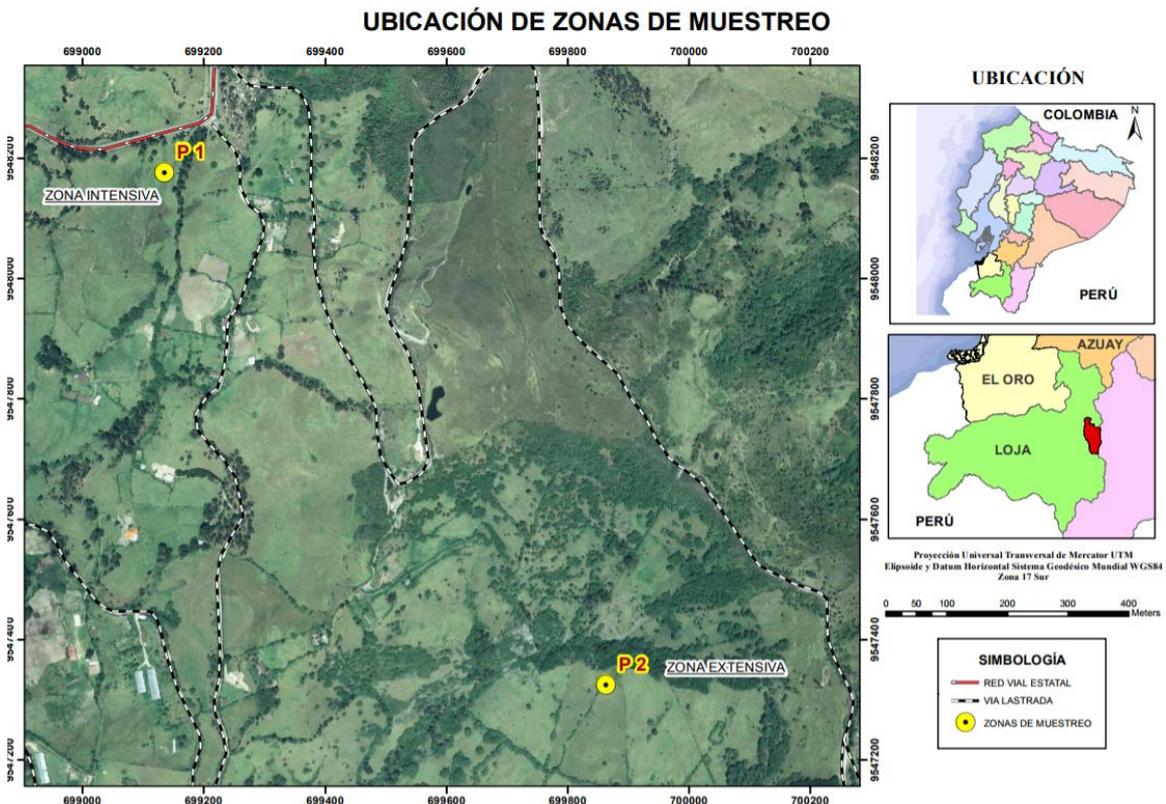


Figura 1: Localización geográfica de las zonas de muestreo Intensiva y Extensiva en la Finca Agroecológica de la Universidad Técnica Particular de Loja

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Para conocer la fauna asociada de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) y evaluar la función en la remoción del excremento vacuno, se seleccionaron dos zonas ganaderas. Los dos sitios mantienen a una distancia de 1,14 km y con una diferencia de rango altitudinal de aproximadamente de 50 m s.n.m.: 1) Pastizal con uso intensivo (Foto 1). Zona de pastizal abierto, ubicada en las coordenadas 4°5'8.56"S; 79°12'21.21"O, la cual presenta alta densidad de ganado (≥ 4 cabezas de ganado por hectárea).



Foto 1: Zona Intensiva en la Finca Agroecológica de la Universidad Técnica Particular de Loja
Fuente: El Autor
Elaboración: El Autor

Y 2) Pastizal con uso extensivo (Foto 2). Zona de pastizal con arbustos, árboles, cercas verdes y cobertura arbórea natural presenta baja densidad de ganado (≤ 2 cabezas de ganado por hectárea). Se encuentra ubicada en las coordenadas 4° 5' 36.25"S; 79°11'58.23"O.



Foto 2: Zona Extensiva en la Finca Agroecológica de la Universidad Técnica Particular de Loja.
Fuente: El Autor
Elaboración: El Autor

2.2 Especie de estudio

Escarabajos coprófagos o escarabajos de estiércol, son uno de los grupos tropicales más característicos del Orden Coleoptera (Foto 3). Estos insectos pertenecen a la familia *Scarabaeidae*, subfamilia *Scarabaeinae*. La denominación vernacular del grupo, se debe a que el ciclo de vida de la mayoría de las especies depende del excremento de vertebrados, principalmente mamíferos. En este sentido, los escarabajos coprófagos presentan notables adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les permite detectar, remover, trasladar o enterrar dicho recurso (Cultid et al., 2012)



Foto 3: Escarabajo coprófago (Coleóptera: Scarabaeidae) en Finca Agroecológica de la Universidad Técnica Particular de Loja
Fuente: El Autor
Elaboración: El Autor

El cuerpo de los Scarabaeinae puede ser globoso, ovalado, aplanado o rectangular. Particularmente las especies andinas tienden a presentar tonalidades crípticas (enigmático-oscuro). La cabeza de la mayoría de las especies es aplanada en forma de “pala”, esto se debe a que el clípeo abarca gran parte de la superficie dorsal de la cabeza y en algunos casos, el clípeo está total o parcialmente fusionado con la frente; cuando no están fusionados, el clípeo y la frente están separados por una carena transversal notoria que puede ser simple o con tubérculos (Figura 2). Usualmente, los coprófagos emplean la cabeza para penetrar y fragmentar el excremento. Igual que otros taxones cercanos, presentan antenas lameladas en su extremo distal, donde se aprecia una masa antenal compuesta por tres lamelas, en algunas especies la masa antenal puede tener forma de copa, debido a que el primer segmento envuelve a los otros dos (Cultid et al., 2012).

