



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente

Diversidad funcional de escarabajos peloteros (Coleoptera: Scarabaeinae)
en la Estación Experimental El Padmi

Trabajo de Titulación previo a la
obtención del título de Ingeniero en
Manejo y Conservación del Medio
Ambiente

AUTOR:

Roberth Daniel Romero Vega

DIRECTOR:

Blga. Aura Paucar Cabrera Ph.D.

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 16 de junio de 2023

Blga. Aura del Carmen Paucar Cabrera, PhD

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Diversidad funcional de escarabajos peloteros (Coleoptera: Scarabaeinae) en la Estación Experimental El Palmi**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente**, de la autoría del estudiante **Roberth Daniel Romero Vega**, con **cédula de identidad Nro.1105115974**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Blga. Aura del Carmen Paucar Cabrera, PhD

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Roberth Daniel Romero Vega**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente, acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma: 

Autor: Roberth Daniel Romero Vega

C.I.: 1105115974

Fecha: 16 de junio de 2023

Correo electrónico: roberth.romero@unl.edu.ec

Teléfono: 0993834908

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **Roberth Daniel Romero Vega**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Diversidad funcional de escarabajos peloteros (Coleoptera: Scarabaeinae) en la Estación Experimental El Padmi** como requisito para optar por el título 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 la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, 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 del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja a los dieciséis días del mes de junio del dos mil veintitrés.

Firma:



Autor: Roberth Daniel Romero Vega

Cédula de identidad: 1105115974

Dirección: Barrio Yahuarcoma, Loja

Correo electrónico: roberth.romero@unl.edu.ec

Teléfono: 0993834908

DATOS COMPLEMENTARIOS

Directora del Trabajo de Titulación: Blga. Aura del Carmen Paucar Cabrera, PhD

Dedicatoria

Quiero agradecerles a mis padres Daniel Romero y Rosario Vega por su apoyo incondicional, pilares fundamentales, que sin ellos no fuera posible llegar donde estoy ahora, forjándome valores como la disciplina, constancia, perseverancia, respeto, solidaridad, ser atento, siempre mejorar, no conformarme y darlo todo de mí, en todo lo que haga.

A cada miembro de mi familia, hermanos, tíos, primos, abuelo y abuela Delia Luzuriaga que en paz descanse, formando parte del proceso, y ayudándome de una y otra manera a poder sobre llevar cada uno de los retos que se ponen en frente, estando pendiente de cada paso que doy, motivándome a seguir adelante en este camino que aún está largo por recorrer, y acompañamiento de mi mascota Brown en cada momento de la vida universitaria hasta conseguirlo.

Roberth Daniel Romero Vega

Agradecimiento

Quiero expresar mi agradecimiento a la Blga. Aura Paucar Cabrera, Ph.D., directora de tesis, y el Ing. Christian Mendoza León por el conocimiento, apoyo durante el proceso de elaboración y desarrollo de mi investigación.

Al Dr. Fernando Casanoves (Unidad de Bioestadística del CATIE) por las explicaciones brindadas en la obtención de los resultados y Ph.D. Mattia Tonelli (Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo"), por la guía para obtener los resultados de la investigación.

A cada uno de mis docentes de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, por sus enseñanzas, confianza y prestancia a lo largo de mi formación profesional.

Al Museo de Zoología de la Universidad Nacional de Loja (LOUNAZ) por el espacio y materiales brindados en beneficio de la investigación.

A la Universidad Nacional de Loja por cada uno de los espacios brindados para poder desarrollarnos como profesionales.

Finalmente, a cada uno de mis amigos y compañeros por los momentos vividos e intercambio de conocimientos.

