



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL
MEDIO AMBIENTE

RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE ESCARABAJOS COPRO- NECRÓFAGOS (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE: SCARABAEINAE) EN DIVERSOS TIPOS DE COBERTURA VEGETAL DEL PUEAR, LOJA-ECUADOR

TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MANEJO Y
CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE



Autor: Claudio Romario Armijos Armijos

Directora: Blga. Aura del Carmen Paucar
Cabrera, Ph.D.

Loja-Ecuador

2020

CERTIFICACIÓN DE DIRECCIÓN DE TESIS

Loja, 13 de agosto de 2020

En calidad de directora de tesis **CERTIFICO** que el Señor **Claudio Romario Armijos Armijos**, portador de la cédula de ciudadanía N° 1105206716, egresado de la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Loja, ha desarrollado la Tesis de Grado titulada “**RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE ESCARABAJOS COPRO-NECRÓFAGOS (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE: SCARABAEINAE) EN DIVERSOS TIPOS DE COBERTURA VEGETAL DEL PUEAR, LOJA-ECUADOR**”, la misma que ha sido debidamente dirigida y revisada cumpliendo con todas las normas reglamentarias vigentes y dentro del cronograma establecido.

Por tal razón, autorizo la presentación y publicación de la presente Tesis de Grado.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**AURA DEL CARMEN
PAUCAR CABRERA**

Blga. Aura del Carmen Paucar Cabrera, PhD

DIRECTORA DE TESIS

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE TESIS

Loja, 23 de noviembre de 2020

En calidad de Tribunal Calificador de la Tesis de Grado titulada “**RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE ESCARABAJOS COPRO-NECRÓFAGOS (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE: SCARABAEINAE) EN DIVERSOS TIPOS DE COBERTURA VEGETAL DEL PUEAR, LOJA-ECUADOR**”, de autoría del Señor **Claudio Romario Armijos Armijos** egresado de la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Loja, **CERTIFICAN** que ha incorporado todas las sugerencias efectuadas por sus miembros.

Por lo tanto, autorizamos al Señor egresado, su publicación y difusión.

Atentamente,

Ing. Santiago Rafael García Matailo, Mg. Sc,
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

SANTIAGO RAFAEL GARCÍA MATAILO
Firmado digitalmente por SANTIAGO RAFAEL GARCÍA MATAILO
Fecha: 2020.11.23 14:52:38 -05'00'

Ing. Helena Alejandra España Loiza, Ph. D,
VOCAL DEL TRIBUNAL

Firmado electrónicamente por:
HELENA ALEJANDRA ESPAÑA LOIZA

Ing. Daniela Alejandra Román Cáceres, Mg. Sc,
VOCAL DEL TRIBUNAL

Firmado electrónicamente por:
DANIELA ALEJANDRA ROMÁN CACERES

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Loja, 24 de noviembre de 2020

Yo, Claudio Romario Armijos Armijos, declaro ser autor de la Tesis de Grado titulada **“RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE ESCARABAJOS COPRO-NECRÓFAGOS (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE: SCARABAEINAE) EN DIVERSOS TIPOS DE COBERTURA VEGETAL DEL PUEAR, LOJA-ECUADOR”**, y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

Autor: Claudio Romario Armijos Armijos

Firma:



Firmado electrónicamente por:
**CLAUDIO ROMARIO
ARMIJOS ARMIJOS**

Cédula: 1105206716

Fecha: Loja, 24 de noviembre de 2020

AUTORIZACIÓN DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO

Yo, **Claudio Romario Armijos Armijos**, declaro ser autor de la Tesis de Grado titulada **“RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE ESCARABAJOS COPRO-NECRÓFAGOS (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE: SCARABAEINAE) EN DIVERSOS TIPOS DE COBERTURA VEGETAL DEL PUEAR, LOJA-ECUADOR”** como requisito para optar al Grado de Ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional (RDI).

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja a los 26 días del mes de noviembre de dos mil veinte, firma el autor.



Firmado electrónicamente por:
**CLAUDIO ROMARIO
ARMIJOS ARMIJOS**

Autor: Claudio Romario Armijos Armijos

Cédula de identidad: 1105206716

Dirección: Loja, Ciudadela Sol de los Andes, Calle principal Igor Stravinsky y Guissped Verdi.

Teléfono: 2109473

Celular: 0968678179

Correo electrónico: claudioarmijos@hotmail.com

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de tesis: Blga. Aura del Carmen Paucar Cabrera, Ph.D.

Tribunal de grado: Ing. Santiago Rafael García Matailo, Mg. Sc.

Ing. Helena Alejandra España Loaiza, Ph. D.

Ing. Daniela Alejandra Román Cáceres, Mg. Sc.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja por brindarme los espacios necesarios para los aprendizajes y experiencias adquiridas a lo largo de mi formación profesional, en especial a los docentes de la carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente.

Un afectivo agradecimiento a la Blga. Aura del Carmen Paucar Cabrera, Ph.D., directora de tesis, por brindarme sus experiencias, conocimientos, apoyo, instrucciones y guía durante el desarrollo de mi estudio.

Al Ing. Christian Mendoza León por el apoyo brindado en los procesos de elaboración del proyecto de tesis.

Al Dr. Fernando Zagury Vaz de Mello (Universidad Federal de Mato Grosso, Brasil) y al M.Sc. William Chamorro (investigador asociado a la Universidad Técnica Particular de Loja) por la ayuda brindada en la delimitación del muestreo y la identificación de especies de escarabajos de la subfamilia Scarabaeinae.

Al Museo de Zoología de la Universidad Nacional de Loja (LOUNAZ) por proporcionarme los materiales, equipos y herramientas para el montaje, identificación y acopio de los especímenes de Scarabaeinae capturados en la investigación.

Claudio Armijos

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado con mucho cariño a Dios, a mi padre Daniel Armijos, a mis hermanos Jhon Armijos y Kleber Armijos, a mi tía Cecilia Armijos y a mi prima Jhosselin Armijos, por el cariño, amor, valores y apoyo brindado de manera incondicional, siendo una motivación para cumplir con el mejor de los éxitos esta nueva meta en mi vida.

A mi madre Elvia Armijos, por ser la persona que dirigió mi vida y con su ingenio consiguió enseñarme que los triunfos se logran con esfuerzo y dedicación a pesar de las dificultades presentadas, gracias a su lucha, paciencia, valentía, amor y por siempre estar a mi lado.

Claudio Armijos

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1. La familia Scarabaeidae y subfamilia Scarabaeinae de la región neotropical.....	5
2.2. Efectos de las actividades antrópicas sobre la diversidad de los escarabajos copro-necrófagos.....	8
2.3. Uso potencial de los escarabajos copro-necrófagos como bioindicadores de ecosistemas.....	11
3. METODOLOGÍA.....	14
3.1. Área de estudio.....	14
3.2. Muestreo e identificación de las especies de escarabajos copro-necrófagos presentes en las cuatro coberturas vegetales del PUEAR.....	15
3.3. Cuantificación de la riqueza y abundancia de escarabajos copro-necrófagos en las coberturas vegetales.....	18
3.4. Comparación de la diversidad de escarabajos copro-necrófagos entre las coberturas vegetales de estudio.....	20
3.5. Análisis estadístico.....	20
4. RESULTADOS.....	22
4.1. Identificación de las especies de escarabajos copro-necrófagos en las cuatro coberturas vegetales del puear.....	22
4.2. Cuantificación de la riqueza y abundancia de escarabajos copro-necrófagos en las cuatro coberturas vegetales de puear.....	23
4.3. Comparación de la riqueza y abundancia de escarabajos copro-necrófagos de las cuatro coberturas vegetales del puear.....	30
5. DISCUSIÓN.....	33
6. CONCLUSIONES.....	40
7. RECOMENDACIONES.....	41
8. REFERENCIAS.....	43
11. ANEXOS.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Identificación de individuos a nivel de especie colectados con coprotrampas y necrotrampas en las cuatro coberturas vegetales (plantaciones forestales, matorral, páramo antrópico y bosque) del PUEAR.	23
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Imágenes de especímenes de los principales géneros de Scarabaeidae del Neotrópico:
a) Aphodiinae (*Aphodius concavus*), b) Cetoniinae (*Cotinis nitida*), c) Dynastinae (*Archophileurus clarionicus*), d) Melolonthinae (*Polyphylla decemlineata*), e) Orphninae (*Aegidium squamatum*), f) Rutelinae (*Strigoderma arboricola*) y g) Scarabaeinae (*Diastellopalpus dudleyi*).. 6
- Figura 2.** Algunos caracteres morfológicos de los escarabajos de la subfamilia Scarabaeinae:
a) Antenas lameladas, b) esternitos abdominales comprimidos y c) clipeo parabólico, cuerno en la cabeza (clipeal o frontal) y pronoto extendido, con o sin tubérculos.. . 7
- Figura 3.** Mapa de ubicación de la zona de estudio a) ubicación en referencia a la provincia de Loja b) ubicación con referencia al cantón Loja. 15
- Figura 4.** Formato de etiquetado de especímenes. 17
- Figura 5.** Formato de codificación de especímenes..... 17
- Figura 6.** Curva de acumulación de especies para los escarabeinos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) del PUEAR. Se indica el estimador de riqueza no paramétrico ACE y Chao 2 con su desviación estándar..... 24
- Figura 7.** Número de especies presentes en cada una de las coberturas vegetales del PUEAR: Plantaciones Forestales (PL), Matorral (M), Bosque (B) y Páramo Antrópico (Pr). 25
- Figura 8.** Número de especies por géneros de Scarabaeinae registrados en el PUEAR. 25
- Figura 9.** Número de individuos en cada cobertura vegetal: PL (plantaciones forestales), B (bosque), M (matorral) y Pr (páramo antrópico). 26
- Figura 10.** Número de individuos en cada género de Scarabaeinae del PUEAR..... 26

Figura 11. Número de individuos en cada especie de la subfamilia Scarabaeinae registrados en el PUEAR.....	27
Figura 12. Curva de rango abundancia de las coberturas vegetales: a) Bosque, b) Matorral, c) Plantaciones Forestales y d) Páramo Antrópico. El eje X corresponde al rango de especies y el eje Y representa las proporciones de cada una de las especies presentes en la cobertura vegetal.....	29
Figura 13. Ejemplar de <i>Uroxys lojanus</i> Arrow, 1933, capturado en el PUEAR.....	30
Figura 14. Dendograma del análisis de similitud de Bray-Curtis, para la comparación de la semejanza entre las coberturas vegetales del PUEAR: Pr (páramo antrópico), M (matorral), B (bosque) y PL (plantaciones forestales).	31
Figura 15. Representación 2D del escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), con el uso del índice de Bray-Curtis, para la comparación de riqueza y abundancia de escarabajos copro-necrófagos entre las coberturas vegetales del PUEAR: B (bosque), PL (plantaciones forestales), M (matorral) y Pr (páramo antrópico).	32

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ficha de campo, para el registro de variables en la colecta de individuos.....	54
Anexo 2. Hoja de identificación de especies de escarabajos copro-necrófagos de la subfamilia Scarabaeinae del PUEAR y registro de variables de estudio.....	55
Anexo 3. Tabla de temperatura y humedad registradas en el PUEAR.	56
Anexo 4. Resultados del análisis de similitud (ANOSIM) en el software R.	57
Anexo 5. Ejemplares de especies de Scarabaeinae capturadas en el PUEAR: a) <i>Uroxys lojanus</i> Arrow, 1933, b) <i>Deltochilum tessellatum</i> Paulian, 1939 c) <i>Onthophagus curvicornis</i> Latreille, 1811 d) <i>Onoreidium cristatum</i> Arrow, 1931 e) <i>Dichotomius cotopaxi</i> Guérin-Méneville, 1855.	58

**RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE ESCARABAJOS COPRO-NECRÓFAGOS
(COLEOPTERA: SCARABAEIDAE: SCARABAEINAE) EN DIVERSOS TIPOS DE
COBERTURA VEGETAL DEL PUEAR, LOJA-ECUADOR**

RESUMEN

En Ecuador se han descrito cerca de 200 especies de Scarabaeinae. En el presente trabajo se estudió la riqueza y abundancia de la subfamilia Scarabaeinae en cuatro coberturas vegetales del Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreacional (PUEAR). En cada cobertura se colocaron tres transectos longitudinales de 200 m y 5 puntos de muestreo en cada transecto. Se realizaron tres periodos de muestreos usando trampas pitfall cebadas con heces humanas (coprotrampas) y pollo en descomposición (necrotrampas) para la colecta de especímenes. Para la comunidad de Scarabaeinae se calcularon medidas e índices de riqueza, abundancia y se evaluaron las diferencias en la composición entre las coberturas vegetales. La riqueza de Scarabaeinae fue mayor en plantaciones forestales, mientras que en el páramo antrópico solo se encontró una especie. La subfamilia Scarabaeinae registró mayor abundancia en el bosque (216 individuos) y menor abundancia en el páramo antrópico (2 individuos). La composición y estructura de las comunidades de la subfamilia Scarabaeinae muestran diferencias en función de las coberturas vegetales. El análisis de similitud mostró que existe semejanza entre el bosque natural, las plantaciones forestales y el matorral; el páramo se diferencia notablemente de las otras coberturas vegetales evaluadas. La estructura, composición y estado de conservación de las coberturas vegetales intervenidas influyen en las comunidades de escarabajos copro-necrófagos, se registra una diferencia en la composición de riqueza y abundancia entre las coberturas vegetales del PUEAR.

Palabras clave: copro-necrófagos, coberturas vegetales, riqueza, abundancia, PUEAR.

ABSTRACT

In Ecuador, approximately 200 species of Scarabaeinae have been described. The richness and abundance of the subfamily Scarabaeinae was studied in four vegetation covers at Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreacional (PUEAR, for its acronym in Spanish). Three 200-meter transects and 5 sampling points in each transect were placed. Three sampling periods were conducted using pitfall traps baited with human feces (copro-traps) and decomposing chicken (necro-traps) for the collection of specimens. For the community of Scarabaeidae, measures and indices of richness and abundance were calculated, and differences in composition between vegetation cover were evaluated. The richness of Scarabaeinae was higher in forest plantations, while only one species was found in the anthropogenic paramo. The subfamily Scarabaeinae registered higher abundance in the forest (216 individuals) and lower abundance in the anthropogenic paramo (2 individuals). The composition and structure of the communities of the subfamily Scarabaeinae show differences according to the vegetation cover. The similarity index shows there is an affinity between the natural forest, the forest plantations and the bush, however the paramo is notably different from the other vegetation covers evaluated. The structure, composition and state of conservation of the intervened vegetation covers influence the communities of copro-necrophagous beetles. This study registers differences in richness and abundance between the vegetation covers of the PUEAR.

Keywords: copro-necrophagus, vegetation coverage, richness, abundance , PUEAR.

1. INTRODUCCIÓN

Los bosques andinos del sur del Ecuador se enfrentan a varias presiones antrópicas como el cambio de uso de suelo, la erosión hídrica, deslizamientos de tierra, incendios, producción ganadera y actividades agrícolas, que provocan una pérdida drástica de este tipo de ecosistema (Bussmann, 2005). El Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreacional Ing. Francisco Vivar Castro (PUEAR) es un remanente de bosque andino (Aguirre et al., 2014) que se ha convertido en una importante área de conservación que alberga a especies importantes de aves, mamíferos, reptiles, flora y nano-cuencas nacientes, sin embargo no ha escapado de las alteraciones por actividades antrópicas, que han causado el cambio en su estructura y composición vegetal (Aguirre et al., 2016).