Las patas delanteras por lo general son planas dorso ventralmente y presentan en el margen externo entre tres y cuatro proyecciones o denticulos (Figura 2); en muchas especies, las patas delanteras carecen de tarsos o son reducidos en comparación con las otras patas (Figura 2) y son usadas para extraer y dar forma a fragmentos del recurso removido. Las patas traseras, presentan una gran variedad de modificaciones según el comportamiento de la especie en el proceso de manipular y trasladar el recurso. Las patas traseras pueden presentar dos formas básicas, triangulares (ensanchadas gradualmente hacia la parte distal de la pata) y largas - curvas, mucho más largas que anchas (Cultid et al., 2012).

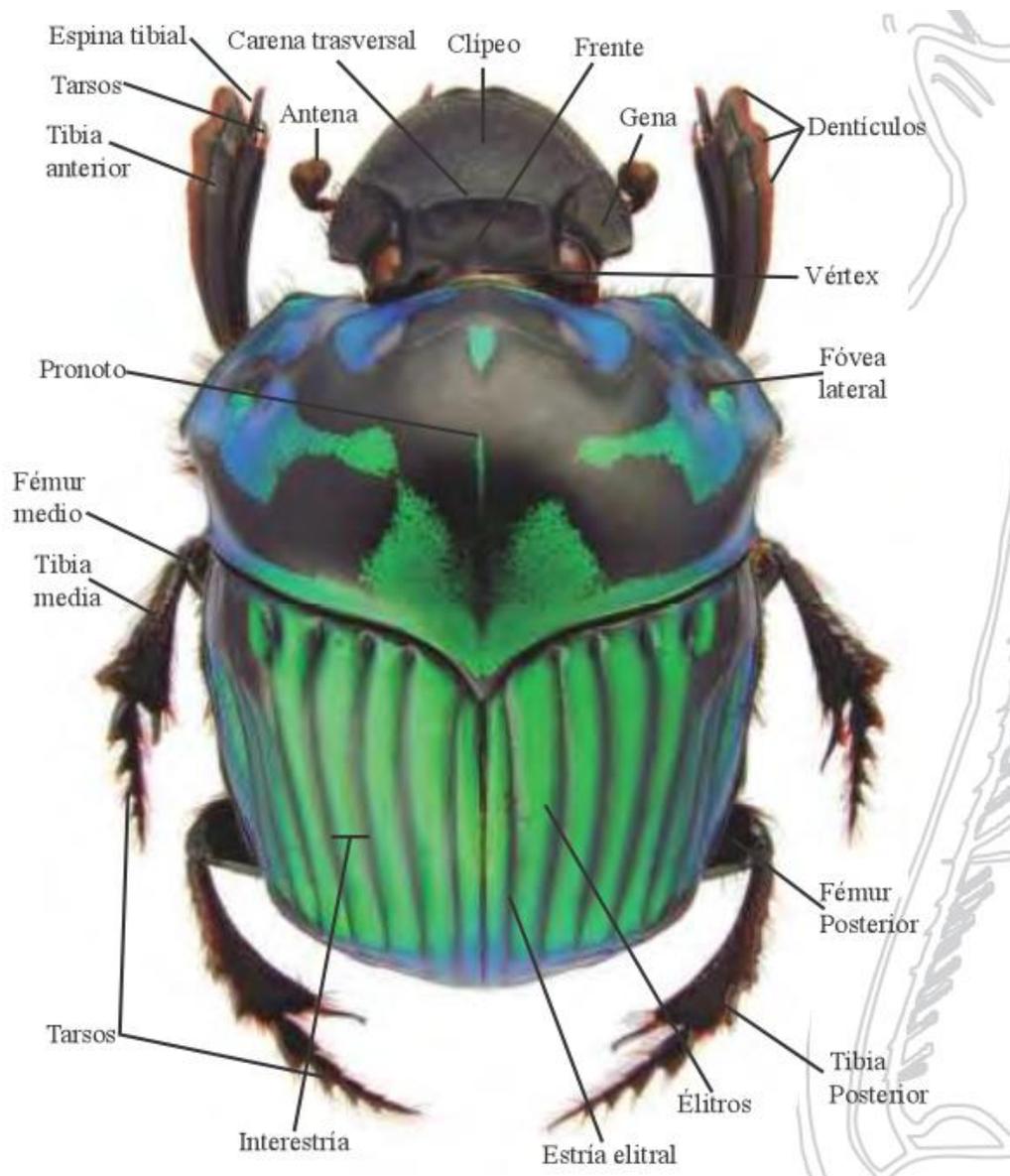


Figura 2: Partes del cuerpo de un escarabajo en vista dorsal *Oxysternon conspicillatum* (hembra).

Fuente: (Cultid et al., 2012).

Elaboración: (Cultid et al., 2012).