Roberth Daniel Romero Vega

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas:.....	ix
Índice de figuras:	x
Índice de anexos:	xii
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstrac.....	3
3. Introducción	4
4. Marco Teórico	7
4.1. Diversidad funcional.....	7
4.2. Aspectos importantes de los escarabajos y obtención de la diversidad funcional en el ecosistema	7
4.2.1. Rasgos funcionales.....	8
4.2.2. Índices de Diversidad funcional	10
4.3. Subfamilia Scarabaeinae	10
4.3.1. Características de la subfamilia Scarabaeinae.....	11
4.3.2. Pérdida de beneficios de escarabajos peloteros al ecosistema	13
5. Metodología	14
5.1. Área de estudio	14
5.1.1. Diseño de la investigación.....	15
5.2. Estimación de la diversidad funcional de escarabajos peloteros en un Bosque Natural de Ladera, Bosque Natural de Ribera y Pastizal de la Estación Experimental El Padmi	18

6.	Resultados	21
6.1.	Caracterización de los rasgos funcionales cuantitativos y cualitativos en un pool representativo de escarabajos peloteros colectados en un Bosque Natural de Ladera, Bosque Natural de Ribera y Pastizal de la Estación Experimental El Padmi	21
6.2.	Estimar la diversidad funcional de escarabajos peloteros en un Bosque Natural de Ladera, Bosque Natural de Ribera y Pastizal de la Estación Experimental El Padmi	23
6.3.	Comparación de la diversidad funcional de escarabajos peloteros en un Bosque Natural de Ladera, Bosque Natural de Ribera y Pastizal de la Estación Experimental El Padmi	24
7.	Discusión	25
8.	Conclusiones	31
9.	Recomendaciones	32
10.	Bibliografía	33
11.	Anexos	48

Índice de tablas:

Tabla 1. Número de hembras seleccionadas (unidades de muestreo) clasificadas por especie y cobertura vegetal de la Estación Experimental El Padmi: Bosque Natural Ladera (B.N. Ladera), Bosque Natural de Ribera (B.N. Ribera) y Pastizal.	17
Tabla 2. Índices de diversidad funcional seleccionados en el presente estudio realizado en la Estación Experimental El Padmi: Bosque Natural Ladera (B.N. Ladera), Bosque Natural de Ribera (B.N. Ribera) y Pastizal.	19
Tabla 3. Medias de rasgos morfológicos cuantitativos y cualitativo correspondientes a las 7 especies más abundantes de la Estación Experimental El Padmi.	22
Tabla 4. Prueba no paramétrica del test de Kruskal-Wallis para cada índice de diversidad funcional entre las tres coberturas vegetales: Bosque Natural de Ladera (BN_L); Bosque Natural de Ribera (BN_R) y Pastizal (P) de la Estación Experimental El Padmi.....	25

Índice de figuras:

Figura 1. Características del escarabajo pelotero.....	11
Figura 2. Características de las alas del escarabajo pelotero.	12
Figura 3. Características de anidación de los escarabajos peloteros.....	13
Figura 4. Ubicación del área de estudio en el cantón Yanzatza. Derecha: mapa de ubicación de las tres coberturas vegetales estudiadas en la Estación Experimental El Padmi: Bosque Natural de Ribera, Bosque Natural de Ladera y Pastizal.	15
Figura 5. Número de especies (A) e individuos (B) del rasgo cualitativo de patrón de anidación en Bosque Natural de Ladera (BN_L), Bosque Natural de Ribera (BN_R), y Pastizal (P) de la Estación Experimental El Padmi.	22
Figura 6. Comparación de medias y desviación estándar de la riqueza funcional (FRic), uniformidad funcional (FEve), divergencia funcional (FDiv) y dispersión funcional (FDis) de los escarabajos peloteros, entre las tres coberturas vegetales: Bosque Natural de Ladera (BN_L); Bosque Natural de Ribera (BN_R), y Pastizal (P) en la Estación Experimental El Padmi... ..	24
Figura 7. Tamaño total (A).	48
Figura 8. Ancho del pronoto (A), y área de la cabeza (B)	49
Figura 9. Altura del pronoto (A).....	49
Figura 10. Área del pronoto (A).	49
Figura 11. Área del fémur anterior (A), y área de la tibia anterior (B).....	49
Figura 12. (A) Largo de la tibia anterior, y (B) Ancho del diente mayor de la Tibia Anterior..	50
Figura 13. Área del fémur posterior (A), y área de la tibia posterior (B).....	50
Figura 14. Largo de la tibia posterior (A).	50
Figura 15. Longitud del élitro (A), ancho máximo del Élitro junto al tórax (B), y distancia desde la parte anterior del Élitro a la anchura máxima (C).....	51
Figura 16. Longitud de la placa mesometaesternal (A), y área de la placa mesometaesternal (B)	52