Los cambios en la composición de las comunidades vegetales han generado varios tipos de cobertura vegetal para el desarrollo de vertebrados e invertebrados. Los grupos taxonómicos o especies responden de diferente manera a las modificaciones de la cobertura vegetal, las respuestas de las especies dependen de atributos como el nicho ecológico (Chase & Leibold, 2003), rasgos funcionales (Violle et al., 2007) y patrón de desplazamiento (Sulca & Huamantínco, 2016). Estos atributos pueden llegar a afectar a la composición de la fauna a nivel de individuos, poblaciones o comunidades (Harvey et al., 2003).

Las presiones antrópicas han originado una serie de afectaciones a los insectos como disminución de la riqueza y abundancia (Nichols et al., 2007), modificación de sus comportamientos (Gasca & Ospina, 2000). Además, limitantes fisiológicas provocadas principalmente por el cambio climático que no permiten a los insectos acondicionarse a otras localidades y ampliar su distribución geográfica (De la Vega & Schilman, 2015). Por otro lado debido a características tales como alta diversidad, importancia funcional, rápida respuesta a la

variabilidad ambiental, sensibilidad a la perturbación antrópica y facilidad de captura de diferentes taxones de insectos se los ha reconocido como importantes elementos bioindicadores de la calidad de los ecosistemas (Cancino-López et al., 2014; Delgado-Gómez et al., 2012; Ortega-Echeverría et al., 2019; Palacio et al., 2012; Villamarín-Cortez, 2010). De este grupo de insectos, los coleópteros son los más utilizados para el monitoreo de áreas de conservación (Alburqueque et al., 2015; Noriega et al., 2015).

Dentro de los coleópteros la subfamilia Scarabaeinae conocidos comúnmente como escarabajos peloteros o estercoleros, presentan condiciones que responden al estado de conservación de las coberturas vegetales por medio del aumento o disminución de la riqueza y abundancia de especies (Alburqueque et al., 2015; Cancino-López et al., 2014; Delgado-Gómez et al., 2012; Halffter & Arellano, 2002). En general la riqueza y abundancia de escarabajos peloteros varía de acuerdo a la perturbación de los hábitats, aumentando o manteniendo sus comunidades de escarabeinos en zonas con mínima perturbación antrópica y disminuyendo cuando las áreas han perdido sus condiciones naturales por la actividad humana (Cancino-López et al., 2014; Delgado-Gómez et al., 2012; Sánchez Hernández et al., 2018).

La riqueza y abundancia de las comunidades neotropicales de la subfamilia Scarabaeinae responden específicamente a tres factores: i) presencia de cobertura vegetal que les proporciona protección y sitios de reproducción (Harvey et al., 2003); ii) disponibilidad de recursos alimenticios con preferencias hacia la carroña (necrófagos), al excremento de mamíferos y otros vertebrados (coprófagos) y ambos alimentos (generalistas) (Cancino-López et al., 2014) y iii) condiciones del suelo como la compactación y capacidad de drenaje que influyen sobre todo en las especies cavadoras que necesitan construir sus túneles (Gasca & Ospina, 2000) y a un sinnúmero de especies de Scarabaeinae cuyos estadios inmaduros se desarrollan en el suelo (Sulca & Huamantínco, 2016). Son más influyentes en el desarrollo de

escarabeinos la cobertura vegetal y la disponibilidad de los recursos alimenticios, siendo las dos principales características causantes de un posible empobrecimiento o acrecentamiento de las comunidades copro-necrófagas (Escobar-Villa et al., 2012).

Hasta donde conocemos existe poca información acerca de la distribución de las especies de escarabajos en la región sur del Ecuador (Onore, 2003), y hasta ahora no se ha encontrado bibliografía respecto a estudios realizados en la Provincia de Loja en los que relacionen a los escarabajos copro-necrófagos con el tipo de cobertura vegetal, como lo menciona França y colaboradores (2017) esta información es necesaria para establecer como las perturbaciones en la cobertura vegetal afecta a los escarabeínos.

El presente estudio, pretende determinar la riqueza y abundancia de escarabajos coprófagos y necrófagos en una zona sometida a la presión de las actividades antrópicas. Además de generar un nuevo conocimiento acerca de la riqueza, abundancia y roles ecológicos de una zona con gran potencial de diversificación, apoyando la teoría que explica como la diversidad cambia entre los distintos tipos de vegetación (Beiroz et al., 2019) y la función ecológica que desempeñan los escarabeínos en los ecosistemas (Amore et al., 2018).

Objetivo General

- Evaluar la variación de la diversidad de escarabajos copro-necrófagos en cuatro coberturas vegetales del PUEAR.

Objetivos Específicos

- Identificar las especies de escarabajos copro-necrófagos en cuatro coberturas vegetales del PUEAR
- Cuantificar la riqueza y abundancia de escarabajos copro-necrófago en cada una de las coberturas vegetales seleccionadas.

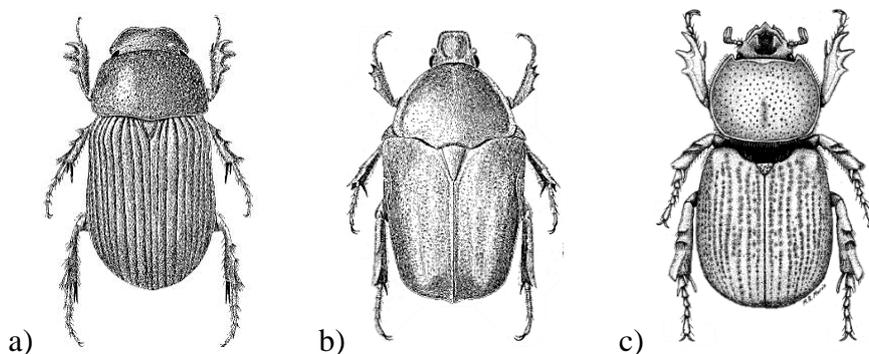
- Comparar la diversidad de escarabajos copro-necrófagos entre las coberturas vegetales de estudio.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. LA FAMILIA SCARABAEIDAE Y SUBFAMILIA SCARABAEINAE DE LA REGIÓN NEOTROPICAL.

En el mundo existen más de 380 000 especies de coleópteros que han sido descritos como parte del grupo más rico y diverso de la clase Insecta (Zhang, 2013). Dentro de Coleoptera se encuentra la familia Scarabaeidae, una de las familias más grandes y diversificadas del orden Coleoptera con alrededor de 30 000 especies (Villamarín-Cortez, 2010).

En el Neotrópico se han registrado cerca de 6 000 especies de Scarabaeidae y se clasifican en las siguientes subfamilias: Aphodiinae (Figura 1a), Cetoniinae (Figura 1b), Dynastinae (Figura 1c) Melolonthinae (Figura 1d), Orphninae (Figura 1e), Rutelinae (Figura 1f) y Scarabaeinae (Figura 1g) (Arnett et al., 2002). La subfamilia Scarabaeinae, se clasifica en numerosas tribus dentro de las cuales están Canthonini, Coprini, Dichotomiini, Oniticellini, Onitini, Onthophagini, Phanaeini y Sisyphini (Arnett et al., 2002). La región neotropical cuenta con 1 300 especies y 70 géneros de escarabeínos (Escobar, 2000). Hasta el 2010 se habían registrado cerca de 200 especies (Villamarín-Cortez, 2010), ocho años después se registraron 33 géneros, 26 subgéneros y 220 especies, incluyendo 22 nuevos registros para el Ecuador (Chamorro et al., 2018).



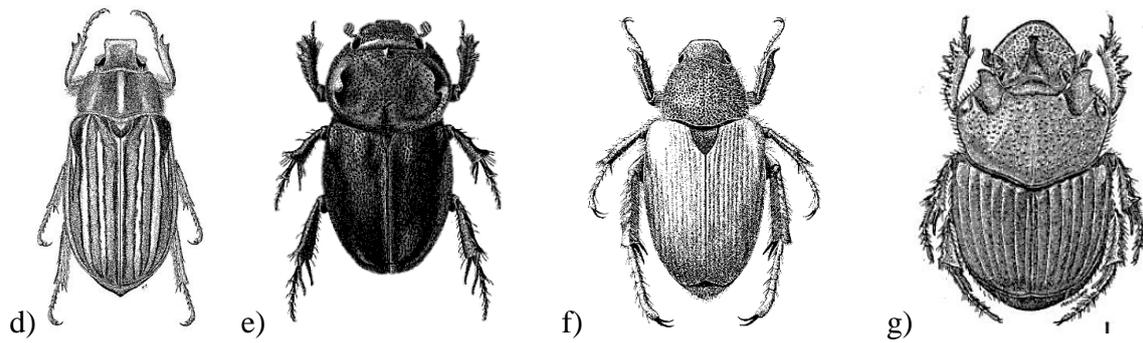


Figura 1. Imágenes de especímenes de los principales géneros de Scarabaeidae del Neotrópico: a) Aphodiinae (*Aphodius concavus*), b) Cetoniinae (*Cotinis nitida*), c) Dynastinae (*Archophileurus clarionicus*), d) Melolonthinae (*Polyphylla decemlineata*), e) Orphninae (*Aegidium squamatum*), f) Rutelinae (*Strigoderma arboricola*) y g) Scarabaeinae (*Diastellopalpus dudleyi*). Figuras a, b, d y f tomadas de Arnett y colaboradores (2002), Figuras c, e y g tomadas de Beutel & Leschen (2016).

Los Scarabaeinae, gracias a un sinnúmero de mecanismos de competencia por la alimentación, patrones climáticos y geográficos, han dado lugar a diversos patrones de riqueza de especies únicos en el Neotrópico (Bustos & Lopera Toro, 2003) y comprenden especies con características morfológicas singulares. Los escarabeínos son generalmente ovalados de colores variables y reflejos metálicos, sus longitudes van desde los 2,0 mm hasta los 25,0 mm, tienen antenas lameladas de 7–12 segmentos (Figura 2a), algunas especies presentan cuernos o tubérculos en la cabeza (Figura 2c) o pronoto y élitros de forma variada, con o sin estrías (Arnett et al., 2002). La subfamilia Scarabaeinae en el continente americano presenta características como un clípeo extendido que cubre las piezas bucales, antenas con 8–9 antenómeros, coxas ampliamente separadas, sus tibias presentan una espuela apical simple, cuenta con élitros que no cubren su pigidio, con 6 esternitos abdominales visibles (Figura 2b) y sus tarsos anteriores pueden o no estar presentes en ambos sexos (Arnett et al., 2002).

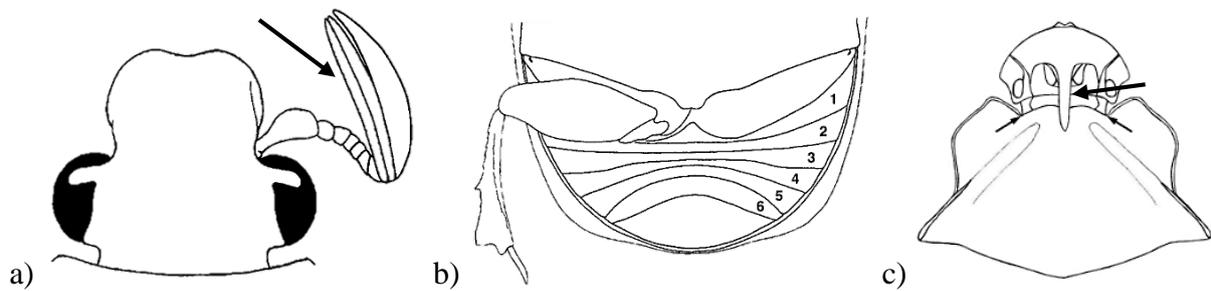


Figura 2. Algunos caracteres morfológicos de los escarabajos de la subfamilia Scarabaeinae: a) Antenas lameladas, b) esternitos abdominales comprimidos y c) clipeo parabólico, cuerno en la cabeza (clipeal o frontal) y pronoto extendido, con o sin tubérculos. Figuras a y b tomadas de Arnett y colaboradores (2002), figura c tomada de Chamorro y colaboradores (2018).

Algunas especies de la familia Scarabaeidae son perjudiciales para los agricultores, ya que en su etapa larvaria estos consumen las raíces de cultivos de maíz, papa, zanahoria, entre otros tubérculos y vegetales de la región neotropical (Arnett et al., 2002; Villamarín-Cortez, 2010). Sin embargo, los escarabajos de la subfamilia Scarabaeinae son denominados comúnmente como escarabajos peloteros, coprófagos o estercoleros (Amore et al., 2018; Beiroz et al., 2019; Correa et al., 2018) y cumplen funciones ecológicas de vital importancia gracias a sus características particulares como su alimentación variada: heces de mamíferos, carnívoros, herbívoros u omnívoros (Rangel-Acosta et al., 2012); carroña, hongos, vegetación, polen, frutas, compost o raíces (Arnett et al., 2002). Incluso existen registros de escarabeíno que se alimentan de excremento de aves (Hangay & Zborowski, 2010), de esta forma ayudan a reincorporar nutrientes al ecosistema mediante el reciclaje de la materia orgánica con la que se alimentan, manteniendo en buen estado a los ecosistemas (Villamarín-Cortez, 2010).

Estos escarabajos cumplen un rol fundamental dentro de las regiones tropicales, aportando a los ciclos biogeoquímicos de los ecosistemas a través de la descomposición, control de plagas y un sinnúmero de procesos naturales que contribuyen al normal funcionamiento de los hábitats (Hamel-leigue et al., 2006; Sulca & Huamantínco, 2016). Además son relevantes para los humanos, al brindar servicios ecosistémicos como el ciclaje de nutrientes, propiedades

físicas del suelo, flujo de gases suelo-atmósfera e incluso retribuciones económicas al utilizarlas en la industria ganadera para mejorar las condiciones de pastura, obteniendo una mejor calidad del ganado y mayores réditos económicos (Nichols et al., 2008). Otra cualidad es su comportamiento de rodadores de estiércol y cavadores de túneles bajo los excrementos de mamíferos, lo que los convierten en excelentes dispersores de semillas dentro de los ecosistemas (Alburqueque et al., 2015).

Su distribución depende de factores como la cobertura vegetal (Milotić et al., 2019), temperatura ambiental (Ortega-Echeverría et al., 2019), tipo de suelo, relieve topográfico y gradientes altitudinales (Da Silva et al., 2018; Espinoza & Noriega, 2018), variando la riqueza y abundancia entre sectores, producto de las distintas características de los ecosistemas de la región neotropical. En lo referente a la conservación de los Scarabaeinae, el crecimiento de las zonas urbanas, la comercialización de fauna silvestre, incendios a gran escala, la caza de mamíferos y la disminución de dosel que se dan en las zonas del Neotrópico, han provocado la disminución de la densidad de mamíferos y por lo tanto de excrementos de los que dependen los escarabajos peloteros para sobrevivir (Davis & Philips, 2005).

2.2. EFECTOS DE LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS SOBRE LA DIVERSIDAD DE LOS ESCARABAJOS COPRO-NECRÓFAGOS.

Para poder determinar cómo influyen los ecosistemas en la diversidad de los escarabajos peloteros es necesario considerar los siguientes puntos: biogeografía, heterogeneidad del paisaje, estructura del paisaje, condiciones climáticas, etc. (Ferrer-Paris et al., 2013).

La modificación de los ecosistemas producto de las actividades destructivas desarrolladas por el hombre han provocado la pérdida y fragmentación de ecosistemas naturales cambiando la estructura general del entorno (Delgado-Gómez et al., 2012; Kohlmann et al.,

2016). La expansión de la frontera agrícola, la deforestación y el sobrepastoreo han ocasionado efectos a gran escala que alteran la estructura y funcionamiento de los ecosistemas y la consecuente pérdida de hábitats y biodiversidad (Ibarra-Polesel et al., 2015). Estas condiciones convierten a los escarabajos en un grupo excepcional para comparar paisajes con cambios en la estructura y composiciones de sus bosques, y que permiten tener una apreciación de los distintos grados de perturbación antropogénica que han sufrido estos sectores (Figueroa & Alvarado, 2011).