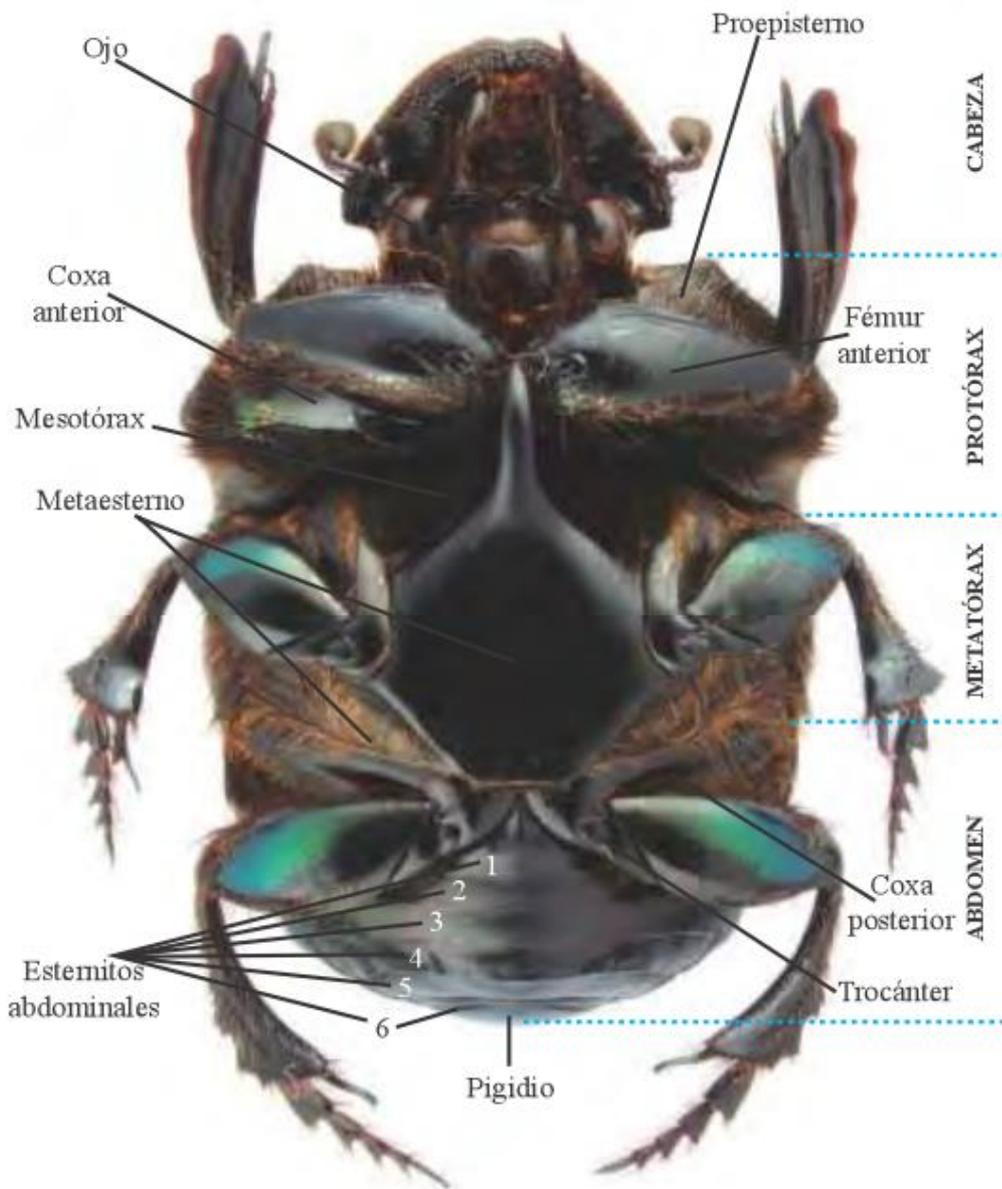


Figura 3: Partes del cuerpo de un escarabajo coprófago en vista ventral *Oxysternon conspicillatum* (hembra).

Fuente: (Cultid et al., 2012).

Elaboración: (Cultid et al., 2012).

Otras características que permiten separar a los escarabajos coprófagos de otras subfamilias similares son: i) antenas con nueve o diez segmentos, ii) mandíbulas y maxilas parcialmente membranosas, iii) mandíbulas no visibles dorsalmente, iv) escutelo no visible (excepto en los géneros *Eurysternus* y *Malagoniella*), v) pigidio expuesto (no cubierto por los élitros), vi) mesoesterno corto y vii) coxas medias separadas por una distancia igual o mayor a la longitud del fémur medio (Cultid et al., 2012).

Una de las características más importantes en la biología de los coleópteros coprófagos, es el comportamiento de relocalización del recurso, para ser usado como sustrato de nidificación y la construcción de nidos para protección de las crías (Hernández et al., 2003; Medina, Lopera, Vítolo, & Gill, 2001). En este sentido, las especies de *Scarabaeinae* pueden ser separadas en tres grupos generales: paracópridos (cavadores), telecópridos (rodadores), y endocópridos (residentes) (Figura 4). Las especies con hábitos paracópridos hacen túneles con diferentes profundidades (según la especie) por debajo del excremento. Por su parte los telecópridos forman una bola con un trozo del excremento y antes de enterrarlo, lo trasladan rodando con sus patas traseras a cierta distancia del estiércol vacuno. Los endocópridos, separan una porción del excremento y construyen su nido dentro o inmediatamente por debajo del estiércol vacuno (Cultid et al., 2012)

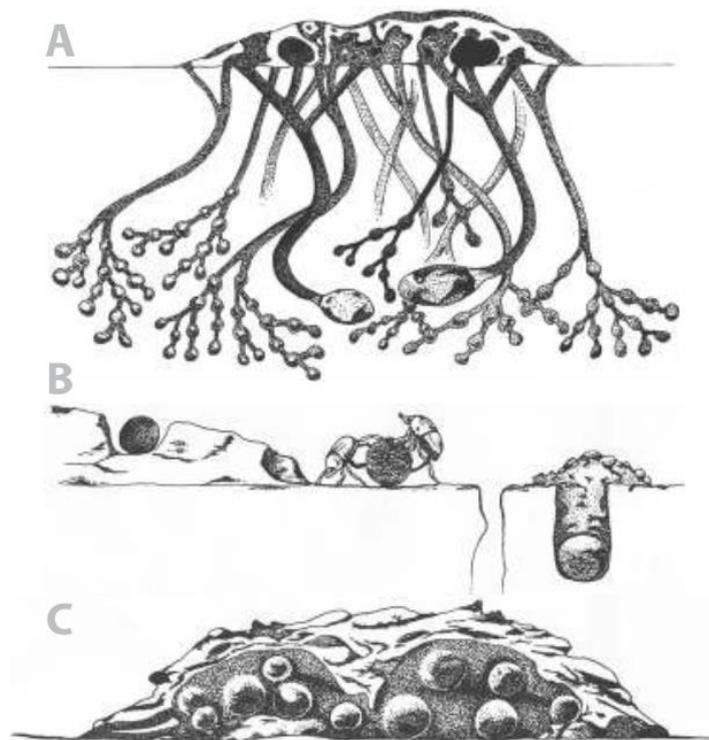


Figura 4: Formas de relocalización del excremento en escarabajos coprófagos, A. paracópridos, B. telecópridos, C. endocópridos.
Fuente: (Cultid et al., 2012).
Elaboración: (Cultid et al., 2012).

Las especies *Scarabaeinae* proveen a su progenie de alimento y protección, construyendo nidos donde ponen sus huevos en masas o bolas de cría (Figura 5A); estas están ubicadas al final de un túnel, puede ser cilíndrica, ovalada o semiesférica (Cultid et al., 2012). Las masas de cría se presentan en los nidos de *Onthophagus* y de algunas especies de *Dichotomius* y *Canthidium*. La bola de cría corresponde a una porción del recurso que ha

sido moldeada por el adulto (macho o hembra) antes de ser enterrada (Figura 5B). Al interior de las bolas de cría, el huevo se ubica en una cámara de aire que lo aísla del resto del recurso (Figura 5B); el tamaño y la complejidad interna de las bolas de cría depende de la especie, y estas son enterradas o depositadas en cámaras de cría según el patrón de relocalización (nidos superficiales o subterráneos) (Cultid et al., 2012). Las bolas de cría se pueden encontrar en los nidos de *Canthon*, *Ontherus*, *Eurysternus* y *Phanaeus* (Cultid et al., 2012).