Figura 17. Longitud del abdomen (A).	52
Figura 18. Altura del perfil (c).	54
Figura 19. Relación Tamaño total-anchura máxima (A).	54

Índice de anexos:

Anexo 1. Rasgos morfológicos cuantitativos y cualitativo del escarabajo pelotero que se seleccionaron en el presente estudio.	48
Anexo 2. Frecuencias relativas de las especies de la Estación Experimental El Padmi.	55
Anexo 3. Montaje de los escarabajos peloteros de la Estación Experimental El Padmi.	56
Anexo 4. Muestra de las 7 especies de hembras por cobertura: Bosque Natural de Ladera, Bosque Natural de Ribera y Pastizal de escarabajos peloteros de la Estación Experimental El Padmi.	56
Anexo 5. Codificación y organización de fotos por especie y cobertura previo a la medición de rasgos morfológicos en ImageJ 153.	57
Anexo 6. Rasgo cualitativo categorizado de los patrones de anidación de las 7 especies de la Estación Experimental El Padmi.	57
Anexo 7. Medidas a nivel individuo de rasgos cuantitativos y cualitativo de los escarabajos peloteros de la Estación Experimental El Padmi.	57
Anexo 8. Ejemplo de la matriz de datos de colecta de los individuos de la Estación Experimental El Padmi. La matriz completa está depositada en la base de datos del Museo de Zoología LOUNAZ-UNL.	58
Anexo 9. Ejemplo de la matriz de especies a nivel individuo de rasgos medidos de la Estación Experimental El Padmi. La matriz completa se encuentra depositada en la base de datos del Museo de Zoología LOUNAZ-UNL.	59
Anexo 10. Matriz de las siete especies de hembras con sus rasgos promediados de la Estación Experimental El Padmi para obtener los índices de diversidad funcional en FDiversity.	60
Anexo 11. Matriz de datos de las siete especies de la Estación Experimental El Padmi para obtener los índices de diversidad funcional en FDiversity.	61
Anexo 12. Certificado de traducción del Abstract.	65

1. Título

Diversidad funcional de escarabajos peloteros (Coleoptera: Scarabaeinae) en la Estación Experimental El Padmi

2. Resumen

El cambio de uso de suelo es una de las principales causas de disminución de insectos como los escarabajos peloteros considerados bioindicadores que se ven afectadas sus funciones ecológicas y pueden producir cambios en sus rasgos que pueden ser medidos a través de índices de diversidad funcional. El presente estudio se llevó a cabo en la Estación Experimental El Padmi, situada en la Amazonia ecuatoriana, donde se evaluó la diversidad funcional de escarabajos peloteros, en tres coberturas vegetales: Bosque Natural de Ladera, Bosque Natural de Ribera, y Pastizal. Para lo cual, se trabajó a partir de colecciones de un estudio realizado por Cuenca, (2023) depositadas en el museo de Zoología LOUNAZ, donde se seleccionaron las siete especies más abundantes, y se tomaron en cuenta 25 rasgos morfológicos con tres a 30 individuos hembras por especie. Los índices de diversidad funcional indican que cada cobertura vegetal tiene una dinámica diferente en cuanto al funcionamiento ecosistémico, de ellas el Bosque Natural de Ladera muestra índices más elevados, lo que indica mayor capacidad de respuesta a las perturbaciones, mayor cantidad de espacio funcional utilizado y mayor uso de recursos, mientras que el Pastizal muestra índices bajos. Sin embargo, para todas las coberturas, se observa que los recursos están siendo subutilizados y estas coberturas son susceptibles al ingreso de especies invasoras. A partir de este estudio se pueden derivar nuevas investigaciones de diversidad funcional, en esta y otras reservas, para llegar a comprender la capacidad de resiliencia de estos bosques vulnerables a la degradación.