Un factor importante para la distribución de la diversidad es el recambio de especies entre parches, por lo general los cambios antrópicos en los ecosistemas se dan a nivel de paisaje (Delgado-Gómez et al., 2012) y los hechos destructivos de los humanos no ocasionan un cambio drástico en los ecosistemas naturales (Villamarín-Cortez, 2010). Estos cambios generan paisajes más heterogéneos en los que las poblaciones de escarabajos quedan reducidas sin desaparecer o aisladas entre parches del paisaje heterogéneo, por ello el intercambio de especies de escarabajos peloteros entre ecosistemas contiguos queda limitado, impidiendo el traslado de individuos entre distintas zonas del paisaje modificado; en el caso de los escarabeínos la limitación se encaja en el rango de amplitud de vuelo de un poco o más de un kilómetro y un tiempo de 20 a 40 minutos (Gill, 1991), necesitando una distancia mínima entre los parches para un exitoso recambio de especies (Escobar, 2000). Por ello mientras más cerca se encuentren las zonas fragmentadas del paisaje, mayor conectividad entre los hábitats habrá y el intercambio de individuos de la subfamilia Scarabaeinae se podrá realizar (Sánchez Hernández et al., 2018).

Por otra parte los bosques tropicales son de especial interés ya que son uno de los ecosistemas más afectados a escala mundial (Bustos & Lopera Toro, 2003; Ibarra-Polesel et al., 2015; Kohlmann et al., 2016; Rangel-Acosta et al., 2012), con gran tendencia a desaparecer

dando lugar a sabanas y desiertos con poca producción que provocan la disminución parcial o total de las comunidades y funciones de los escarabajos estercoleros en estos sectores (Bustos & Lopera Toro, 2003). Por lo que se pueden realizar estudios descriptivos para analizar las relaciones existentes entre los escarabajos estercoleros y los ecosistemas (natural o antrópico) como: manglares, zonas desérticas, sabanas naturales, páramos, bosques alto andinos (Gasca & Ospina, 2000), bosques inundables (Escobar, 2000), bosque seco (Delgado-Gómez et al., 2012), pastizales (Milotić et al., 2019), en agro-ecosistemas (Davis et al., 2004), ganaderos y agrícolas (Palacio et al., 2012), cuyo análisis demostrará la influencia de los factores medioambientales de un ecosistema, en la riqueza y abundancia de los escarabajos copro-necrófagos (Noriega et al., 2015).

Cabe destacar que un hábitat fragmentado por actividades antrópicas que cuente con recursos y adaptabilidad de los escarabajos estercoleros y que esté sometido a presiones que generen cambios drásticos de su hábitat (Villamarín-Cortez, 2010), presentará una riqueza igual o mayor a una zona totalmente conservada (Correa et al., 2019). Estas adaptaciones podrían responder a cambios en las coberturas vegetales donde se ha reducido un gran porcentaje de dosel (Davis & Philips, 2005), las distintas gradientes altitudinales a las que se podría aclimatar un escarabeíno (Da Silva et al., 2018) y los cambios o nuevos hábitos alimenticios principalmente de los escarabajos generalistas (Alburquerque et al., 2015).

Existen mayores alteraciones en las funciones de los ecosistemas cuando se pierde un grupo funcional completo, en comparación con la pérdida de un número igual de especies de distintos grupos funcionales, y se evidenciaron grandes señales en los procesos de los ecosistemas cuando los impactos ambientales productos de las actividades humanas causan un cambio de la riqueza y abundancia de un grupo funcional específico (Slade et al., 2007).

2.3. USO POTENCIAL DE LOS ESCARABAJOS COPRO-NECRÓFAGOS COMO BIOINDICADORES DE ECOSISTEMAS.

El uso de insectos como bioindicadores de la contaminación ambiental, ha adquirido fuerza en estos últimos años. Su alta diversidad, fácil manipulación, corta temporalidad generacional y susceptibilidad ante la deforestación y reducción del hábitat, han constituido a los insectos como excelentes bioindicadores (Delgado-Gómez et al., 2012).

Los escarabajos se usan como bioindicadores para determinar la situación por la que atraviesan los ecosistemas. Usando el método de la presencia, ausencia o abundancia de especies o grupo de especies, se mide la tolerancia que tienen dichos organismos a factores medioambientales, y su capacidad para indicar los efectos de las alteraciones ocasionadas por procesos antropogénicos al ambiente (Kohlmann et al., 2016).

Los escarabajos coprófagos y necrófagos son útiles como bioindicadores en estudios de evaluación y monitoreo de biodiversidad, ya que pueden ser medidos tanto cualitativa como cuantitativamente y se puede observar su respuesta a la pérdida de hábitat y a los efectos de la fragmentación que se desarrollan en los ecosistemas (Palacio et al., 2012).

Las perturbaciones causadas por el hombre en las regiones tropicales del Amazonas se convierten en una prioridad para todas las naciones, ya que necesitan medir el grado de perturbación en los bosques nativos amazónicos de su nación, los cuales han reducido su biodiversidad. La utilización de insectos para medir la alteración del hábitat ha tenido un papel central, como por ejemplo el uso de escarabajos del estiércol como bioindicadores de la densidad de poblaciones de mamíferos, ya que ambas clases de animales se encuentran relacionadas, estos datos permitirán conocer el estado de estos importantes biomas (Carpio et al., 2009). Estudios indican que existe una mayor biomasa de mamíferos en suelos amazónicos

jóvenes y viejos con gran diversidad de escarabajos peloteros ya que dependen directamente de los excrementos de mamíferos para alimentarse y anidar (Radtke et al., 2007).

En ecosistemas agrícolas, los escarabajos del estiércol también son una alternativa como indicador biológico ya que forman parte del ecosistema de pastoreo de ganado en las regiones cálidas y húmedas, entre los límites del Trópico de Cáncer y el Trópico de Capricornio, en áreas que reciben una lluvia anual mayor a 250 mm, y temperaturas medias anuales mayores a 15 °C. Por ello, su importancia como bioindicador radica en la obtención de datos de la riqueza y abundancia que proporcionan información de los efectos por los que está atravesando el sitio afectado por perturbaciones antropogénicas y además se pueden usar en procesos de restauración ecológica ya que contribuyen al mantenimiento de la salud de los ecosistemas (Davis et al., 2004).

La mayoría de los bioindicadores ecológicos y ambientales están identificados, mediante el establecimiento de una fuerte relación entre la especie con alguna característica de su entorno (McGeoch et al., 2002). Al ser la subfamilia Scarabaeinae, uno de los grupos con un amplio rango de distribución y una capacidad muy alta de respuesta a los impactos o factores deteriorantes del medio ambiente (França et al., 2017), cumplen el rol fundamental como bioindicador del estado de un ecosistema que está atravesando un proceso de degradación antrópica (Beiroz et al., 2018). Por lo tanto, contribuyen con la evaluación de los efectos de perturbación en los entornos y permiten proporcionar algunas medidas para la conservación de la biodiversidad de una ciudad (Santos-Heredia et al., 2018).

El uso de escarabajos peloteros en el desarrollo de estudios de medición de impacto ambiental es excelente, gracias a su taxonomía y biología conocida, su gran rango geográfico, su fácil recolección y la especificidad que presenta en algunos hábitats, lo que los convierte en candidatos sobresalientes para ser usados como indicadores ecológicos (Cancino-López et al.,

2014). El grado de sensibilidad de los escarabajos a su entorno revela datos, que muestran en regiones tropicales, algún tipo de cambio ambiental lo que permite determinar las variaciones que se están dando en los ecosistemas (Carpio et al., 2009).

En el territorio ecuatoriano son considerados como un buen grupo bioindicador, siendo utilizados en estudios de impacto ambiental, para desarrollar planes y leyes de manejo con el fin de contribuir a la conservación, especialmente en regiones donde se intenta preservar los bosques nativos que se encuentran en riesgo de degradación (Chamorro et al., 2018).

3. METODOLOGÍA

3.1. ÁREA DE ESTUDIO

Este estudio se llevó a cabo en la parroquia San Sebastián, cantón Loja, provincia de Loja, en el denominado Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación (PUEAR), ubicado al sur de la ciudad de Loja, específicamente a 5km del centro de la ciudad. Este parque cuenta con una superficie aproximada de 99,13 ha, se encuentra en un rango altitudinal entre 2 130 a 2 520 m.s.n.m., en las siguientes coordenadas UTM: 700 592 – 9 554 223 N, 700 970 – 9 553 139 S – 701 309 – 9 553 171 E, 699 961 – 9 554 049 W (Aguirre et al., 2014), y está constituido por coberturas vegetales tales como bosque andino, bosque de nogal, matorral andino y páramo antrópico (Figura 3).

El PUEAR presenta una precipitación media anual de 955 mm/año, una temperatura media anual de 16,6 °C, una humedad relativa media de 71,96%, una evaporación media de 111,33 mm, una velocidad de viento que va en un rango de 3,64 a 5,44 m/s, un clima templado lluvioso, mesotérmico, frío e isotermal y un bio-clima subhúmedo templado (Aguirre et al., 2014).

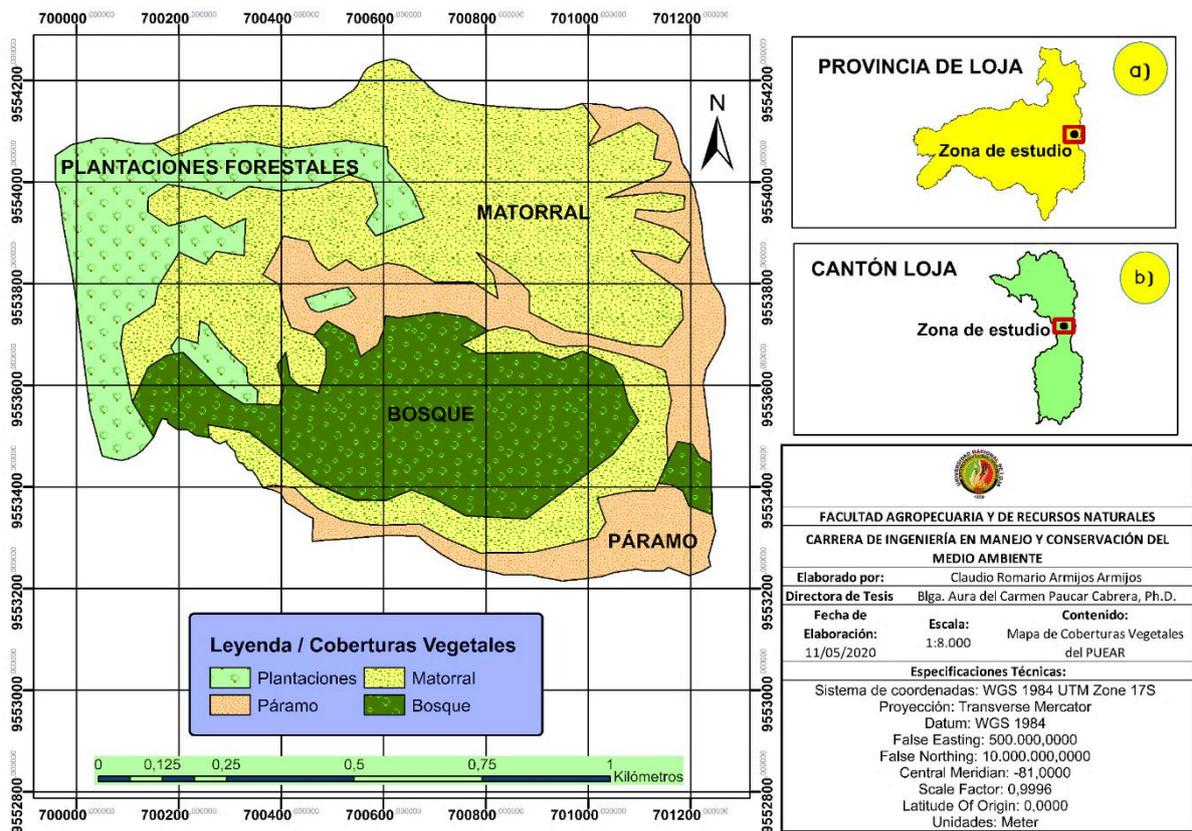


Figura 3. Mapa de ubicación de la zona de estudio a) ubicación en referencia a la provincia de Loja b) ubicación con referencia al cantón Loja.

Fuente: Mapa adaptado de Muñoz Chamba (2015).

3.2. MUESTREO E IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES DE ESCARABAJOS COPRO-NECRÓFAGOS PRESENTES EN LAS CUATRO COBERTURAS VEGETALES DEL PUEAR

Las coberturas vegetales del área de estudio se especifican en base al mapa existente del PUEAR (Muñoz Chamba, 2015), y son: bosque nativo, plantaciones de nogal, plantaciones de eucalipto más matorral, plantación de pino más matorral, matorral y páramo antrópico.

El mapa base fue adaptado a las condiciones requeridas para el estudio, mediante la unificación de las coberturas vegetales que comparten características similares, obteniendo

cuatro coberturas vegetales correspondientes a: bosque nativo, plantaciones forestales, páramo antrópico y matorral con la peculiaridad de ser homogéneas y análogas, condición necesaria para el muestreo.

Una vez definidas las coberturas vegetales del parque se establecieron los puntos de muestreo. Como paso previo en cada cobertura vegetal se delimitó un buffer de 45 m, con el fin de eliminar el efecto de borde. En las áreas dentro del buffer se establecieron al azar 3 transectos longitudinales de 200 m, para cada una de las coberturas vegetales. En los transectos se colocaron 5 puntos separados entre sí por 50 m, obteniendo un total de 15 puntos de muestro por cobertura y 60 puntos de muestreo en toda el área de estudio. Algunas trampas fueron reubicadas a lo largo del transecto, para situarlas en lugares con menor pendiente y alejadas de perturbaciones continuas por visitantes de terrenos aledaños. Todos los procedimientos cartográficos se los realizó en el software QGIS versión 2.18 (QGIS Development Team, 2016).

De octubre hasta diciembre del 2019, en cada tipo de cobertura vegetal se realizaron tres muestreos independientes (uno por mes) y cada periodo de muestreo se lo realizó en cuatro días seguidos. Las capturas se desarrollaron mediante trampas de caída (pitfall), utilizando cebos de vísceras de pollo para coleccionar escarabajos necrófagos y cebos de excremento humano para coleccionar escarabajos coprófagos, estos tipos de cebo adecuados son recomendados para el muestreo de escarabajos copro-necrófagos (Ferrer-Paris et al., 2013; Figueroa & Alvarado, 2011). Para evitar el sesgo en las trampas de carroña y heces, se repuso nuevamente los cebos y se repararon las trampas cada vez que se las encontraba dañadas por otros animales carroñeros (aves, mamíferos, reptiles), para mantener la eficiencia de la trampa y poder capturar todas las especies de escarabeínos.

El tiempo efectivo de actividad de las trampas fue de 72 horas, se revisó, reparó y se cambió de cebo cada 24 horas, hasta completar los tres días asignados en cada período de

muestreo. Los especímenes colectados fueron depositados en fundas Ziploc individuales por trampas y cada una con su respectivo código de campo asignado. Los especímenes fueron conservados en alcohol industrial al 70%, donde permanecieron hasta su respectivo montaje.

En cada uno de los periodos de muestreo se registraron los siguientes datos: temperatura, humedad, estado del tiempo, estado de la trampa y las observaciones, esta información fue registrada en la hoja de campo diseñada para el estudio (Anexo 1.)