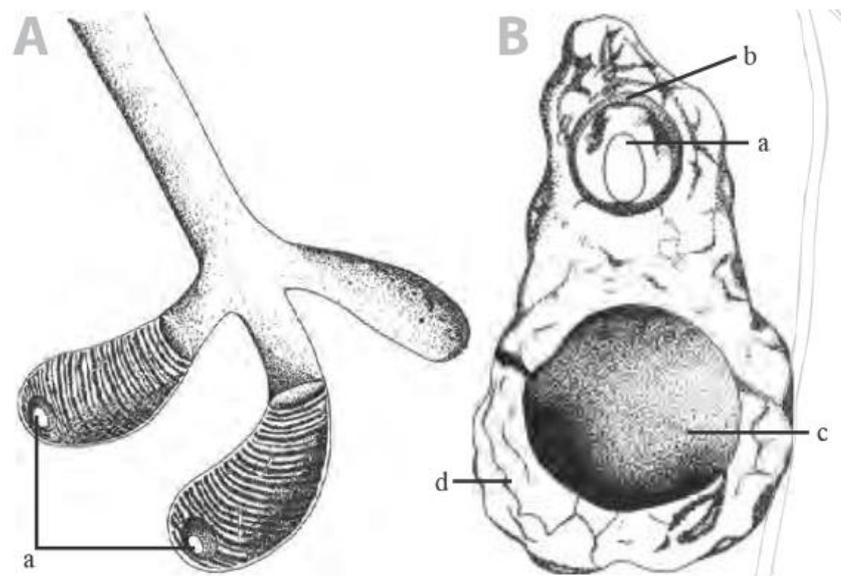


Figura 5: A. Masa de cría, común en los nidos de *Ateuchus*, *Canthidium* y algunos *Onthophagus* y B. bola de cría de *Canthon cyanellus*. a = huevo, b = cámara de huevo, c = cámara donde se almacena el alimento (excremento o carroña) y d= cubierta externa de la bola de cría. Fuente: (Cultid et al., 2012). Elaboración: (Cultid et al., 2012).

El desarrollo de los *Scarabaeinae* presenta metamorfosis completa (holometábolos), pasa por cuatro etapas: huevo, larva, pupa y adulto (Figura 6). El ciclo de vida de los escarabajos coprófagos puede durar entre 30 y 50 días. Sin embargo, algunas especies requieren hasta dos años para emerger como adultos. Adicionalmente, las especies de coprófagos no emergen como adultos reproductivamente activos, en su lugar atraviesan por una etapa de maduración sexual en la que solo se alimentan y permanecen ocultos (Cultid et al., 2012). Durante este periodo, es común que los adultos presenten un exoesqueleto rojizo, muy blando y casi traslúcido (individuos tenerales).

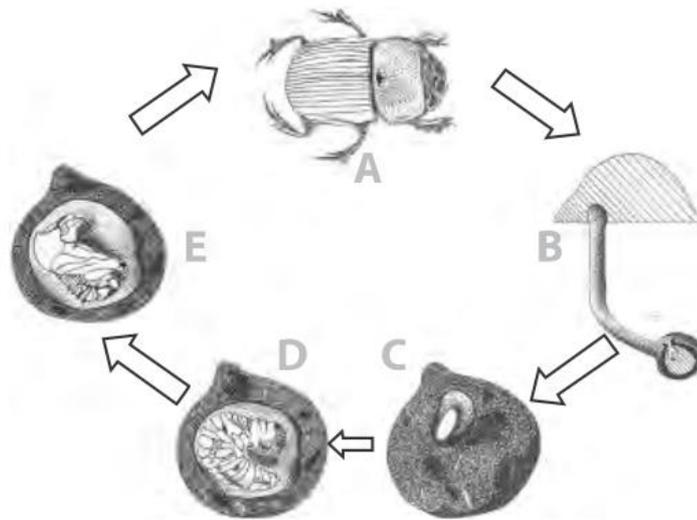


Figura 6: Ciclo de vida de *Ontherus sulcator*. A. adulto; B. nido y cámara de cría, C. huevo en bola de cría; D. larva y E. pupa.
 Fuente: (Cultid et al., 2012).
 Elaboración: (Cultid et al., 2012).

2.3 Métodos de Muestreo

2.3.1 Ensamblaje de la comunidad de escarabajos coprófagos

Para determinar el ensamblaje de la comunidad se instalaron 10 trampas de caída (tipo pitfall) separadas cada 50 metros sobre un transecto lineal en cada zona de estudio (Figura 7). Las mismas fueron cebadas con heces de vaca. Cada trampa consistió en un balde de 3 L (300 ml) enterrado al ras del suelo con 1.5 L (1500 ml) de agua con sal de cocina y jabón líquido como líquido preservante. El cebo (300 gramos) se colocó sobre una malla metálica de 25 x 25 cm (Anexo A1-A2). Las trampas se instalaron a nivel del suelo durante 48 horas. Posteriormente, las muestras fueron colectadas y puestas en alcohol (70%).