Palabras clave: escarabajo pelotero, coberturas vegetales, functional diversity indexes, rasgos morfológicos.

2.1. Abstract

The change in land use is one of the main causes of the decrease in insects such as dung beetles, considered as bioindicators, that are affected in their ecological functions that could provoke changes in their traits which could be measured using functional diversity indices. This study was carried out at the Estación Experimental El Padmi, located in the Ecuadorian Amazon, where the functional diversity of dung beetles was evaluated in three vegetation covers: Hillside Natural Forest, Natural Riverside Forest, and Grassland. For which, we worked with collections of a study carried out by Cuenca, (2023) deposited at the LOUNAZ Zoology Museum, where the seven most abundant species were selected, 25 morphological traits were considered, with three to 30 female individuals, by species. The functional diversity indices indicated that each vegetation cover has a different dynamic in terms of ecosystem function, of which the Hillside Natural Forest shows higher indices, which indicates a greater capacity to respond to disturbances, a greater amount of functional space used and greater use of resources, while the Grassland shows low indices. However, for all the covers, it is observed that the resources are being underutilized and these covers are susceptible to the entry of invasive species. Based on this study, new research on functional diversity can be performed, in this and other reserves, to understand the resilience capacity of these forests vulnerable to degradation.

Keywords: dung beetles, vegetation covers, índices de diversidad funcional, morphological traits.

3. Introducción

La diversidad funcional es un aspecto o extensión de la biodiversidad, que permite comprender el papel que cumplen las especies, mediante sus características o rasgos funcionales, que inciden en el funcionamiento y procesos del ecosistema (Cadotte et al., 2011; Violle et al., 2007). Es por ello que estudios recientes se han enfocado en estudiar la respuesta de especies, a gradientes y cambios ambientales mediante el análisis de diversidad funcional (Hooper et al., 2005; Violle et al., 2007). Las características funcionales pueden ser medibles a nivel individual de especies, y pueden ser de tipo fisiológico, fenológico y morfológico (Díaz et al., 2007; Fountain-Jones et al., 2015) dentro de una comunidad (Cadotte et al., 2011). A partir de los rasgos, se forman los grupos funcionales, que aportaran al funcionamiento del ecosistema (Cardinale et al., 2012; Flynn et al., 2009; Lavorel y Garnier, 2002).

A partir del año 2011 se ha estudiado desde la perspectiva funcional a los escarabajos peloteros (Barragán et al., 2011) por estar presentes en varios estudios de biodiversidad, conservación y ecología (Chamorro et al., 2019), ser catalogados como insectos bioindicadores (Halfpeter y Favila, 1993; Noriega et al., 2012), ser de fácil identificación, con alta abundancia presente en diferentes hábitats, bajos costes de muestreo, existencia de bibliografía necesaria (Favila y Halfpeter, 1997) y sensibilidad a la alteración del hábitat (Noriega et al., 2007).

Además están los servicios ecosistémicos prestados por los escarabajos peloteros mediante sus características funcionales como: i) eliminación de estiércol; ii) dispersión de semillas primaria y secundaria; iii) fertilidad al suelo; iv) aireación del suelo; v) control de parásitos, moscas y nemátodos; vi) crecimiento de plantas y pastos; vii) degradación de la hojarasca; viii) mejora la tasa de filtración y humedad del suelo, y ix) disminución de la erosión y compactación del suelo (Brown et al., 2010; Manning et al., 2016; Nichols et al., 2008).