En el laboratorio de los especímenes colectados se seleccionaron y montaron únicamente los escarabajos coprófagos y necrófagos. Los especímenes de mayor tamaño fueron montados en alfileres entomológicos N°3, pinchando la parte superior del élitro derecho del espécimen mientras que los de menor tamaño fueron colocados en un triángulo de cartulina pegados en la punta del triángulo por la parte derecha del cuerpo del espécimen. Posteriormente todos los especímenes montados fueron etiquetados (Figura 4) y codificados (Figura 5).

ECUADOR LOJA Loja PUEAR	País – Provincia – Ciudad – Área de Estudio
Plantación-Trans1-Trap1	Cobertura Vegetal – N° de Transecto –N° de trampa
04°02'11.76" S/79°11'53.38" W	Coordenadas
2172m 19DEC2019 C.Armijos	Altitud – Fecha de recolección – Colector
Ex: Pitfall trap, carrion	Tipo de Trampa – Cebo utilizado.

Figura 4. Formato de etiquetado de especímenes.

Fuente: Elaboración propia

Plan 1 1	Cobertura vegetal (Plan, Mat, Par, Bos) – N° de transecto – N° de trampa.
001	N° de espécimen.

Figura 5. Formato de codificación de especímenes.

Fuente: Elaboración propia

Los especímenes se identificaron con la ayuda de la clave para las familias y subfamilias de Scarabaeoidea del nuevo mundo (Ratcliffe & Jameson, 2002). Una vez identificada la subfamilia a la que pertenecen los especímenes, se siguió con la identificación del género de los especímenes para ello se utilizó la clave de géneros y subgéneros de escarabajos estercoleros presentes y presuntos para Ecuador (Chamorro et al., 2018). La identificación al nivel de especie se realizó con ayuda de especialistas William Chamorro del Departamento de Ciencias Naturales de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) y Aura Paucar-Cabrera del Museo de Zoología de la Universidad Nacional de Loja (LOUNAZ), esta identificación taxonómica se asentó en la hoja de registro de especies (Anexo 2). Posteriormente los especímenes fueron depositados en la colección de invertebrados del Museo de Zoología de la Universidad Nacional de Loja (LOUNAZ).

3.3. CUANTIFICACIÓN DE LA RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE ESCARABAJOS COPRO-NECRÓFAGOS EN LAS COBERTURAS VEGETALES.

Para estimar el esfuerzo de muestreo se construyó una curva de acumulación de especies. Las especies se ordenaron de acuerdo a la ubicación de los puntos de muestreo y se emplearon estimadores no paramétricos como: ACE (Abundance-based Coverage Estimator) estimador de cobertura basado en la abundancia que separa las especies observadas en grupos de abundantes y raras, con diez o menos individuos en la muestra (Ecuación 1); y CHAO₂ estimador basado en la incidencia, el cual considera a las especies observadas en una o dos unidades de muestreo, donde se requiere datos de presencia/ausencia y múltiples parcelas de

muestreo, CHAO₂ es el estimador más recomendado para muestras pequeñas por ser riguroso y de bajo sesgo (Ecuación 2).

$$S_{ACE} = S_{abund} + \frac{S_{rare}}{C_{ACE}} + \frac{F^1}{C_{ACE}} y^2 ACE \quad (Ecuación 1)$$

donde,

S_{abund}= número de especies abundantes (>10 individuos en la muestra completa)

S_{rare}= número de especies raras (≤ 10 individuos en la muestra completa)

F¹= número de especies con *i* individuos

C_{ACE}= estimador de la cobertura muestral.

y²_{ACE}= coeficiente de variación de la abundancia de las especies.

$$\hat{S}Chao_2 = S_{obs} + \left(\frac{m-1}{m} \right) \left(\frac{Q_1(Q_1-1)}{2(Q_2+1)} \right) \quad (Ecuación 2)$$

donde,

m= número total de muestras

Q₁= número de especies únicas

Q₂= número de especies duplicadas

S_{obs}= número de especies observado en todas las muestras.

La riqueza específica y la abundancia de escarabajos copro-necrófagos se obtuvo en cada una de las cuatro coberturas vegetales. La riqueza de especies se obtuvo por género de Scarabaeinae. Además, se realizaron las curvas de rango abundancia en cada cobertura vegetal, para evaluar los cambios en cuanto a la riqueza y equitatividad de especies colectadas en el PUEAR.

Para el registro del Museo de Zoología de la Universidad Nacional de Loja (LOUNAZ), se midió la temperatura y humedad ambiente a ras del suelo en cada punto de muestreo colocando el higrómetro cerca de la trampa, con 5 min de espera para obtener el valor en °C para la temperatura y el valor en % para la humedad.

3.4. COMPARACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE ESCARABAJOS COPRO-NECRÓFAGOS ENTRE LAS COBERTURAS VEGETALES DE ESTUDIO.

Para comparar la diversidad de escarabajos copro-necrófagos se realizó un análisis de agrupamiento (Clúster), donde se determinó el grado de similitud entre las coberturas vegetales utilizando el índice de Bray-Curtis. Además, para comparar la composición de las coberturas vegetales se realizó un escalado multidimensional no métrico (nMDS, por sus siglas en inglés), y se usó el índice de Bray-Curtis como medida de similitud para condensar la información en una representación gráfica de ordenación 2D. En esta ordenación, cuanto más cercanos son los puntos, más similares son las muestras.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La cuantificación de la abundancia incluyó la curva de rango abundancia la cual permitió medir la equitatividad de las especies (curvas planas representan una mayor equitatividad, mientras que curvas con mayor pendiente demuestran una menor equitatividad). Para la construcción de las curvas de acumulación de especies y rango-abundancia se ordenó jerárquicamente a las especies presentes en cada unidad de muestreo de acuerdo a su abundancia empleando el paquete BiodiversityR (Kindt, 2019) del software R versión 3.5.1.

Para evaluar la significancia estadística de las diferencias entre las coberturas vegetales (plantaciones forestales, matorral, páramo antrópico y bosque natural) del PUEAR, se realizó un análisis de similitud (ANOSIM). El análisis se lo desarrolló usando una matriz de datos de abundancia, con una permutación de 999, utilizando como distancia el índice de disimilitud de Bray-Curtis (Ecuación 3), el cual permitió obtener el valor estadístico R, con un nivel de

significancia de $p < 0.005$. El rango limitado por el estadístico “R” de 0 a 1, indica que mientras más cercano sea el valor a 1 mayor diferencia habrá entre los grupos formados y valores más cercanos a 0 mayor semejanza presentarán entre los grupos formados. Para el desarrollo del ANOSIM se utilizó el paquete Vegan (Oksanen et al., 2019) del software R versión 3.5.1. (R Core Team, 2019).

$$I_{BC} = 1 - \frac{\sum(x_i - y_i)}{\sum(x_i + y_i)} \quad (\text{Ecuación 3})$$

donde,

x_i = abundancia o densidad de especies i en un conjunto

y_i = abundancia de las especies en el otro.

4. RESULTADOS

4.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES DE ESCARABAJOS COPRO-NECRÓFAGOS EN LAS CUATRO COBERTURAS VEGETALES DEL PUEAR.

En los tres muestreos realizados en el periodo de octubre a diciembre de 2019 en el PUEAR, se registraron 390 individuos de la subfamilia Scarabaeinae, clasificados en 6 géneros y 9 especies.

Los géneros de escarabajos copro-necrófagos registrados fueron: *Cryptocanthon*, *Deltochilum*, *Dichotomius*, *Onoreidium*, *Onthophagus* y *Uroxys*. De los géneros identificados el que presenta mayor cantidad de especies es *Uroxys* con 4 especies en total.

La especie que presentó mayor cantidad de individuos fue *Uroxys frankenbergeri* Balthasar, 1940 (261 individuos), seguido por *Uroxys lojanus* Arrow, 1933 (46 individuos) (Anexo 5a), *Cryptocanthon paradoxus* Balthasar, 1942 (39 individuos), *Deltochilum tessellatum* Paulian, 1939 (20 individuos) (Anexo 5b), *Uroxys rugatus* Boucomont, 1928 (12 individuos), *Onthophagus curvicornis* Latreille, 1811 (7 individuos) (Anexo 5c), *Onoreidium cristatum* Arrow, 1931 (3 individuos) (Anexo 5d), mientras que los que presentaron menor cantidad fueron *Dichotomius Cotopaxi* Guérin-Méneville, 1855 (Anexo 5e) y *Uroxys sp.2* con un individuo cada uno (Tabla 1).

La mayor cantidad de especímenes fueron capturados en las coprotrampas con 203 individuos colectados, mientras que las necrotrampas lograron capturar 187 individuos. En el caso de las coprotrampas se observó menor eficiencia de colecta en el bosque y el páramo con 75 y 0 individuos respectivamente. Por otra parte, las necrotrampas presentaron menor eficiencia en las plantaciones forestales (66 individuos) y en el matorral con 66 y 17 individuos respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Identificación de individuos a nivel de especie colectados con coprotrampas y necrotrampas en las cuatro coberturas vegetales (plantaciones forestales, matorral, páramo antrópico y bosque) del PUEAR.

Fuente: Elaboración propia.

ESPECIE \ TIPO DE TRAMPA	COBERTURA VEGETAL								TOTAL DE INDIVIDUOS POR ESPECIE
	Plantación Forestal		Matorral		Páramo Antrópico		Bosque		
	Necrotrampa	Coprotrampa	Necrotrampa	Coprotrampa	Necrotrampa	Coprotrampa	Necrotrampa	Coprotrampa	
<i>Cryptocanthon paradoxus</i>	0	0	0	0	0	0	25	14	39
<i>Deltochilum tessellatum</i>	6	1	7	3	2	0	1	0	20
<i>Dichotomius cotopaxi</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Onoreidium cristatum</i>	0	3	0	0	0	0	0	0	3
<i>Onthophagus curvicornis</i>	0	6	0	1	0	0	0	0	7
<i>Uroxys frankenbergeri</i>	39	53	9	33	0	0	73	54	261
<i>Uroxys lojanus</i>	21	25	0	0	0	0	0	0	46
<i>Uroxys rugatus</i>	0	0	0	2	0	0	3	7	12
<i>Uroxys sp.2</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL INDIVIDUOS	66	89	17	39	2	0	102	75	390

4.2. CUANTIFICACIÓN DE LA RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE ESCARABAJOS COPRO-NECRÓFAGOS EN LAS CUATRO COBERTURAS VEGETALES DE PUEAR.

Para la subfamilia Scarabaeinae del PUEAR, la curva de acumulación de especies basada en el estimador ACE mostró una riqueza total esperada de 11 especies, mientras que la curva de acumulación de especies basada en CHAO₂ indicó una riqueza esperada de 10 especies (Figura 6).

Los resultados indican que se realizó un muestreo eficiente, en este estudio se registraron entre el 82% y 90% del total estimado para la localidad. Donde, se registraron 9 especies de las 10-11 especies esperadas, mostrando que se ha logrado capturar un porcentaje aceptable de especies de escarabajos de la subfamilia Scarabaeinae del PUEAR. Del total de 180 trampas colocadas durante los tres meses de duración del muestreo, el 46,7% de trampas

no fueron efectivas y el 53,3% fueron trampas efectivas. Dicho porcentaje fue calculado de las 60 trampas del diseño de muestreo considerando solamente las trampas que capturaron y no capturaron en todo el muestreo.

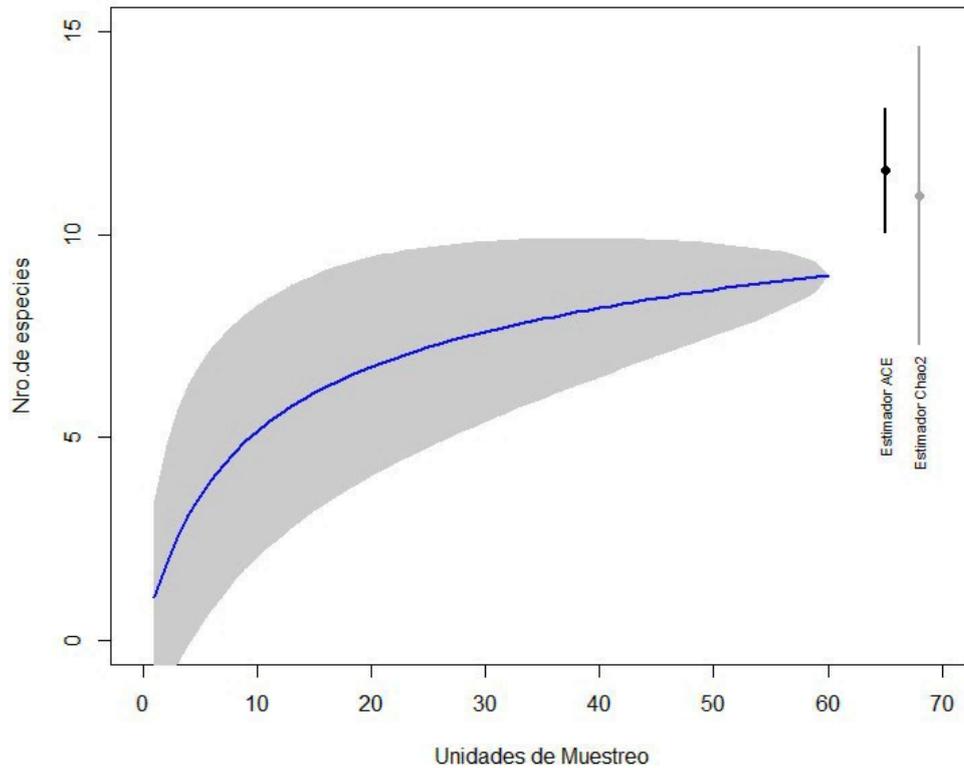


Figura 6. Curva de acumulación de especies para los escarabeíños (Scarabaeidae: Scarabaeinae) del PUEAR. Se indica el estimador de riqueza no paramétrico ACE y Chao 2 con su desviación estándar.

La riqueza de especies más alta entre las cuatro coberturas vegetales de estudio, se presentó en las plantaciones forestales con 6 especies y la menor riqueza de especies corresponde al páramo antrópico donde se registró una sola especie (Figura 7).

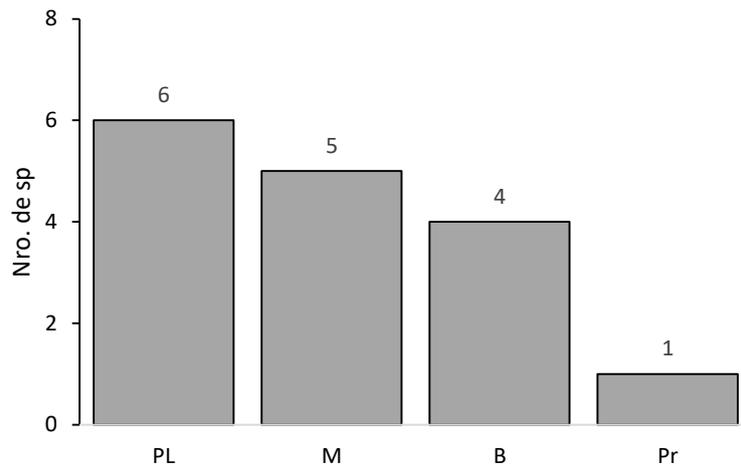


Figura 7. Número de especies presentes en cada una de las coberturas vegetales del PUEAR: Plantaciones Forestales (PL), Matorral (M), Bosque (B) y Páramo Antrópico (Pr).

El género con mayor cantidad de especies fue *Uroxys*, siendo el único género que presentó cuatro especies, mientras que los otros cinco géneros (*Cryptocanthon*, *Deltochilum*, *Dichotomius*, *Onoreidium*, *Onthophagus*) presentaron una sola especie cada uno (Figura 8).