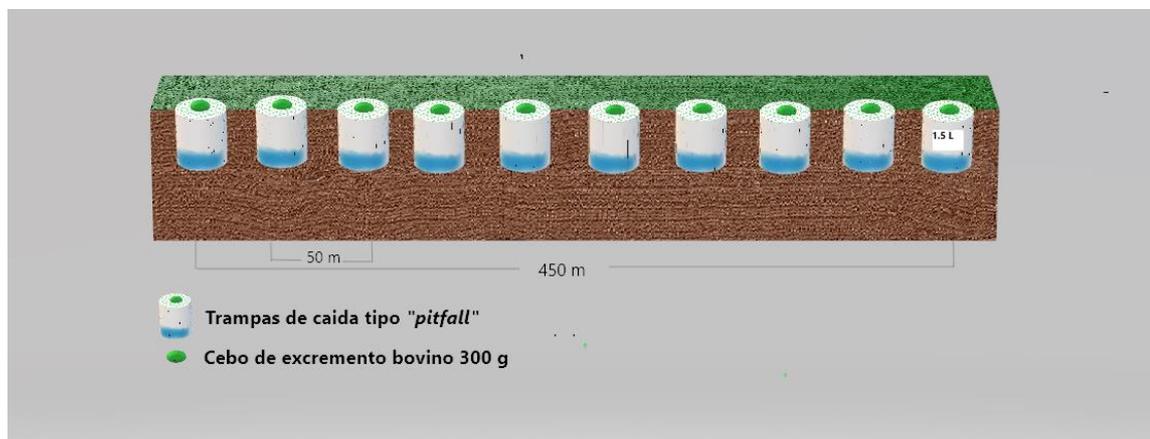


Figura 7: Instalación de las trampas de caída "pitfall" en la finca Agroecológica de la Universidad Técnica Particular de Loja.
 Elaboración: El Autor
 Fuente: El Autor

En el laboratorio las muestras fueron separadas e identificadas hasta el nivel de especie a través de claves taxonómicas (Vaz de Mello et al., 2011) y comparaciones con la colección de referencia del Museo de Colecciones Biológicas de la UTPL.

2.3.2 Remoción de heces de ganado bovino

En cada zona de estudio, se instalaron 10 unidades experimentales y cinco unidades de control separadas cada 50 m entre sí. Cada unidad experimental y de control consistió en 300 g de estiércol bovino fresco colectado directamente en el campo y emplazado en las zonas de muestreo (Foto 4A y Anexo Fotográfico). Para las unidades de control éstas estaban provistas de una malla protectora para evitar que escarabajos remuevan la muestra (Foto 4B y Anexo Fotográfico). Posteriormente, pasadas las 48 horas todas las unidades fueron pesadas en el campo.

En el laboratorio las unidades experimentales y de control fueron secadas en una mufla de laboratorio a 80 °C por 72 horas y luego pesadas en seco (Figura 8).

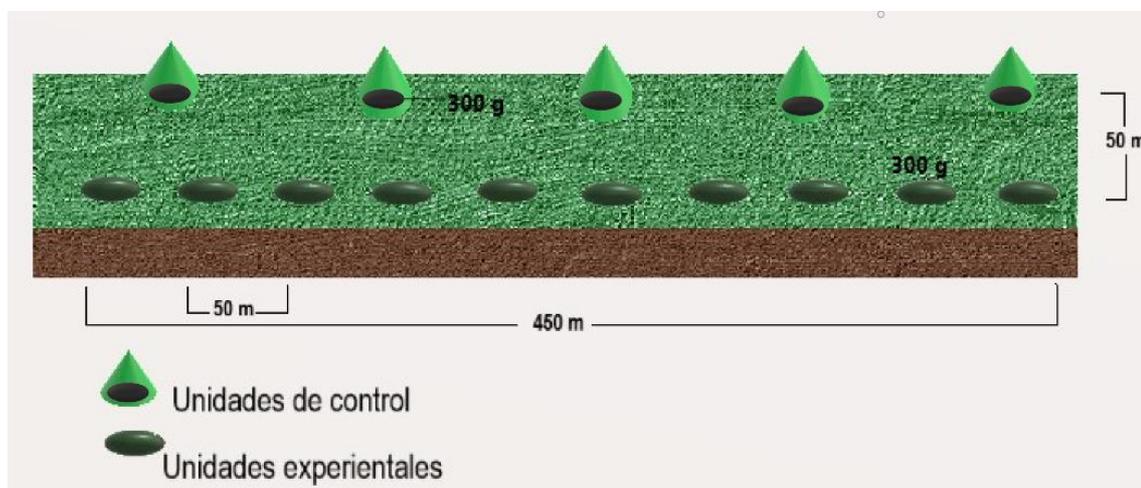


Figura 8: Ubicación de las unidades experimentales (círculos negros) y unidades de control (verde). Para evaluar tasas de remoción de excremento por los escarabajos coprófagos.
Elaboración: El Autor.
Fuente: El Autor

A



B



Foto 4: Unidad experimental (A) y unidad de control (B)

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

2.4 Análisis de datos

Para determinar el ensamblaje de la comunidad de escarabajos por cada zona de estudio se determinó: la abundancia, riqueza, diversidad (Simpson), equitatividad y estimador de riqueza no paramétrico Chao 1 a través del programa Past.

Para evaluar el efecto del manejo: extensivo vs. intensivo sobre la comunidad de escarabajos coprófagos se utilizaron Modelos lineales generalizados (GLM's) . Estos modelos son ampliamente recomendados en ecología (Bolker et al., 2009). Los GLM's son una extensión de los modelos lineales que permiten utilizar distribuciones no normales de los errores (Poisson, binomiales, gamma, etc.) y varianzas no constantes (Martínez de Lejarza, 2009).

El porcentaje de remoción (PR) del excremento por escarabajos coprófagos fue determinado a través de la siguiente fórmula:

$$PR = PI - \frac{PSM * PHM}{1 - \frac{PSM}{PHM}} / PI$$

Dónde: PI es el peso inicial (300 g), PSM es el peso seco de la muestra inicial (47.74 g), PHM es el peso húmedo de la muestra.

Igualmente, para evaluar el efecto del tipo de manejo extensivo vs. intensivo sobre la remoción se utilizaron GLM's.

Los análisis estadísticos GLM's, gráficas de interacción y boxplot fueron realizados en r 3.1.1 (R Core Team., 2014), utilizando los paquetes vegan (Oksanen et al., 2017).

3. RESULTADOS

El total se registraron 1696 especímenes distribuidas en seis géneros y siete especies, todos pertenecientes a la subfamilia Scarabaeinae (Tabla 1). Las especies más abundantes fueron *Onthophagus* aff. *curvicornis* (n = 712; 41,98%), *Onoreidium ohausi* (n = 579; 34.14%) y *Aphodius* sp. 2 (n = 311; 18,34%). Las especies menos abundantes fueron: *Uroxys* sp. 1 (2.24%), *Dichotomius cotopaxi* (1.65%), *Aphodius* sp. 1 (1,47%), y *Eurysternus* aff. *vastiorum* con tres individuos (0,18%).