En la ganadería estos escarabajos peloteros disminuyen la volatilización del metano (Slade et al., 2016; Verdú et al., 2020), mejoran el proceso de reciclaje, disminuyen la visibilidad de estiércol, disminuyen la cantidad de huevos de moscas, ectoparásitos y parásitos gastrointestinales como endoparásitos (Gregory et al., 2015; Hanski y Cambefort, 1991; Nichols et al., 2008; Sands y Wall, 2017), y fertilizan campos ganaderos con la remoción y metabolismo de forma anaeróbica, proporcionando al suelo minerales como: nitrógeno; potasio; calcio; magnesio y fósforo (Maldonado et al., 2019; Nichols et al., 2008), contenidos en el estiércol de ganado vacuno (Noriega, 2009; Solís et al., 2011).

Estos servicios ecosistémicos, a su vez se ven afectados por diferentes actividades antrópicas como la construcción de carreteras, agricultura, deforestación, modificación del hábitat, quemas, expansión del ser humano, productos médicos veterinarios, comercio ilegal de especies para coleccionistas de escarabajos, caza de vertebrados, en especial de mamíferos como el ganado vacuno, fuente de alimento, reproducción y crianza de los huevos del escarabajo pelotero (Arnold et al., 2014; Carvajal et al., 2011; Gardner et al., 2008; Halffter y Favila, 1993; Hanski y Cambefort, 1991; Hosaka et al., 2014; Nichols et al., 2007, 2008), que alteran las condiciones tanto abióticas como bióticas de los ecosistemas, en donde se desarrollan los escarabajos peloteros, disminuyendo así la riqueza de especies (Hosaka et al., 2014) y comprometiendo el aporte que realizan este grupo de escarabajos peloteros al ecosistema, por medio de sus características funcionales de cada especie en la dinámica de los ecosistemas (Ezcurra, 2016; Kremen et al., 1993; Saunders et al., 1991).

Varios estudios se han centrado en la diversidad específica, y muy pocos en la diversidad funcional para entender la provisión de servicios ecosistémicos a partir de rasgos e índices de funcionalidad (Braga et al., 2013; Pla et al., 2012) ante la disminución de insectos a causa de las actividades antropogénicas como el cambio de uso de suelo en el ecosistema (Horgan, 2005, 2008). Por lo que resulta imprescindible el conocimiento de los escarabajos peloteros desde el punto de vista funcional para el país y en especial para la provincia de Zamora Chinchipe en la Estación Experimental El Padmi.

Bajo este contexto, el estudio se enfoca en realizar una investigación, para evaluar la variación de la diversidad funcional de escarabajos peloteros a través de cuatro índice; riqueza funcional (FRic), uniformidad funcional (FEve), divergencia funcional (FDiv) y dispersión funcional (FDis), sobre los diferentes usos de suelo (Bosque Natural de Ladera, Bosque Natural de Ribera y Pastizal) en la Estación Experimental El Padmi, tomando rasgos morfológicos suaves como el tamaño total, anidación y área de las patas delanteras.

El presente estudio de escarabajos peloteros entre diferentes coberturas, da a conocer una diversidad funcional alta o baja para cierta cobertura, si existe diferencias entre coberturas para cada índice, las diferentes respuestas y sus significados: como la distribución, adaptabilidad y eficiencia en el aprovechamiento de los recursos para el buen funcionamiento del ecosistema.