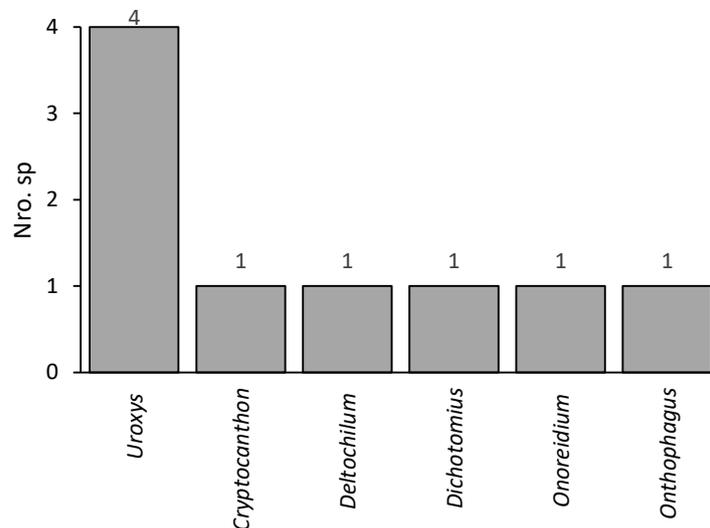


Figura 8. Número de especies por géneros de Scarabaeinae registrados en el PUEAR.

La abundancia en el bosque fue de 177 individuos de la subfamilia Scarabaeinae, mientras que en las plantaciones forestales se registraron 155 individuos, en el matorral 56

individuos mientras que, en el páramo antrópico solo se recolectaron 2 individuos en toda la cobertura vegetal (Figura 9).

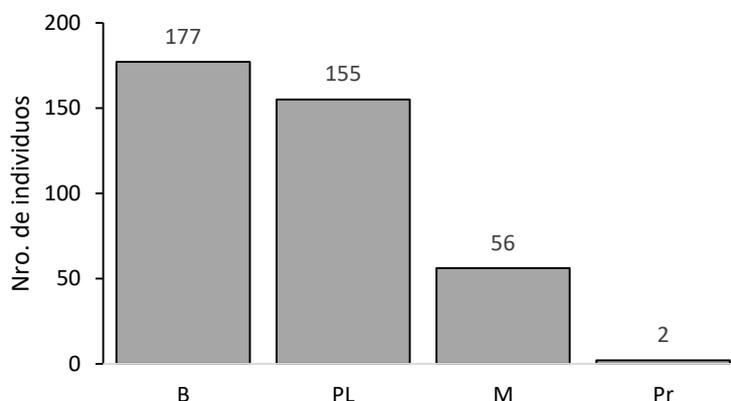


Figura 9. Número de individuos en cada cobertura vegetal: PL (plantaciones forestales), B (bosque), M (matorral) y Pr (páramo antrópico).

Al analizar la abundancia por géneros se observó que la mayor cantidad de individuos está dentro de *Uroxys* con un total de 320 especímenes, en comparación a *Dichotomius* con un solo espécimen registrado en el estudio (Figura 10).

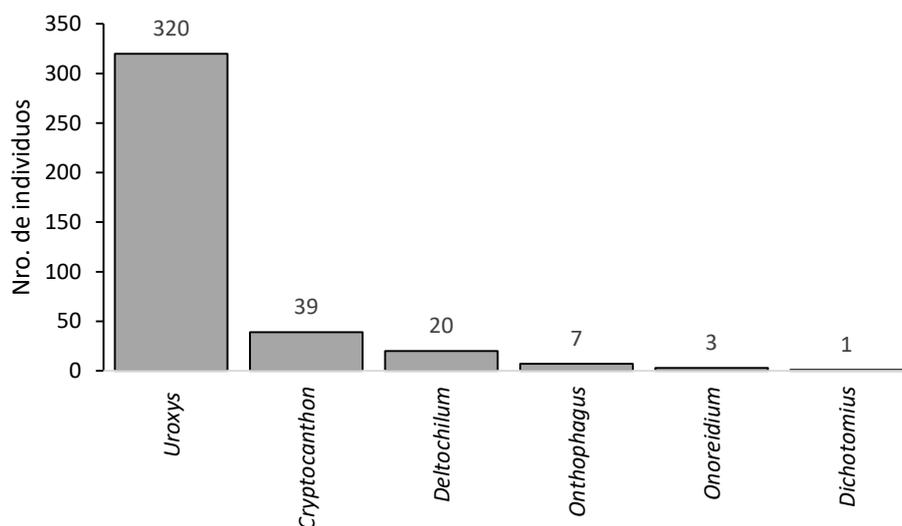


Figura 10. Número de individuos en cada género de Scarabaeinae del PUEAR.

Las especies con mayor cantidad de individuos dentro del PUEAR fueron *Uroxys frankenbergeri* (261 individuos), *Uroxys lojanus* (46 individuos) y *Cryptocanthon paradoxus* (39 individuos). Mientras que especies como *Dichotomius cotopaxi* y *Uroxys sp.2* contaron con un solo individuo (Figura 11).

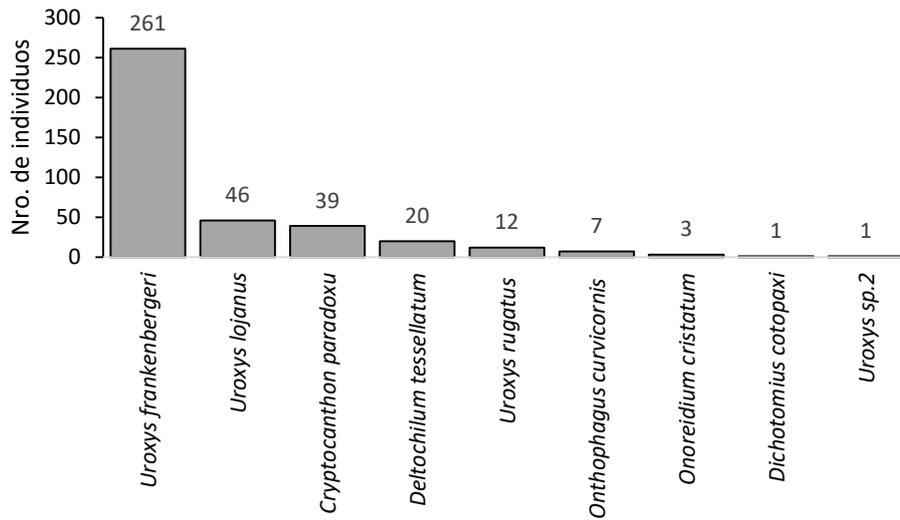
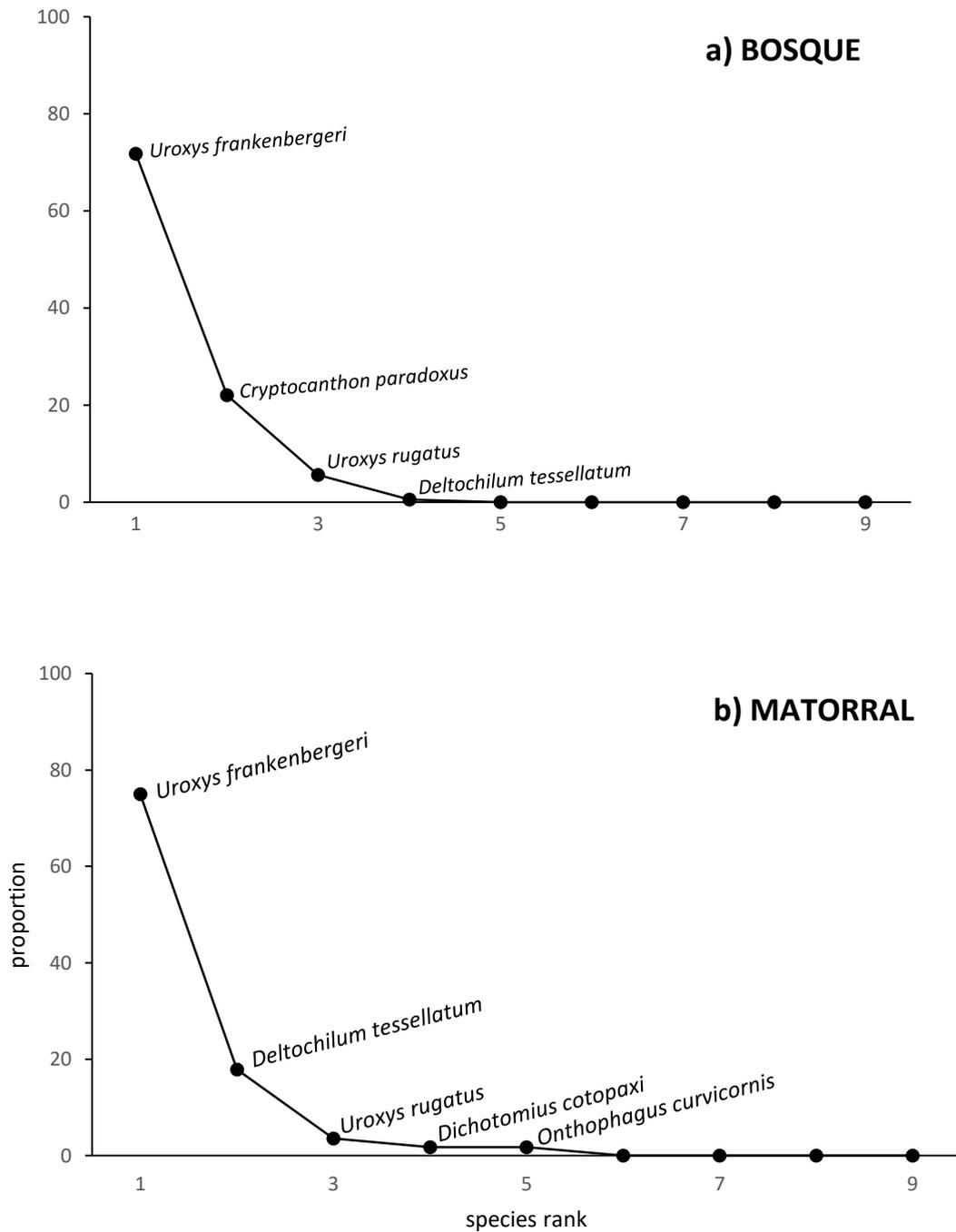


Figura 11. Número de individuos en cada especie de la subfamilia Scarabaeinae registrados en el PUEAR.

Las curvas de rango-abundancia mostraron que no hay diferencias entre las especies dominantes registradas en bosque, matorral y plantaciones forestales; donde *Uroxys frankenbergeri* presentó una proporción de 71,8%, 75% y 59,4% en bosque, matorral y plantaciones forestales respectivamente (Figura 12a–c). Estas tres coberturas muestran una pendiente fuertemente acentuada lo que significa una baja equitatividad de las especies. Por otro lado, en la cobertura vegetal del bosque, la especie con menor proporción fue *Deltochilum tessellatum* (0,6%) (Figura 12a). La cobertura matorral presentó una menor proporción de especies *Onthophagus curvicornis* y *Dichotomius cotopaxi* con el 1,8% en ambas especies (Figura 12b). En la cobertura de plantaciones forestales la especie de menor proporción fue

Uroxys sp.2 (0,6%) (Figura 12c). Finalmente, en la cobertura vegetal del páramo antrópico se encontró una sola especie (*Deltochilum tessellatum*) (Figura 12d).



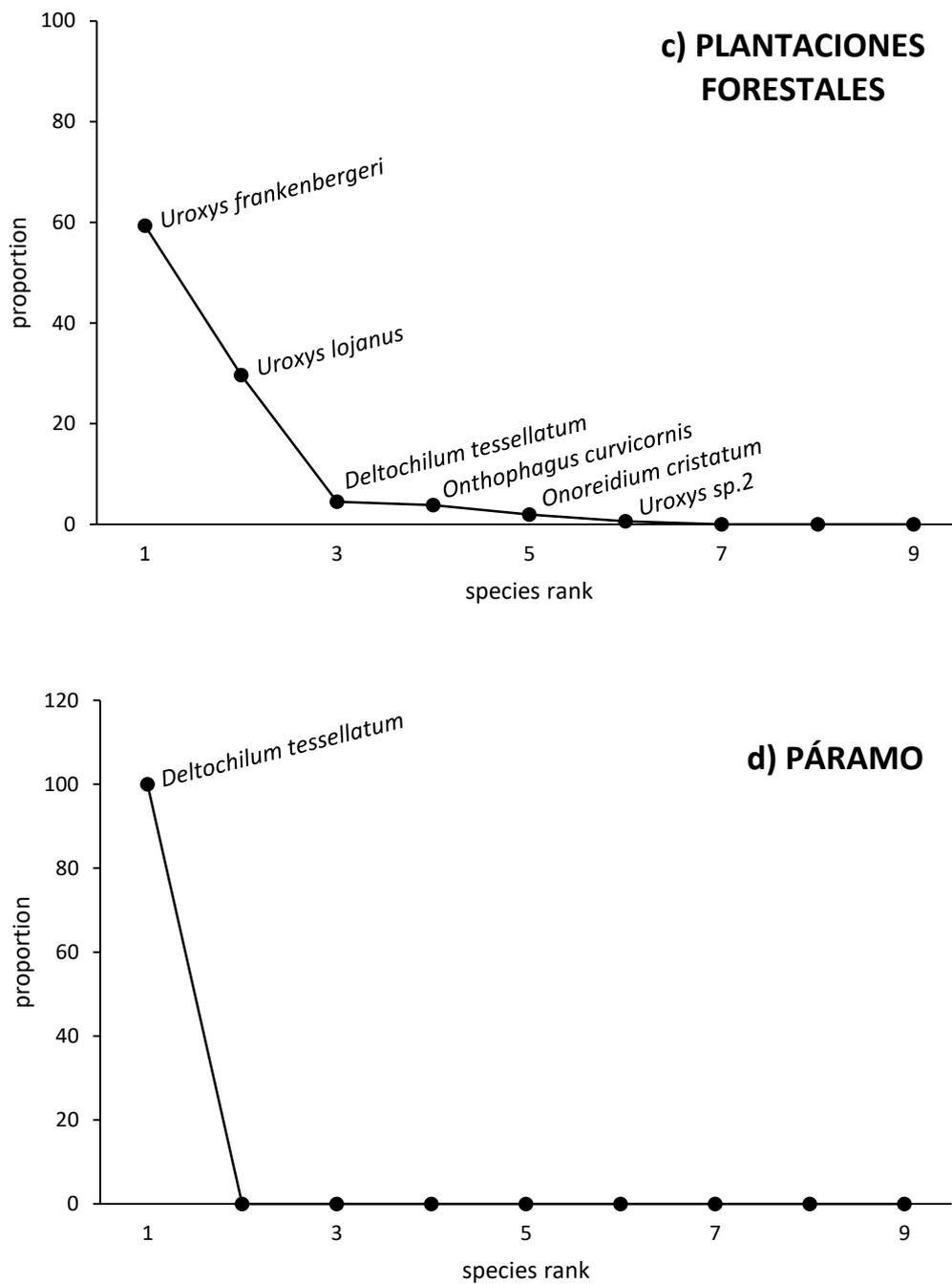


Figura 12. Curva de rango abundancia de las coberturas vegetales: a) Bosque, b) Matorral, c) Plantaciones Forestales y d) Páramo Antrópico. El eje X corresponde al rango de especies y el eje Y representa las proporciones de cada una de las especies presentes en la cobertura vegetal.