El pastizal con uso extensivo presentó la mayor riqueza con siete spp. y en abundancia mostró el doble de especímenes (n = 1128) (Tabla 1). Además, presentó el mayor índice de diversidad (1-D = 0,636) mientras el pastizal de uso intensivo (1-D = 0,1507).

Dentro de las especies que se comparten en ambas zonas tenemos a *Aphodius* sp. 1, *Onoreidium ohausi* y *Onthophagus* aff. *curvicornis* (Tabla 1).

Con respecto al rol ecológico de los escarabajos coprófagos los endocópridos (residentes, 4 spp., n = 918, 54.13%) y paracópridos (cavadores, 3 spp., n = 778, 45.85%) fueron los más representativos de toda la comunidad, no se registraron telecópridos (rodadores).

Tabla 1. Especies de la subfamilia Scarabaeinae en la Finca Agroecológica de la Universidad Técnica Particular de Loja-Ecuador, con información sobre Abundancia, Riqueza, Equitatividad y Diversidad por uso del pastizal.

Familia	Especies	Uso Intensivo		Uso Extensivo		TOTAL
		Abundancia	%	Abundancia	%	
<i>Escarabaeidae</i>	1. <i>Aphodius</i> sp1	8	1,4	17	1,51	25
	2. <i>Aphodius</i> sp2	0	0,0	311	27,57	311
	3. <i>Dichotomius cotopaxi</i>	0	0,0	28	2,48	28
	4. <i>Eurysternus</i> aff. <i>vastiorum</i>	0	0,0	3	0,27	3
	5. <i>Onoreidium ohausi</i>	38	6,7	541	47,96	579
	6. <i>Onthophagus</i> aff. <i>curvicornis</i>	522	91,9	190	16,84	712
	7. <i>Uroxys</i> sp1	0	0,0	38	3,37	38
Abundancia		568	100%	1128	100%	1696
Riqueza		3		7		
Diversidad (Índice de Simpson) 1-D		0,1507		0,6636		
Equitatividad		0,29		0,6643		
Chao-1		3		7		

Fuente: El Autor
Elaboración: El Autor

En relación al efecto del manejo del pastizal sobre la comunidad de escarabajos coprófagos se puede observar un efecto significativo ($p < 0.002$) (Tabla 2). Igualmente se puede observar un efecto altamente significativo sobre las especies de *Aphodius* sp.2, *Onoreidium ohausi*, *Onthophagus* aff. *curvicornis* y *Uroxys* sp.1 (Tabla 2). Sin embargo, cuando medimos la interacción entre el manejo y las especies, *Onoreidium ohausi* muestra un efecto negativo al manejo disminuyendo su abundancia en el pastizal con el manejo intensivo. Y *Onthophagus* aff. *curvicornis* muestran una respuesta contraria favoreciéndole el manejo intensivo (Tabla 2, Figura 9).

Tabla 2: Resultados de los modelos lineales generalizados. En relación del efecto del manejo del pastizal sobre el ensamblaje de escarabajos coprófagos. Los valores de p significativos están en negrita.

Efecto	Estimador	Pr (> Z)
Manejo		
Intercept	0.7538	0.002
Manejo: Intensivo	0.671	0.37
Especies		
<i>Aphodius</i> sp2	2.6834	<0.001
<i>Onoreidium ohausi</i>	3.2371	<0.001
<i>Onthophagus</i> aff. <i>curvicornis</i>	2.1907	<0.001
<i>Uroxys</i> sp1	1.0921	<0.001
Manejo x Especies		
<i>Onoreidium ohausi</i>	-2.1897	<0.001
<i>Onthophagus curvicornis</i>	0.7836	0.072
Desviación nula		
Manejo	2984.6	
Especies	66.5	<0.001
Manejo x Especies	971.13	<0.001
	402.53	<0.001

Fuente: El Autor
Elaboración: El Autor

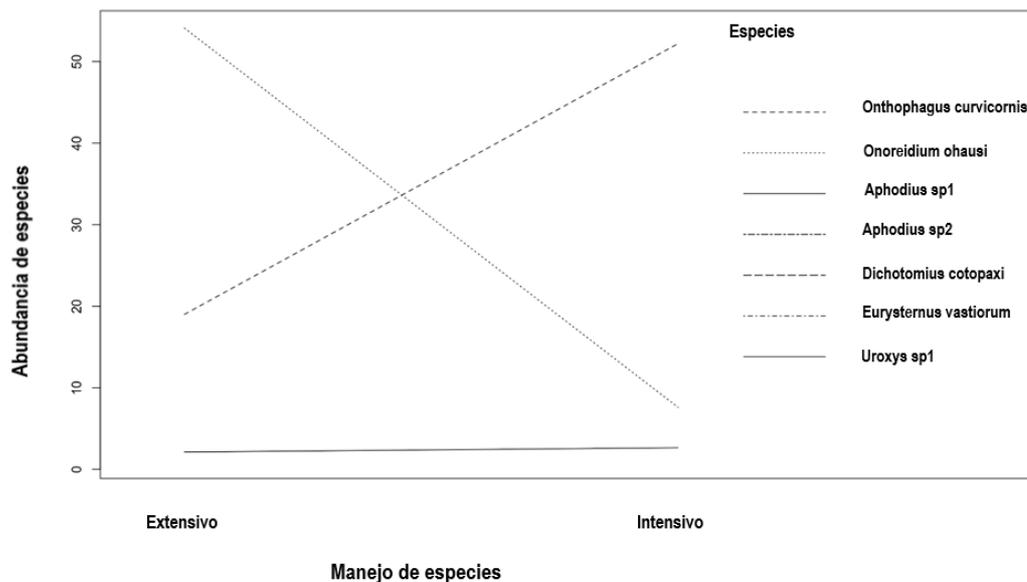


Figura 9: Interacción entre manejo del pastizal y la abundancia de escarabajos coprófagos.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

3.1 Tasa de remoción de heces bovinas por escarabajos coprófagos.

La remoción del estiércol varió entre los tipos de manejo, en el pastizal con manejo extensivo la remoción es mayor con el 47.79 % (Figura 10). A diferencia del pastizal con manejo intensivo con una remoción del 25.37 %.

Sin embargo, no se evidenció un efecto significativo del manejo sobre la remoción del excremento (Tabla 3, Figura 10). En relación al experimento y el control si se encontraron diferencias significativas (Tabla 3, Figura 10).