Para ello, se dio contestación a la interrogante ¿Cómo varía la diversidad funcional de escarabajos peloteros en un Bosque Natural de Ladera, Bosque Natural de Ribera y Pastizal

fragmentados por diferentes usos del suelo en la Estación Experimental El Padmi? En base a lo expuesto, se planteó como objetivo general, evaluar la variación de la diversidad funcional de escarabajos peloteros en un Bosque Natural de Ladera, Bosque Natural de Ribera y Pastizal de la Estación Experimental El Padmi y los objetivos específicos fueron: i) Caracterizar los rasgos funcionales cuantitativos y cualitativos en un pool representativo de escarabajos peloteros colectados en un Bosque Natural de Ladera, Bosque Natural de Ribera y Pastizal de la Estación Experimental El Padmi., ii) Estimar la diversidad funcional de escarabajos peloteros en un Bosque Natural de Ladera, Bosque Natural de Ribera y Pastizal de la Estación Experimental El Padmi y iii) Comparar la diversidad funcional de escarabajos peloteros en un Bosque Natural de Ladera, Bosque Natural de Ribera y Pastizal de la Estación Experimental El Padmi.

A partir de ello, se encontró que en el Bosque Natural de Ladera en términos de riqueza y dispersión funcional estos escarabajos peloteros aprovecharan de forma eficiente los recursos disponibles; sin embargo, la divergencia funcional fue baja, por lo que, será baja la capacidad de respuesta de estos escarabajos peloteros por encontrarse un mayor número de especies dominantes muy cercanas entre sí. En el caso del Bosque Natural de Ribera y Pastizal, serán similares sus valores en términos de riqueza y dispersión funcional con baja utilización de los recursos disponibles por parte de estos escarabajos peloteros, a esto se suma las condiciones ambientales menos favorables, con mínima competencia entre especies dominantes por la alta divergencia funcional. En cuanto a la uniformidad funcional no existiría diferencias significativas entre especies de estas 3 coberturas, por lo que, implicaría que no es uniforme la distribución de las abundancias de estas especies, con espacios sin utilizar y aprovechamiento deficiente de estos recursos disponibles en toda Estación Experimental El Padmi.

4. Marco Teórico

4.1. Diversidad funcional

En la ecología se han venido utilizando índices clásicos de diversidad como la riqueza y abundancia de especies en estudios de ecología, que han permitido entender y dar seguimiento a los diferentes eventos que se producen dentro de un ecosistema. Sin embargo, hace dos décadas aproximadamente, surgió la necesidad por parte de investigadores, de incorporar nuevos índices que permitan dar mayor sustento a las preguntas que se plantean en sus investigaciones de biodiversidad (Llopis-Belenguer et al., 2019). Es por ello, que investigadores ecólogos, se plantearon crear una nueva metodología, basada en la distancia entre especies llamada filogenia o funcional, con el fin de tener una aproximación más cercana en los estudios de biodiversidad (Llopis-Belenguer et al., 2019).

La diversidad funcional nace de la necesidad de comprender la relación que hay entre la abundancia de especies con respecto a las características funcionales que éstas tienen, además de la necesidad de darles un valor diferenciado a cada una de las especies y no generalizando como normalmente lo hace la diversidad taxonómica (Rosenfeld, 2002; Tapia y Zambrano, 2015). Otros autores (David Tilman et al., 1997; David Tilman, 2001; Fonseca y Ganade, 2001; Hooper, 1998; Petchey y Gaston, 2002; Naeem y Li, 1997; Tilman et al., 2001; Villéger et al., 2008) mencionan que la diversidad funcional es el número de grupos funcionales de especies en una comunidad o alcance de las diferentes funciones de las especies y roles ecológicos presentes en una comunidad. Esta diversidad funcional se basa en los rasgos o caracteres funcionales, que están asociados a diferentes factores ambientales y procesos ecológicos (David Tilman et al., 1997; David Tilman, 2001; Fonseca y Ganade, 2001; Hector et al., 1999; Hooper, 1998; Petchey y Gaston, 2002; Naeem y Li, 1997; Tilman et al., 2001; Villéger et al., 2008).