Durante la identificación de las especies de la subfamilia Scarabaeinae se identificaron tres especies cuyo registro en la ciudad de Loja data de hace aproximadamente un siglo. Las

especies encontradas fueron *Cryptocanthon paradoxus* registrado en el Villonaco en el año 1942, *Uroxys lojanus* registrado en el Pucará en el año 1933 (Figura 13) y un único espécimen hembra de *Uroxys frankenbergeri* registrado en Cajanuma en el año 1940.



Figura 13. Ejemplar de *Uroxys lojanus* Arrow, 1933, capturado en el PUEAR.

Por otro lado, los parámetros de temperatura y humedad promedio en el bosque fueron de 23,3°C y 72,7% respectivamente, en plantaciones forestales 26,5°C y 62,2%, en matorral 27,3°C y 59% y en el páramo antrópico una temperatura promedio de 29,2°C y un porcentaje de humedad promedio de 53,3% (Anexo 3). Cabe resaltar que en la cobertura páramo se registró una temperatura máxima de 47 °C el día 22 de noviembre de 2019, siendo una de las mayores temperaturas registradas en el estudio.

4.3. COMPARACIÓN DE LA RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE ESCARABAJOS COPRO-NECRÓFAGOS DE LAS CUATRO COBERTURAS VEGETALES DEL PUEAR.

El análisis de clúster mediante la matriz de Bray-Curtis mostró dos subgrupos, en el primer subgrupo se muestra una similitud fuerte entre las plantaciones forestales, bosque natural

y matorral, mientras que el segundo subgrupo del páramo antrópico presentó la menor similitud en comparación con las otras tres coberturas del estudio (Figura 15) (Anexo 4).

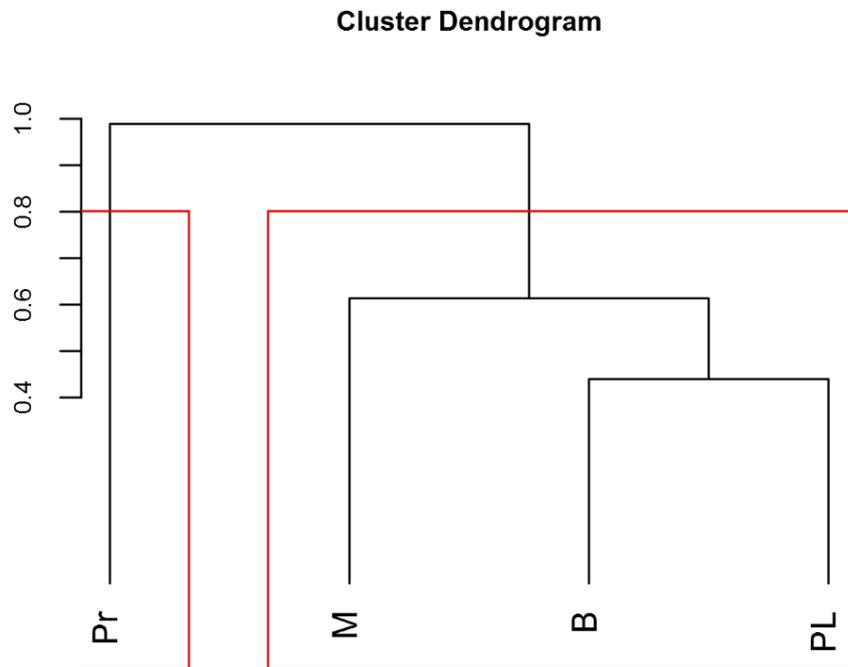


Figura 14. Dendrograma del análisis de similitud de Bray-Curtis, para la comparación de la semejanza entre las coberturas vegetales del PUEAR: Pr (páramo antrópico), M (matorral), B (bosque) y PL (plantaciones forestales).

El nMDS, indicó que las comunidades de escarabajos copro-necrófagos de las coberturas bosque natural y las plantaciones forestales muestran una superposición de comunidades siendo las dos coberturas las que más semejanza en composición y estructura comunitaria presentan. También, existió una aproximación del matorral a las dos coberturas antes mencionadas presentándose una semejanza entre estas tres coberturas vegetales. Por otro lado, la cobertura del páramo antrópico mostró menor similitud, puesto que fue la que más lejos se encontró en relación a las otras coberturas vegetales (Figura 16).

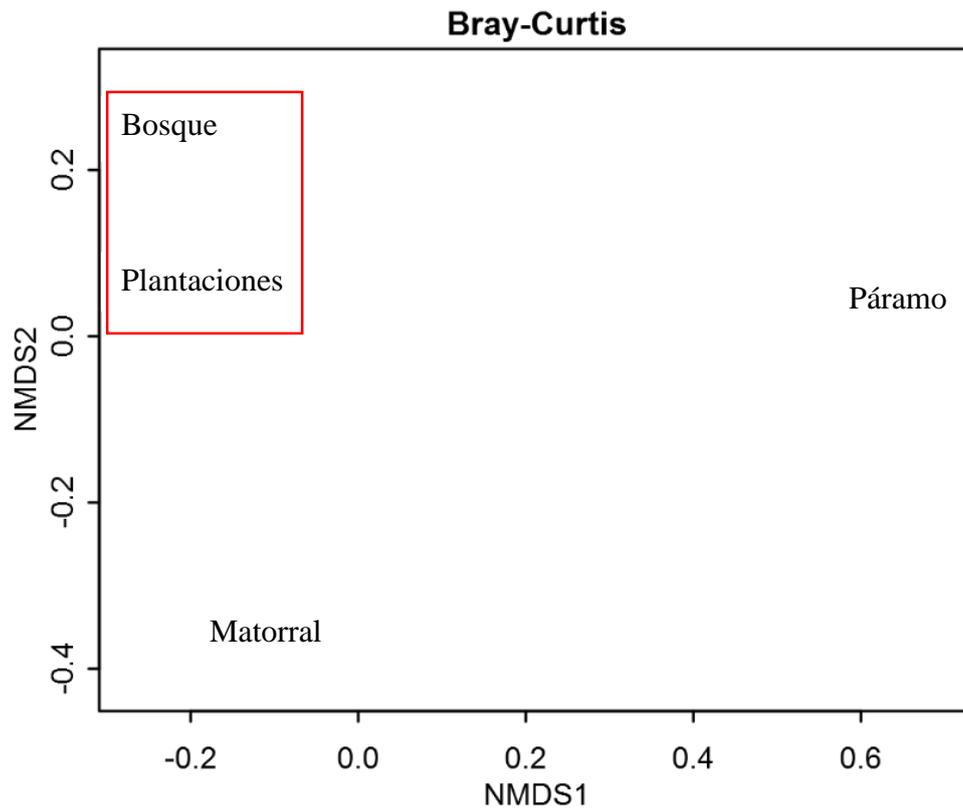


Figura 15. Representación 2D del escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), con el uso del índice de Bray-Curtis, para la comparación de riqueza y abundancia de escarabajos copro-necrófagos entre las coberturas vegetales del PUEAR: Bosque, Plantaciones forestales, Matorral y Páramo antrópico.

El análisis de similitud (ANOSIM) mostró que hay diferencias significativas entre las comunidades de Scarabaeinae en todas las coberturas vegetales (estadístico $R= 0.2298$, $p=0.005$). Se descubrió un bajo nivel de similitud entre el bosque, matorral, plantación forestal y páramo antrópico del PUEAR (Anexo 4).

5. DISCUSIÓN

Se registraron especies de escarabeínos como *Cryptocanthon paradoxus* que solo estuvieron presentes en el bosque, el estado de conservación de la parte intangible del PUEAR pudo haber influido en que esta especie se mantenga en este bosque periurbano sometido a presiones antrópicas ya que necesitan de ambientes húmedos con abundante hojarasca para desarrollarse (Martínez-Revelo et al., 2020): *Dichotomius cotopaxi* estuvo presente solo en matorral, ya que esta especie se distribuye en las zonas altas de los Andes en las provincias de Chimborazo, Tungurahua y Loja entre los 2800-3100 m de altitud (Arias-Buriticá & Vaz-de-Mello, 2013), *Dichotomius cotopaxi* podría ser una especie no concurrente que de forma estocástica se presentó en el lugar de muestreo posiblemente por corrientes de aire, agua o condiciones orográficas (Halfpter & Moreno, 2005; Rangel-Acosta et al., 2012) ya que algunos de ellos poseen distribuciones sumamente restringidas (Da Silva et al., 2018): *Uroxys sp.2* se presentó solo en las plantaciones forestales debido a que las especies de este género están fuertemente asociadas a excrementos de mamíferos (Bustos & Lopera Toro, 2003; Rangel-Acosta et al., 2012) concordando con la presencia de un considerable número de ganado vacuno en el sector de las plantaciones lo que conlleva a más presencia de individuos del género *Uroxys* en este fragmento de cobertura vegetal. En contraste con las especies limitadas a un solo tipo de vegetación, encontramos a *Deltochilum tessellatum* el cual se registró en las cuatro coberturas de estudio ya que presentan una amplia distribución, los individuos se encuentran desde los 700-2250 m de altitud (Molano et al., 2009); no son afectados por la luz solar extrema de zonas secas ya que al parecer la mayoría de especies del género *Deltochilum* son de hábitos nocturnos (Ibarra-Polesel et al., 2015; Ramírez, 2018; Villamarín-Cortez et al., 2011). Sería necesario determinar aspectos importantes de historia natural, para comprobar si estas

condiciones de los géneros dadas a nivel de paisaje se mantienen en el PUEAR y establecer la razón de la presencia de estas especies en un determinado hábitat.

Ocho de las nueve especies registradas fueron capturadas con los dos tipos de cebo utilizado, corroborando lo esperado, ya que en el Neotrópico existen una gran cantidad de especies generalistas que al no contar con cierto recurso alimenticio logran consumir otra fuente de alimento para poder sobrevivir (Ibarra-Polesel et al., 2015; Sulca & Huamantínco, 2016). Sin embargo, el único individuo de *Dichotomius cotopaxi* se capturó en una necrotrampa. No se conoce si esta especie es de hábitos especialistas, por lo cual es necesario validar si esta especie es exclusivamente necrófaga.

Las trampas pitfall cebadas con excremento humano fueron las más eficientes, aquí se capturó la mayor cantidad de individuos, por lo que sería necesario evaluar la preferencia de cebo que tienen las especies de Scarabaeinae en el PUEAR, para poder determinar qué tipos de cebos son los que recolectan la mayor cantidad de riqueza y abundancia. Algunos autores indican que estos insectos detectan altas proporciones de compuestos en las heces humanas como el nitrógeno, fósforo y ciertas bacterias que ayudan a la alimentación, maduración y metabolismo de los escarabeíños logrando que se prefiera en gran porcentaje este tipo de recurso (Rangel-Acosta et al., 2012). Puede existir una competencia entre tipos de cebos, el aumento de la fermentación en el cebo de heces provocaría una pérdida de nutrientes haciendo que los escarabajos pierdan el interés por este tipo de cebo y busquen otras proteínas para alimentarse como la carne en descomposición (Bustos & Lopera Toro, 2003).

La riqueza y abundancia observada, pudo estar influenciada posiblemente por el corto período de muestreo (tres meses) y la estación del año (verano) en el que se realizó el estudio ya que los escarabajos copro-necrófagos presentan mayor riqueza en el invierno donde existen elevadas precipitaciones y temperaturas bajas (Rangel-Acosta et al., 2016). Un estudio de

coleópteros coprófagos realizado en la Reserva Natural Luriza, Colombia indica que para poder lograr obtener la totalidad de las especies estimadas es necesario tomar en cuenta la variación de los escarabeínos en las épocas del año y además las circunstancias del muestreo, específicamente en los tipos de cebos ya que algunos excrementos pueden presentar una variabilidad en la duración de la volatilidad del olor, agravándose con las condiciones climáticas que podrían reducir la humedad del cebo impidiendo la emanación volátil de olores, volviéndolo poco atractivo para los escarabeínos e influyendo en el número de individuos colectados (Rangel-Acosta et al., 2012).

Los resultados indican que la riqueza y abundancia de escarabeínos es particular para cada una de las coberturas vegetales analizadas. Para las comunidades de escarabeínos los cambios en la estructura de los fragmentos de bosque y sus características ambientales, influyen en la presencia o ausencia de las especies. Otros estudios han determinado que cada hábitat tiene una comunidad particular de escarabajos, siendo la estructura y composición del hábitat especialmente el tipo de vegetación las variables que influyen en el recambio de especies entre hábitats (Cancino-López et al., 2014). Apoyando estos resultados Halffter y Arellano (2002) indican que la disponibilidad del alimento no es el factor más relevante en la riqueza y abundancia de escarabeínos, sino el grado de transformación del hábitat original, por lo que es posible encontrar diferencias en la riqueza y abundancia de escarabeínos en cada fragmento de un área antropogénica que cuenta con condiciones características (Delgado-Gómez et al., 2012).

El género *Uroxys* es el que presenta mayor riqueza y abundancia dentro del área de estudio. Las especies de este género han logrado acondicionarse a las regiones alto andinas del Ecuador, llegando incluso a adentrarse en zonas de páramo, alcanzando una gran especiación en toda la Cordillera de los Andes (Escobar, 2000; Espinoza & Noriega, 2018). Al igual que la

dominancia de *Uroxys frankenbergeri* en matorral, bosque natural y plantaciones forestales, producto de la adaptación de la especie a gran variedad de fuentes nutricionales o incluso ganar el alimento a otras especies de escarabeínos por competencia (Correa et al., 2019), se deduce que se podría tratar de características propias del género *Uroxys*, como lo observado en la Reserva de la Biosfera Selva el Ocote en Chiapas, México en el que especies del género *Uroxys* se mantuvieron persistentes y dominantes en todos sus hábitats (Sánchez Hernández et al., 2018). Por otro lado, la riqueza de especies fue mayor en las plantaciones forestales, ya que cuenta con disponibilidad de recurso alimenticio de los mamíferos silvestres que visitan estas áreas y específicamente la proveniente del ganado vacuno que se encuentra pastando dentro de la zona y deposita abundante excremento del que pueden alimentarse los escarabeínos y desarrollar sus funciones biológicas, especialmente los generalistas.

Se encontró una mayor abundancia de individuos de Scarabaeinae en bosque natural donde está presente una mayor cifra de ganado, mamíferos silvestres (oso de anteojos, entre otros), aves y reptiles, lo cual podrían estar aportando más cantidad de recurso alimenticio (excremento) para los escarabajos en esta área ya que las comunidades de escarabajos copro-necrófagos son sensibles a la abundancia del recurso alimenticio, el tipo de excremento y los cambios en la disponibilidad de estos (Rangel-Acosta et al., 2012), lo que confirma porque se encontró una mayor abundancia en este tipo de cobertura vegetal. Además los escarabajos copro-necrófagos logran colonizar heces de mamíferos y otros recursos como materia vegetal en descomposición, hongos, frutas y carroña (Bustos & Lopera Toro, 2003; Ibarra-Polesel et al., 2015; Sánchez Hernández et al., 2018), lo que indicaría una mayor cantidad y variedad de recurso que podría significar una mejor dinámica en el bosque, esto ya que mientras los bosques aportan con un alto porcentaje de recursos alimentarios, los escarabeínos contribuyen con la dispersión de las semillas aumentando la regeneración vegetal de esta importante área boscosa

(Rangel-Acosta et al., 2012). Otras condiciones en el bosque como suelo rico en materia orgánica, descomponedores y organismos edáficos que proveen aireación y porosidad al suelo, podrían estar influyendo en la riqueza y abundancia de los escarabeínos, una buena calidad del suelo es necesaria para la construcción de galerías, con buen drenaje y acumulación de materia orgánica de la cual también dependen para sus procesos metabólicos, aumentando así el número de crías y organismos en el sitio (Rangel-Acosta et al., 2012).