Tabla 3: Resultados de los modelos lineales generalizados. Del efecto de uso del pastizal sobre las tasas de remoción. Valores de p significativos están en negrita.

Efecto	Estimador	Pr (> Z)
Manejo		
Intercept	10.63	0.481
Manejo: Intensivo	-2.11	0.921
Desviación nula	92822	
Manejo	33.391	0.92
Remoción		
Intercept	-35.94	0.022
Remoción: Experimento	68.26	<0.001
Desviación nula	92822	
Remoción	31065	<0.001

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

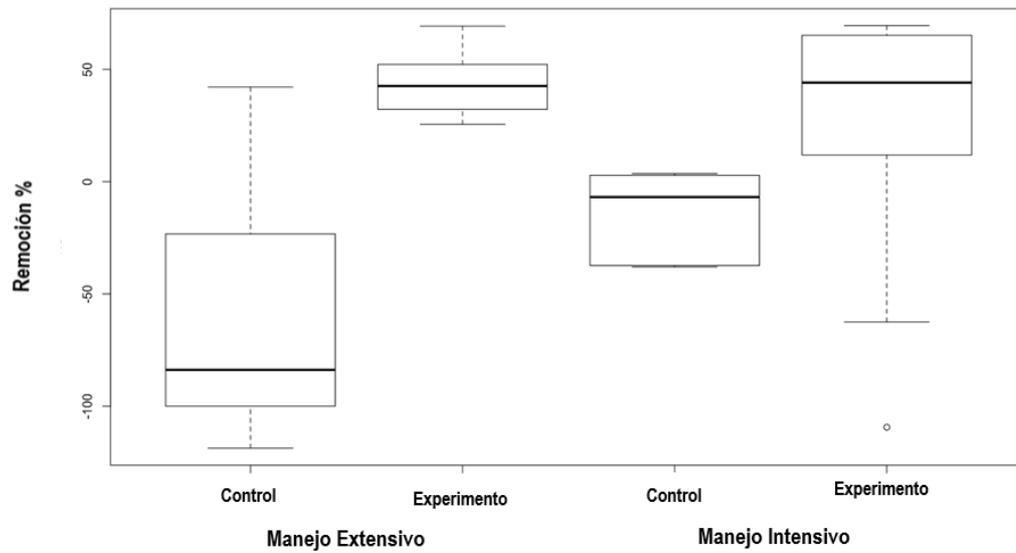


Figura 10: Tasas de consumo de estiércol por zona (intensiva y extensiva).

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

4. DISCUSIÓN

4.1 Riqueza, abundancia de escarabajos coprófagos.

El pastizal de uso extensivo muestra mayor riqueza y abundancia de escarabajos coprófagos probablemente por asociación con la composición vegetal aledaña y el poco impacto sobre el suelo. Según (Martínez, García, Pulido, Ospino, & Narváez, 2009; J. A. Noriega, Realpe, & Fagua, 2007), esto podría indicar un paisaje heterogéneo con alta diversidad y densidad vegetal, poca influencia humana. Igualmente, (Díaz, Galante, & Favila, 2010, 2011) en un estudio similar ha encontrado el 87% de las especies de escarabajos de estiércol en fragmentos aislados de bosque. Lo cual podría sugerir que la presencia de los Scarabaeinae tiene una estrecha relación con la cobertura vegetal aledaña en agroecosistemas.

Las especies *Aphodius* sp. 2, *Onoreidium ohausi* y *Uroxys* sp. 1 muestran cierta preferencia por pastizales con manejo extensivo, lo cual podría indicar una preferencia de hábitats poco perturbados. Y la especie *Onthophagus* aff. *curvicornis* muestra una preferencia por hábitats con uso intensivo, zonas abiertas. Lo cual concuerda con trabajos realizados en ecosistemas similares (Jut, 2012).

Sin embargo, de todas las especies registradas *Onoreidium ohausi* muestra una fuerte preferencia por el manejo extensivo, a diferencia de *Onthophagus* aff. *curvicornis* que muestra preferencias por zonas abiertas de uso intensivo (Figura 9).

En relación al rol ecológico tomado en cuenta la relocalización del recurso alimenticio es significativo mencionar la ausencia del grupo de especies telecópidas, lo cual podría deberse por el grado de susceptibilidad que presentan ante la intervención antrópica (Jorge Ari Noriega, Realpe, & Fagua, 2007; Horgan, 2008).

4.2 Remoción de estiércol en el uso del suelo

Según la bibliografía se conoce que existe una alta asociación positiva entre la riqueza de escarabajos coprófagos y la tasa de remoción del excremento. De manera general se logró ver este efecto, donde hay una mayor porcentaje de remoción en el pastizal con uso extensivo versus un pastizal con uso intensivo. Sin embargo, no presenta ningún efecto significativo.

CONCLUSIONES

Los escarabajos coprófagos muestran una estrecha relación con el hábitat, por lo cual se confirma su alta sensibilidad a las perturbaciones antrópicas. Dentro esta fauna indicadora *Onoreidium ohausi* y *Onthophagus aff. curvicornis* se podrían sugerir como indicadores de estado de conservación y manejo en la finca agroecológica de la UTPL.

El reciclaje de nutrientes a través de la remoción del excremento podría ser considerado como un indicador del manejo del ganado bovino, que podría sugerir mejorar los controles de parásitos, estabulación del ganado, incrementar la diversidad vegetal aledaña.

RECOMENDACIONES

Ejecutar estudios en donde se difundiera en asociaciones ganaderas técnicas de ganadería sustentable e implementar estrategias para la conservación de los escarabajos coprófagos (Coleóptera – Scarabaeinae) como indicadores de reciclaje de nutrientes por la importancia en la preservación de los bosques y por todas las funciones ecológicas que cumplen porque se desconoce el valor, los beneficios y los servicios que prestan los escarabajos de estiércol debido a que se trata de un problema de sensibilización de las personas involucradas en estas actividades.