4.2. Aspectos importantes de los escarabajos y obtención de la diversidad funcional en el ecosistema

El pool de especies es el grupo de especies que viven en una región, área donde desarrollarse (Eriksson, 1993), sobrevivir y dispersarse en un determinado lugar (Dickson y Foster, 2008). Los estudios de diversidad funcional se los realizan con el propósito de cuantificar el efecto sobre el funcionamiento del ecosistema a causa de la disminución de especies, ya que Walker et al., (2004) mencionan que, en una comunidad, entre mayor número de grupos funcionales, mayor será la interacción, lo que se traduce a una comunidad con capacidad para absorber

las alteraciones, mantener su estructura y funcionamiento. Para ello, se han utilizado en diversos estudios el Software R paquete FD (Laliberté et al., 2014) propuesto por Laliberté y Legendre, (2010) y FDiversity (Casanoves et al., 2010), mismos que admiten rasgos morfológicos cualitativos y cuantitativos, donde el nicho funcional, desde un punto de vista geométrico, es el ipervolumen n-dimensional del espacio de los rasgos funcionales, así como el efecto ecológico que tendrá una especie en un hábitat, similar al nicho de Hutchinsonian basado en hábitat, recursos y permisividad ambiental (Rosenfeld, 2002).

La resiliencia de una comunidad o ecosistema va depender de dos factores según Laliberté et al., (2010); la redundancia funcional y la diversidad de respuesta. La redundancia funcional en la mayoría de estudios se refleja en especies que cumplen funciones similares, mientras que la diversidad de respuesta, son especies con similar función que reaccionan de manera distinta u heterogénea ante perturbaciones (Fonseca y Ganade, 2001; Laliberté et al., 2010), por lo que, no van a responder de la misma manera, especies de similar función dentro de un ecosistema.

En términos de perturbaciones ambientales va a existir una relación indirecta con la redundancia funcional (Laliberté et al., 2010), mientras que habrá una relación proporcional del área o espacio de un sitio con la redundancia funcional (Fonseca y Ganade, 2001). La diversidad de respuesta, va a estar influenciada por la distribución de los rasgos de las especies dentro del espacio funcional (Laliberté et al., 2010), mientras que la redundancia funcional además de estar influenciada por esta variable mencionada, lo estará por la riqueza de especies y abundancia de especies con funciones especializadas (Rosenfeld, 2002).

4.2.1. Rasgos funcionales

Los rasgos funcionales se pueden clasificar en rasgos suaves y duros o a su vez de forma general en morfológicos, fenológicos y fisiológicos (Rosenfeld, 2002; Hodgson et al., 1999). Los rasgos duros contienen a los fenológicos o fisiológicos mientras que los suaves poseen a los morfológicos medidos de forma cuantitativa o cualitativa (Ricklefs y Travis, 1980; Violle et al., 2007). De ahí que para la utilización de rasgos morfológicos se debe tomar en cuenta la relevancia y facilidad de la característica a medir (Dumay et al., 2004; Mouillot et al., 2007). En el caso de los escarabajos peloteros, en la mayoría de los estudios realizados, se han seleccionado rasgos suaves cuantitativos y cualitativos (Braga et al., 2013; Davies et al., 2020a; Guerra Alonso et al., 2021a; Griffiths et al., 2015;

(Marín-Armijos et al., 2023; Rivera et al., 2021a) y en una menor medida rasgos duros (Giménez-Gómez, 2019; Tonelli et al., 2020).

Dentro de los rasgos suaves cuantitativos de los escarabajos peloteros se tienen varias medidas del cuerpo como el ancho del pronoto, área del fémur, ala, cabeza, pata delantera, tibia, largo de tibia, pata delantera, abdomen, del cuerpo, peso corporal seco y fresco, volumen del pronoto y algunas relaciones, entre las medidas mencionadas (Davies et al., 2020a; Guerra Alonso et al., 2021a; Giménez-Gómez, 2019; Tonelli et al., 2020). Estas medidas se relacionan con la capacidad de enterrar sus recursos en el suelo, lo que conlleva a la incorporación de nutrientes, dispersión secundaria de semillas, aireación y descompactación (Andresen, 2003; Gardner et al., 2008; Manuwoto et al., 2008; Slade et al., 2015) por parte del escarabajo pelotero al extraer el recurso, armado de los nidos y disgregación del recurso. Además, estos rasgos pueden estar influenciados por variables como el tipo de cobertura. Por ejemplo, *Dichotomius problematicus* (Luedewaldt), muestra una variación en sus rasgos morfológicos entre individuos de poblaciones contiguas que habitan bosques y áreas de ganadería extensiva donde estos individuos muestran, en pastizal ganadero, mayor tamaño del ancho de la cabeza, y del ancho y largo de las protibias, posiblemente como una respuesta a un suelo compactado y seco (Marín-Armijos et al., 2023).