En el caso del páramo antrópico, donde se registraron sólo 2 individuos de Scarabaeinae de una misma especie (*Deltochilum tessellatum*), fue la cobertura vegetal con la menor riqueza y abundancia de especies, posiblemente por las temperaturas elevadas en comparación con las otras coberturas vegetales (máxima de 47°C), la baja humedad (mínima de 16%) (Anexo 3), un terreno con suelos compactados y pobres en materia orgánica, además es una zona fuertemente intervenida y afectada por incendios a lo largo de los años (Sarango-Cobos et al., 2019), que no brinda los recursos necesarios para los escarabeínos. Tampoco se pudo observar la presencia de excretas de vertebrados en estas zonas, lo que puede estar relacionado con la baja riqueza y abundancia de escarabeínos observada. Es necesario realizar más muestreos en otros meses del año para verificar que solo hay presencia de una especie de la subfamilia Scarabaeinae en este tipo de vegetación.

Las coberturas vegetales del PUEAR se diferencian en el tipo de vegetación y altura del dosel. El bosque tiene una dominancia de nogal, aliso, arbustos, hierbas y epifitas; las plantaciones forestales presentan en su área un gran porcentaje de eucalipto, pino, pastizales y especies frutales; en el matorral se encuentran estratos arbustivos y herbáceos; mientras que el páramo cuenta con una formación herbácea perenne (Aguirre et al., 2014). Esta diferencia en estructura, influye en los resultados de riqueza y abundancia obtenidos, ya que las coberturas vegetales con mejor estructura boscosa presentan una diversa comunidad de escarabeínos

(Harvey et al., 2003). En el caso del páramo antrópico en el que la baja densidad de vegetación no aporta las condiciones y recursos necesarios para los escarabeíños, la subfamilia Scarabaeinae está reducida a una sola especie. El bosque natural, plantaciones forestales y matorral presentan cierta homogeneidad, esta similitud permite el flujo de especies entre los hábitats y una composición comparable de escarabeíños (Palacio et al., 2012; Sánchez Hernández et al., 2018; Villamarín-Cortez, 2010).

Otro punto importante para la abundancia y riqueza de escarabajos copro-necrófagos es el estado de conservación de las zonas, aquellas que se encuentran en buenas condiciones permiten el desarrollo y la movilización de los individuos, a diferencia de las que ya han sido degradadas en gran porcentaje (Palacio et al., 2012). Los escarabajos copro-necrófagos tienen preferencia por zonas con una cobertura vegetal alta, ya que su alimento se mantiene fresco por más tiempo (Villamarín-Cortez, 2010), generalmente los escarabeíños se trasladan de zonas abiertas con grandes perturbaciones y condiciones extremas a bosques con un gran dosel y riqueza (Delgado-Gómez et al., 2012). Por ello el presente estudio aporta información en zonas establecidas como áreas de conservación de especies que se encuentran en peligro de que sus poblaciones decrezcan y que no cuentan con datos suficientes para poder determinar la situación actual y proyecciones expectantes de los valores de riqueza y abundancia que tendrían en el futuro los escarabajos copro-necrófagos de la subfamilia Scarabaeinae. El presente estudio aporta información relevante dado los pocos estudios en páramos, en bosques altoandinos, en plantaciones agroforestales y en sistemas agrícolas específicos del Neotrópico (Noriega et al., 2015).

A esto se suma el bajo desarrollo de las claves entomológicas para identificar a nivel de especie a los escarabajos copro-necrófagos del Ecuador. Actualmente no se tiene un registro total del número de especies presentes en el país por los escasos estudios en este campo,

presentando algunos de ellos valores sobreestimados, especies dudosas o registros erróneos de especies (Chamorro et al., 2018). En la región Neotropical incluso algunos géneros como *Uroxys*, *Dichotomius* y *Onthophagus* presentan un gran número de especies sin identificar, con pocas revisiones actualizadas y especies importantes aún no descritas (Escobar, 2000; Sulca & Huamantínco, 2016). Este estudio marca taxonómicamente un hecho histórico, al volver a registrar a individuos de la especie *Uroxys lojanus* luego de 115 años. Esta especie fue colectada por primera y única vez en Cajanuma (Loja) en 1905 por Friedrich Ohaus, un prominente entomólogo alemán; posteriormente este espécimen fue descrito por Balthasar en 1940 como *Uroxys lojanus*, en base a esa hembra que ha sido el único registro desde esa fecha (Chamorro et al., 2018). Además, a nivel taxonómico se está trabajando en la redescrición de la hembra de *Uroxys frankenbergeri* y en la primera descripción del macho de esta especie que también fue registrado en el PUEAR, e incluirá nuevos datos de distribución ya que esta especie había sido reportada únicamente en el Villonaco.

Los datos obtenidos en esta investigación permitieron crear nueva información sobre las especies de la subfamilia Scarabaeinae en el PUEAR y además se reportan especies que luego de varios años se lograron encontrar nuevamente. Con este trabajo también se observó que quedan especies por registrar, por lo que es importante continuar con las investigaciones de los escarabajos de la subfamilia Scarabaeinae en el PUEAR. Se demostró que las especies en la actualidad se ven afectadas por las presiones humanas que han causado una reducción no solo de especies de escarabajos copro-necrófagos, sino también de otras familias de coleópteros, por lo que urge una pronta respuesta para proteger nuestros recursos genéticos presentes en la ciudad de Loja y otros sectores afectados por las presiones antrópicas.

6. CONCLUSIONES

- Se logró identificar 9 especies de escarabeíños, siendo la especie más abundante *Uroxys frankenbergeri*, es probable que esta especie haya logrado colonizar los excrementos de mamíferos tanto silvestres como domésticos, lo que tendría un efecto en la ampliación de su distribución, se sugieren más estudios para probar esta hipótesis.
- Las áreas mejor conservadas del PUEAR presentan mayor abundancia y riqueza de escarabajos de la subfamilia Scarabaeinae, ya que cuentan con alto porcentaje de humedad, temperaturas óptimas, hojarasca y suelos no compactados, que aportan las condiciones indispensables para que los escarabeíños puedan desarrollarse y reproducirse manteniendo sus comunidades intactas o poco reducidas.
- El bosque natural, matorral y plantaciones forestales tienen una semejante comunidad de escarabeíños, ya que presentan una composición análoga en su vegetación, sus condiciones medioambientales son afines y sus territorios tienen un buen grado de conservación, lo que ha permitido el progreso y flujo de individuos entre estos hábitats. Lamentablemente el páramo antrópico se diferencia de las otras coberturas vegetales por los incendios, residuos inorgánicos, falta de excretas de mamíferos y otros impactos que han reducido sus recursos, produciendo una disminución en sus comunidades, evidenciándose en la obtención de una sola especie en el sitio de estudio.

7. RECOMENDACIONES

- Continuar con la evaluación de riqueza y abundancia de especies de escarabajos copro-necrófagos de la subfamilia Scarabaeinae en épocas del año con mayor precipitación, humedad y temperatura óptima, y evaluar la influencia de estas variables en la diversidad de escarabeíños.
- Probar otras metodologías para la colecta de escarabeíños como: trampas de intercepción de vuelo, recolecta con luces fluorescentes, recolecta con químicos, muestra de hojarasca, recolecta directa y trampas pitfall cebadas con otro tipo de carnada como excremento de ganado vacuno o porcino, carne de pescado o calamar en descomposición, frutas fermentadas, etc., para maximizar el muestreo de este grupo de escarabajos ya que es una zona interesante. En tres eventos de muestreo se lograron capturar individuos de especies que no habían sido registradas por más de un siglo a pesar que han sido buscadas por investigadores (Chamorro, com. pers. 2020).
- Determinar el rango de hogar de los escarabeíños a lo largo del Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreacional Ing. Francisco Vivar Castro, mostrando la influencia que tienen las pendientes del sector, la gradiente altitudinal y las propiedades físicas y químicas del suelo.
- Mejorar las medidas de conservación dentro del PUEAR mediante la actualización de planes de manejo ambiental, ya que zonas en excelentes estados de preservación logran mantener un flujo constante de especies, brindado los recursos indispensables a individuos de la subfamilia Scarabaeinae para poder subsistir y completar su ciclo de vida, protegiendo a las especies de una posible disminución en sus poblaciones o que puedan llegar a la extinción.

- Evaluar la posibilidad de realizar estudios de indicadores ambientales centrándose en los escarabajos copro-necrófagos ya que muestran una gran sensibilidad a los cambios ambientales logrando medir el estado del ecosistema de un localidad o región biogeográfica.

8. REFERENCIAS

- Aguirre, Z., Celso, M., & Puglla, Y. (2014). Parque Universitario De Educación Ambiental y Recreacional Francisco Vivar Castro.
<https://zhofreaguirre.files.wordpress.com/2012/03/parque-universitario-francisco-vivar-c-unl.pdf>
- Aguirre, Z., Gaona, T., & Yaguna, C. (2016). Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación Ing. Francisco Vivar Castro. Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.
- Alburqueque, D. S., Vaz de Mello, F., Cherre, A., & Timaná, C. (2015). Coleópteros (Coleoptera:Scarabaeidae) de los Bosque de Niebla, Ramos y Chin Chin, Ayabaca-Huancabamba, Piura-Perú. INDES, 3(1), 108–116.
<https://doi.org/10.25127/indes.201501.009>
- Amore, V., Da Silva, P. G., Hensen, M. C., Hernández, M. I., & Lobo, J. M. (2018). Variation in dung removal by dung beetles in subtropical Atlantic Rainforests. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 16(10), 854–862. <https://doi.org/10.1111/eea.12724>
- Arias-Buriticá, J., & Vaz-de-Mello, F. Z. (2013). *Dichotomius ribeiroi* (Pereira, 1954) (Coleoptera:Scarabaeidae:Scarabaeinae): redescipción y anotaciones taxonómicas de la especie. *Caldasia*, 35(1), 209–217.
- Arnett, R., Thomas, M., Skelley, P., & Howard, F. (2002). American Beetles. In *American Beetles* (Vol. 2).
<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:American+Beetles#>

- Arrow, G. J. (1931). The coleopterous genus *Trichillum* (Copridae), with a key to the species. *The Annals and Magazine of Natural History*, 10(8), 609–611.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00222933108673452>
- Arrow, G. J. (1933). The genus *Uroxys*, with description of some new species. *The Annals and Magazine of Natural History*, 11(10), 385–399.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00222933308673669>
- Balthasar, V. (1940). Neue *Uroxys*-arten. *Entomologische Blätter*, 36, 33–39.
- Balthasar, V. (1942). Noví Jihoameričtí Scarabaeidi nové Scarabaeiden aus Süd-Amerika. *Casopis. Č. Spol, Entomologické*, 39, 36–42.
- Beiroz, W., Barlow, J., Slade, E. M., Borges, C., Louzada, J., & Sayer, E. J. (2019). Biodiversity in tropical plantations is influenced by surrounding native vegetation but not yield: A case study with dung beetles in Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 444, 107–114. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.04.036>
- Beiroz, W., Sayer, E., Slade, E. M., Audino, L., Braga, R. F., Louzada, J., & Barlow, J. (2018). Spatial and temporal shifts in functional and taxonomic diversity of dung beetles in a human-modified tropical forest landscape. *Ecological Indicators*, 95, 518–526. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.07.062>
- Beutel, R., & Leschen, R. (2016). *Coleoptera, Beetles. Morphology and Systematics* (W. de G. G. & C. KG (ed.); 2nd, ilustra ed.).
- Boucomont, A. (1928). Coprophages d’Amerique du Sud nouveaux ou peu connus. *Societe Entomologique de France*, 12, 186–194.
- Bussmann, R. W. (2005). Bosques andinos del sur de Ecuador, clasificación, regeneración y uso. *Revista Peruana de Biología*, 12(2), 203–216.

- Bustos, F. L., & Lopera Toro, A. (2003). Preferencia por cebo de los escarabajos coprofagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de un remanente de bosque seco tropical al norte del Tolima (Colombia). *Sociedad Entomológica Aragonesa*, 3, 59–65.
- Cancino-López, R., Chamé-Vazquez, E., & Gómez y Gómez, B. (2014). Escarabajos Necrófilos (Coleoptera: Scarabaeinae) en Tres Hábitats del Volcán Tacaná, Chiapas, México. *Dugesiana*, 21(2), 135–142.
http://dugesiana.cucba.udg.mx/dugesiana_dic2014/135.pdf
- Carpio, C., Donoso, D. A., Ramón, G., & Dangles, O. (2009). Short Term Response of Dung Beetle Communities to Disturbance by Road Construction in the Ecuadorian Amazon. *Annales de La Societe Entomologique de France*, 45(4), 455–469.
<https://doi.org/10.1080/00379271.2009.10697629>
- Chamorro, W., Marín-Armijos, D., Granda, V., & Vaz-De-Mello, F. Z. (2018). Listado de especies y clave de géneros y subgéneros de escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) presentes y presuntos para Ecuador. *Revista Colombiana de Entomología*, 44(1), 72–100. <https://doi.org/10.25100/socolen.v44i1.6545>
- Chase, J. M., & Leibold, M. A. (2003). Ecological niches: linking classical and contemporary approaches. (U. of C. Press (ed.); ilustrada).
- Correa, C. M. A., Braga, R. F., Puker, A., Abot, A. R., & Korasaki, V. (2018). Optimising Methods for Dung Beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) Sampling in Brazilian Pastures. *Environmental Entomology*, 47(1), 48–54. <https://doi.org/10.1093/ee/nvx191>
- Correa, C. M. A., Braga, R. F., Puker, A., & Korasaki, V. (2019). Patterns of Taxonomic and Functional diversity of dung beetles in a human-modified variegated landscape in Brazilian Cerrado. *Journal of Insect Conservation*, 23(1), 89–99.
<https://doi.org/10.1007/s10841-018-00118-6>

- Da Silva, P. G., Lobo, J. M., Hensen, M. C., Vaz-de-Mello, F. Z., & Hernández, M. I. M. (2018). Turnover and nestedness in subtropical dung beetle assemblages along an elevational gradient. *Diversity and Distributions*, 24(9), 1277–1290.
<https://doi.org/10.1111/ddi.12763>
- Davis, A. L. V., & Philips, T. K. (2005). Effect of deforestation on a southwest Ghana dung beetle assemblage (Coleoptera: Scarabaeidae) at the periphery of Ankasa Conservation Area. *Environmental Entomology*, 34(5), 1081–1088.
<https://doi.org/10.1093/ee/34.5.1081>
- Davis, A. L. V., Scholtz, C. H., Dooley, P. W., Bham, N., & Kryger, U. (2004). Scarabaeine Dung Beetles as Indicators of Biodiversity, Habitat Transformation and Pest Control Chemicals in Agro-Ecosystems. *South African Journal of Science*, 100(9–10), 415–424.
- De la Vega, G., & Schilman, P. E. (2015). La importancia de la fisiología en la distribución geográfica de los insectos. *Revista de La Sociedad Entomológica Argentina*, 74(3–4), 101–108.
- Delgado-Gómez, P., Lopera Toro, A., & Rangel-Ch, O. (2012). Variación Espacial del Ensamblaje de Escarabajos Coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en Remanentes de Bosque Seco en Chimichagua (Cesar, Colombia). *Colombia Diversidad Biótica XII: La Región Caribe de Colombia*, 833–849.
- Escobar-Villa, F., Medina-Cultid, C., Medina-Uribe, C., Martínez-Quintero, B., Constantino-Chuaire, L. M., & Betancur-Posada, N. J. (2012). *Escarabajos coprófagos (Scarabaeinae) del eje cafetero: Guía para el estudio ecológico*. (1st ed.).