BIBLIOGRAFÍA

- Aarons, R. (2004). la descomposición de heces en los pastizales templados lácteos . I . Cambios en las propiedades químicas del suelo.
- Ari, N. J., Camero, E. R., Arias, Buriticá, J., Pardo, L. L. C., Montes, J. M., Acevedo, A. A., ... Solís, C. (2015). Grado de cobertura del muestreo de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 63(1), 97–126. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v63i1.13323>
- Bolker, B. M., Brooks, M. E., Clark, C. J., Geange, S. W., Poulsen, J. R., Stevens, M. H. H., & White, J. S. S. (2009). Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. *Trends in Ecology and Evolution*, 24(3), 127–135. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.10.008>
- Cruz, M., Imelda Martinez, M., López-Collado, J., Vargas Mendoza, M., González Hernández, H., & Platas Rosado, D. E. (2012). Degradación del estiércol vacuno por escarabajos estercoleros en un pastizal tropical de Veracruz, México. *Revista Colombiana de Entomología*, 38(1), 148–155.
- Cultid, M. C. A., Medina, U. C. A., Martínez, Q. B. G., Escobar Villa, A. F., Constantino, C. L., Miguel, & Betancur, P. N. J. (2012). *Escarabajos coprófagos (Scarabaeinae) del Eje Cafetero: guía para el estudio ecológico*. *Biota Colombiana*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1013.9049>
- Díaz, A., Galante, E., & Favila, M. E. (2010). The Effect of the Landscape Matrix on the Distribution of Dung and Carrion Beetles in a Fragmented Tropical Rain Forest. *Journal of Insect Science*, 10(81), 81. <https://doi.org/10.1673/031.010.8101>
- Díaz, A., Galante, E., & Favila, M. E. (2011). Escarabajos del estiércol en la selva fragmentada de Los Tuxtlas. *La Biodiversidad En Veracruz: Estudio de Estado Vol. I. Contexto Actual Del Estado Y Perspectivas de Conservación de Su Biodiversidad*. A. Cruz, M. Soto, H. Rodríguez, E. Boege, E. Sedas, W. Márquez, M. Primo, G. Castillo, A.L. Lara, E. Olguín, C. Landeros, (July 2014), 469–481.
- Gudleifsson, B. E. (2005). Especies de escarabajos (Coleoptera) en los campos de heno y pastos, 109, 181–186.
- Hamel, L. C., Herzog, S. K., Mann, D. J., Larsen, T. H., Gill, B. D., Edmons, W., & Spector, S. (2009). Distribución E Historia Natural De Escarabajos Coprófagos De La Tribu Phanaeini (Coleoptera : Scarabaeidae : Scarabaeinae) En Bolivia Distribution and Natural History of the Dung Beetle Tribe, 5(2), 43–95.
- Hernández, B., Maes, J. M., Harvey, C. a, Vílchez, S., Medina, a, & Sánchez, D. (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.
- Horgan, F. G. (2008). Dung beetle assemblages in forests and pastures of El Salvador: A functional comparison. *Biodiversity and Conservation*, 17(12), 2961–2978. <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9408-2>
- Jut, J. (2012). Comparación de la biodiversidad de escarabajos estercoleros (Scarabaeidae:

- Scarabaeinae) en el parque nacional Nombre de Dios, Atlántida, Honduras, 1–25.
- Martínez, N. J., García, H., Pulido, L. A., Ospino, D., & Narváez, J. C. (2009). Escarabajos Coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) de la Vertiente Noroccidental, Sierra Nevada De Santa Marta, Colombia. *Neotropical Entomology*, 38(6), 708–716. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2009000600002>
- Martínez de Lejarza, J. (2009). Introducción a los Modelos Lineales Generales.
- Medina, M. I., & Vaz de Mello, F. Z. (2009). especies estacionales y espaciales variación riqueza de escarabajo (Coleoptera, Scarabaeidae s. str.) en el Bosque Atlántico del sudeste de Brasil, 1842(Gill 1991), 607–613.
- Medina, Lopera, T. A., Vítolo, A., & Gill, B. (2001). Escarabajos Coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) De Colombia. *Biota Colombiana*, 2(2), 131–144. Retrieved from <http://www.bio-nica.info/biblioteca/Medina2001Scarabaeinae.pdf>
- Miranda, K. P. (2014). Remoción del excremento vacuno por los escarabajos del estiércol (Coleoptera: Scarabaeinae) en dos zonas ganaderas del norte de Veracruz. *Tesis*, 1, 68.
- Montoya, M. S., Isaza, L. L. M., & León, G. J. (2016). Escarabajos coprófagos (Scarabaeidae :, (December).
- Nervo, B., Caprio, E., Celi, L., Lonati, M., & Lombardi, G. (2016). funciones ecológicas proporcionadas por los escarabajos del estiércol están vinculados entre sí a través del espacio y el tiempo: la evidencia de 15 N rastreo isótopo.
- Noriega, J. A., Realpe, E., & Fagua, G. (2007). DIVERSIDAD DE ESCARABAJOS COPRÓFAGOS (Coleoptera: Scarabaeidae) EN UN BOSQUE DE GALERÍA CON TRES ESTADIOS DE ALTERACIÓN. *Universitas Scientiarum*, 12(1), 51–63. <https://doi.org/10.11144/univ. sci..v12i0.4873>
- Noriega, J., Palacio, J. M., Monroy., J. D., & Valencia, E. (2012). Estructura de un ensamblaje de escarabajos coprófagos uso del suelo en Antioquia, Colombia. *Actual Biol*, 34(96), 43–54.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., Mcglinn, D., ... Wagner, H. (2017). vegan: Community Ecology Package. *R Package Version 2.3-2*, <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>. Retrieved from <https://github.com/vegandevs/vegan/issues%0Ahttps://github.com/vegandevs/vegan>
- R Core Team. (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from <https://www.r-project.org/>
- Regulations, E., Of, I., Generated, M., Livestock, B. Y., In, O., & American, S. (2012). Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de américa.

ANEXOS

ANEXO FOTOGRÁFICO

- A)** Montaje de las trampas en los dos sitios (B1); (+ 48 horas) colección de las trampas de los dos sitios (B2).
- B)** Montaje de las unidades experimentales (A1) y controles (A2) en dos sitios; (+ 48 horas). Recolección de datos de las unidades experimentales y los controles en el mismo orden que se montaron.
En el laboratorio secamos las muestras.
- C)** Identificación de las muestras (a nivel de especie). Secamos los especímenes de cada especie a 80 °C (72 horas). (+ 72 horas) pesamos los ejemplares de cada especie.

A)

A1)



A2)



B)

B1



B2



C)

C1



C2