- Escobar, F. (2000). Diversidad y Distribución de los Escarabajos del Estiércol (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de Colombia. *Sociedad Entomológica Aragonesa*, 1, 197–210.
- Espinoza, V. R., & Noriega, J. A. (2018). Diversity of the dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in an altitudinal gradient in the east slope of los Andes, Napo province, Ecuador. *Neotropical Biodiversity*, 4(1), 144–150.
<https://doi.org/10.1080/23766808.2018.1512199>
- Ferrer-Paris, J., Sánchez-Mercado, & Rodríguez, J. (2013). Optimización del Muestreo de Invertebrados Tropicales: Un Ejemplo con Escarabajos Coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 61(1), 89–110.
<https://doi.org/10.15517/rbt.v61i1.10941>
- Figuerola, L., & Alvarado, M. (2011). Coleópteros coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) de la Reserva Nacional Tambopata, Madre de Dios, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 18(2), 209–212. <https://doi.org/10.15381/rpb.v18i2.230>
- França, F. M., Frazão, F. S., Korasaki, V., Louzada, J., & Barlow, J. (2017). Identifying Thresholds of Logging Intensity on Dung Beetle Communities to Improve the Sustainable Management of Amazonian Tropical Forests. *Biological Conservation*, 216, 115–122. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.10.014>
- Gasca, H. J., & Ospina, M. F. (2000). Estudio preliminar de la composición de la comunidad de escarabajos coprófagos (Coleoptera; Scarabaeidae) de un bosque altoandino en Albán (Cundinamarca, Colombia). *Acta Biológica Colombiana*, 5(2), 19–22.
- Gill, B. (1991). *Dung Beetles in Tropical American Forests* (I. Hanski & Y. Cambefort (eds.)). Princeton University Press.

- Guérin-Méneville, F.-É. (1855). Catalogue des Insectes Coléoptères, recueillis par M. Gaetano Osculati, pendant son exploration de la région équatoriale, sur les bords du Napo et de l'Amazone. Zoologisch-Botanischen Vereins.
- Halffter, G., & Arellano, L. (2002). Response of Dung Beetle Diversity to Human-induced Changes in a Tropical Landscape. *Biotropica*, 34(1), 144–154.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2002.tb00250.x>
- Halffter, G., & Moreno, C. E. (2005). Significado Biológico de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma. In *Monografías Tercer Milenio* (Vol. 4).
- Hamel-leigue, A. C., Mann, D. J., Vaz-de-Mello, F. Z., & Herzog, S. K. (2006). Hacia un Inventario de los Escarabajos Peloteros (Coleoptera: Scarabaeinae) de Bolivia: Primera Compilación de los Géneros y Especies Registrados para el País. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental*, 20, 1–18.
- Hangay, G., & Zborowski, P. (2010). *A Guide to the Beetles of Autralia* (C. Publishing (ed.)).
- Harvey, C. A., Hernández, B., Maes, J., 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. *Agroforesteria En Las Américas*, 10(39–40), 93–102.
file:///C:/Users/DELL/Downloads/Abundancia_y_diversidad_de_escarabajos_coprofos_.pdf
- Ibarra-Polesel, M. G., Damborsky, M. P., & Porcel, E. (2015). Escarabajos Copronecrófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) de la Reserva Natural Educativa Colonia Benítez, Chaco, Argentina. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86(3), 744–753.
<https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.05.011>

- Kindt, R. (2019). Package ‘BiodiversityR’ (2.11-3). <https://cran.r-project.org/web/packages/BiodiversityR/BiodiversityR.pdf>
- Kohlmann, B., Russo, R., & Granados, J. M. (2016). Escarabajos del Estiércol como Bioindicadores del Impacto Ambiental Causado por Cultivos en la Región Atlántica de Costa Rica. *Tierra Tropical*, 6(2), 181–189.
- Larsen, T. (2015). *Deltochilum tessellatum* y *Onoreidium Cristatum*. Scarabaeinae Dung Beetles. <http://scarabaeinae.myspecies.info/taxonomy/term/15929>
- Latreille, P. A. (1811). Insectes de l’Amerique équinoxiale, recueillis pendant le voyage de Mm.de Humboldt et Bonpland. Voyage de Humboldt et Bonpland, deuxieme partie. Zoologie et Anatomie Comparée Smith & Gide, 1, 127–252.
- Martínez-Revelo, D. E., Torres, E., & Neita-Moreno, J. C. (2020). El género *Cryptocanthon* (Coleoptera: Scarabaeidae) en Colombia: descripción de especies nuevas, distribución geográfica y conservación. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 91. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.3156>
- McGeoch, M. A., Van Rensburg, B. J., & Botes, A. (2002). The Verification and Application of Bioindicators: A Case Study of Dung Beetles in a Savanna Ecosystem. *Journal of Applied Ecology*, 39(4), 661–672. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2002.00743.x>
- Medina, C. (2014). Con proyecto conjunto, Humboldt evaluará riesgo de extinción de escarabajos coprófagos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <http://www.humboldt.org.co/es/actualidad/item/1152-proyecto-conjunto-humboldt-evaluara-riesgo-extincion-escarabajos-coprofagos>
- Milotić, T., Baltzinger, C., Eichberg, C., Eycott, A. E., Heurich, M., Müller, J., Noriega, J. A., Menendez, R., Stadler, J., Ádám, R., Bargmann, T., Bilger, I., Buse, J., Calatayud, J., Ciubuc, C., Boros, G., Jay-Robert, P., Kruus, M., Merivee, E., ... Hoffmann, M.

- (2019). Functionally richer communities improve ecosystem functioning: Dung removal and secondary seed dispersal by dung beetles in the Western Palaearctic. *Journal of Biogeography*, 46(1), 70–82. <https://doi.org/10.1111/jbi.13452>
- Molano, F., Medina, C. A., & González, F. A. (2009). Los subgéneros *Calhyboma*, *Hybomidium* y *Telhyboma* (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae: Deltochilum) en Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 35(2), 253–274.
- Morejón, G. (2014). *Dichotomius cotopaxi* Guerin, 1855. Coleoptera de Ecuador. Exposición Virtual de Los Coleópteros. <http://coleopteradeecuador.blogspot.com/2014/06/dichotomius-cotopaxi-guerin-1855.html>
- Muñoz Chamba, L. F. (2015). Ordenamiento Territorial del Parque Universitario PUEAR mediante SIG, Loja-Ecuador. University of Salzburg.
- Nichols, E., Larsen, T., Spector, S., Davis, A. L., Escobar, F., Favila, M., & Vulinec, K. (2007). Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: A quantitative literature review and meta-analysis. *Biological Conservation*, 137(1), 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.01.023>
- Nichols, E., Spector, S., Louzada, J., Larsen, T., Amezcua, S., & Favila, M. E. (2008). Ecological Functions and Ecosystem Services Provided by Scarabaeinae Dung Beetles. *Biological Conservation*, 141(6), 1461–1474. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.04.011>
- Noriega, J. A., Camero, E. R., Arias-Buriticá, J., Pardo-Locarno, L. C., Montes, J. M., Acevedo, A. A., Esparza, A., Ordóñez, B. M., Garcia, H., & 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/10.15517/rbt.v63i1.13323>
- Oksanen, J., Blanchet, G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P., O'Hara, P., Simpson, G., Solymos, P., Stevens, H., Szoecs, E., & Wagner, H. (2019). Package 'vegan' (2.5-6). <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/vegan.pdf>
- Onore, G. (2003). Historia de la Ecarabaeidología en el Ecuador. *Sociedad Entomológica Aragonesa*, 3(30), 9–14.
- Ortega-Echeverría, C., Navas S., G. R., & Noriega, J. A. (2019). Seasonality of the assemblage of dung beetles (coleoptera: Scarabaeinae) of the botanical garden of cartagena “Guillermo Piñeres” Bolívar-Colombia. *Caldasia*, 41(1), 124–138.
<https://doi.org/10.15446/caldasia.v41n1.72107>
- Palacio, J., Monroy-G, J. D., Valencia, E., & Noriega, J. (2012). Estructura de un Ensamblaje de Escarabajos Coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en Tres Sitios con Diferente uso del Suelo en Antioquia, Colombia. *Actualidades Biológicas*, 34(96), 43–54.
- Paulian, R. (1939). Contribution à l'étude des Canthonides américains (Coleopt. Lamellic.). *Annales de La Société Entomologique de France*, 108, 1–48.
- QGIS Development Team. (2016). QGIS (2.18.).
- R Core Team. (2019). R: a language and environment for statistical computing and graphics (1.2.5033).
- Radtke, M. G., Da Fonseca, C. R. V., & Williamson, G. B. (2007). The old and Young Amazon: Dung Beetle Biomass, Abundance, and Species Diversity. *Biotropica*, 39(6), 725–730. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2007.00324.x>
- Ramírez, J. (2018). Distribución altitudinal y tolerancia térmica de los escarabajos coprófagos en la Orinoquía colombiana. [Universidad de los Llanos].

[https://repositorio.unillanos.edu.co/bitstream/001/1476/1/Distribución Altitudinal y Tolerancia....pdf](https://repositorio.unillanos.edu.co/bitstream/001/1476/1/Distribución%20Altitudinal%20y%20Tolerancia....pdf)

Rangel-Acosta, J. L., Blanco-Rodriguez, O., Gutiérrez-Rapalino, B., & Martínez-Hernández, N. J. (2012). Coleópteros coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) asociados a excrementos de mamíferos en la Reserva Natural Luriza (RNL), Departamento del Atlántico, Colombia. *Boletín de La Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.)*, 50, 409–419.

Rangel-Acosta, J. L., Blanco-Rodriguez, O., & Martínez-Hernández, N. J. (2016).

Escarabajos Copro-necrófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en Diferentes Usos del Suelo en la Reserva Campesina la Montaña (RCM) en el Departamento del Atlántico, Colombia. *Boletín Científico Centro De Museos De Historia Natural*, 20(1), 78–97.

Ratcliffe, B., & Jameson, M. L. (2002). Key to Families and Subfamilies of Scarabaeoidea of the New World. UNL State Museum - Division of Entomology. <http://unsm-ento.unl.edu/Guide/Scarabaeoidea/Scarabaeoidea-pages/Scarabaeoidea-Key/ScarabaeoideaK.html>

Sánchez Hernández, G., Gómez, B., Delgado, L., Rodríguez-López, M. E., & Chamé-

Vázquez, E. R. (2018). Diversidad de Escarabajos Copronecrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, Chiapas, México. *Caldasia*, 40(1), 144–160. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v40n1.68602>

Santos-Heredia, C., Andresen, E., Zárate, D. A., & Escobar, F. (2018). Dung Beetles and Their Ecological Functions in Three Agroforestry Systems in the Lacandona Rainforest of Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 27(9), 2379–2394.

<https://doi.org/10.1007/s10531-018-1542-x>

- Sarango-Cobos, J., Muñoz, J., Muñoz, L., & Aguirre, Z. (2019). Impacto ecológico de un incendio forestal en la flora del páramo antrópico del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 9(2), 101–114.
- Slade, E. M., Mann, D. J., Villanueva, J. F., & Lewis, O. T. (2007). Experimental Evidence for the Effects of Dung Beetle Functional Group Richness and Composition on Ecosystem Function in a Tropical Forest. *Journal of Animal Ecology*, 76(6), 1094–1104. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2007.01296.x>
- Sulca, L., & Huamantínco, A. A. (2016). Variación estacional de la comunidad de escarabajos Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) de un bosque inundable Amazónico de Perú. *Ecología Aplicada*, 15(1), 47–55.
- Villamarín-Cortez, S. (2010). Escarabajos Estercoleros (Coleoptera: Scarabaeinae) de El Goaltal, provincia de Carchi, Ecuador: lista anotada de especies y ecología. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 2(3), 98–103. <https://doi.org/10.18272/aci.v2i3.52>
- Villamarín-Cortez, S., Carvajal, V., & Ortega, A. M. (2011). Escarabajos del Ecuador, Principales Géneros (Issue 1).
- Violle, C., Navas, M.-L., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I., & Garnier, E. (2007). Let the concept of trait be functional! *Oikos*, 116(5), 882–892. <https://doi.org/10.1111/j.2007.0030-1299.15559.x>
- Zhang, Z.-Q. (2013). Phylum Athropoda. In: Zhang, Z.-Q. (Ed.) *Animal Biodiversity: An Outline of Higher-level Classification and Survey of Taxonomic Richness* (Addenda 2013). *Zootaxa*, 3703(1), 17–26. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3703.1.6>

11. ANEXOS

Anexo 1. Ficha de campo, para el registro de variables en la colecta de individuos.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA																		
FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES																		
CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE																		
Hoja N°:				Fecha de Recolección:														
Unidad Muestreal	HORA	Cobertura Vegetal	COORDENADAS		N° de individuos		Temperatura	Humedad	Estado del Tiempo						Estado de la Trampa			OBSERVACIONES
			NORTE	ESTE	Coprotrampa	Necrotrampa			Soleado	Ventoso	Lluvioso	Lluvioso y Nublado	Llovizna	Nublado	Bueno	Malo	Regular	

Anexo 2. Hoja de identificación de especies de escarabajos copro-necrófagos de la subfamilia Scarabaeinae del PUEAR y registro de variables de estudio.

CÓDIGO LOUNAZ	CÓDIGO DE INVESTIGACIÓN	ORDEN	FAMILIA	SUBFAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	PAÍS	PROVINCIA	LOCALIDAD	N° DE TRANSECTO	N° DE TRAMPA	FECHA	HORA	COORDENADAS		TIPO DE TRAMPA	TIPO DE COBERTURA	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)
														SUR	OESTE				

Anexo 3. Tabla de temperatura y humedad registradas en el PUEAR.

TABLA DE TEMPERATURA Y HUMEDAD PUEAR					
COBERTURA VEGETAL	# DE MUESTREO	TEMPERATURA		HUMEDAD	
		MÁX. (°C)	MÍN. (°C)	MÁX. (%)	MÍN. (%)
PLANTACIONES FORESTALES	Muestreo 1	38	19	75	39
	Muestreo 2	39	22	72	28
	Muestreo 3	24	17	98	61
MATORRAL	Muestreo 1	40	19	78	26
	Muestreo 2	43	21	79	20
	Muestreo 3	24	17	95	56
PÁRAMO ANTRÓPICO	Muestreo 1	43	22	56	24
	Muestreo 2	47	21	78	16
	Muestreo 3	25	17	93	53
BOSQUE NATURAL	Muestreo 1	37	17	91	37
	Muestreo 2	35	18	76	38
	Muestreo 3	17	16	99	95

Anexo 4. Resultados del análisis de similitud (ANOSIM) en el software R.

```
Call:
anosim(x = dune.dist, grouping = codloc)

Dissimilarity: bray
ANOSIM statistic R: 0.2298
      Significance: 0.005

Permutation: free
Number of permutations: 999

Upper quantiles of permutations (null model):
      90%   95%  97.5%   99%
0.0751 0.1140 0.1440 0.1988

Dissimilarity ranks between and within classes:
      0%   25%   50%  75% 100%  N
Between 11.0 145.00 278.5 401  401 353
B       24.0  86.75 136.5 244  401  78
M       11.0 179.50 268.5 401  401  28
PL      27.5 142.25 224.5 401  401  36
PR      11.0  11.00  11.0  11   11   1
```

Anexo 5. Ejemplares de especies de Scarabaeinae capturadas en el PUEAR: a) *Uroxys lojanus* Arrow, 1933, b) *Deltochilum tessellatum* Paulian, 1939 c) *Onthophagus curvicornis* Latreille, 1811 d) *Onoreidium cristatum* Arrow, 1931 e) *Dichotomius cotopaxi* Guérin-Méneville, 1855. Figura b-d tomadas de Larsen (2015), figura c tomada de Medina (2014), figura e tomada de Morejón (2014).