A su vez, para los gases de efecto invernadero Penttilä et al., (2013) mencionan que los escarabajos peloteros producen dióxido de carbono y óxido nitroso, que disminuyen el gas metano y ayudan a la captura de carbono, a través de la eliminación de estiércol en pastizales (Davis, 1996; Gittings et al., 1976). Relacionados con los servicios ecosistémicos cuando realizan sus actividades como anidación y dieta, son los que mayor importancia poseen en los estudios realizados de la diversidad funcional de esta subfamilia Scarabaeinae (Evans y Forsythe, 1984; Griffiths et al., 2015; Nervo et al., 2014).

Por otro lado, están los rasgos morfológicos cualitativos que se relacionan con las características que estos poseen en la manipulación del tipo de alimento y horario que lo utilizan para alimentarse y anidar (Gómez-Cifuentes et al., 2019). Se pueden medir como su patrón de anidación, dieta, período de actividad, tamaño corporal (pequeño o grande), estado de amenaza, comportamiento reproductivo y diversidad trófica (Barragán et al., 2011; Davies et al., 2020a; Griffiths et al., 2015; Giménez-Gómez, 2019; Gómez-

Cifuentes et al., 2019; Tonelli et al., 2020). En cuanto a los rasgos duros de los escarabajos peloteros, se ha evaluado la actividad de las especies de acuerdo con el termolímite con rasgos como: inicio de estrés, termorregulación, crítica máxima, letal máxima, aumento de CO_2 , además de la termorregulación que se puede medir en endotermia y temperatura de despliegue (Giménez-Gómez, 2019).

4.2.2. Índices de Diversidad funcional

Los índices de diversidad funcional se han ido incrementando y mejorando con el paso de los años, tal es el caso de Petchey y Gaston, (2002) que basaron sus estudios en la riqueza funcional (FRic y FRO), unos años más tarde se añadieron nuevos índices de diversidad funcional como la divergencia funcional (FDiv), dispersión funcional (FDis), y la equitatividad o uniformidad funcional (FEve) (Laliberté y Legendre, 2010), en donde la riqueza funcional (FRic) puede significar el volumen convexo del casco o espacio multivariado dentro de la comunidad, mientras Petchey y Gaston, (2002) mencionan que la (FRO) es la distancia basada en la abundancia relativa con respecto al centroide plasmado en un dendrograma, para crear grupos funcionales. En cuanto a la divergencia funcional (FDiv), ésta comprende la manera en que se distribuye la abundancia relativa de las especies en todo el eje del rasgo funcional de la comunidad (Anderson, 2006), para la dispersión funcional (FDis) es la distancia promedio ponderada entre las especies dentro del espacio multidimensional hacia el centroide ponderado (Laliberté y Legendre, 2010). La uniformidad / equitatividad funcional (FEve) se refiere a la distribución de la abundancia relativa de las especies dentro del espacio de rasgos funcionales en el casco convexo (Mason et al., 2005).

4.3. Subfamilia Scarabaeinae

Se conocen cerca de 6000 especies de escarabajos peloteros a nivel mundial, comprendidas en 250 géneros (Chamorro et al., 2018), la distribución de estos escarabajos peloteros va a estar sujeta de condiciones climáticas y ecológicas, como la altitud, temperatura, humedad relativa, topografía, uso de suelo y tipo de cobertura (Da Silva et al., 2018; Milotić et al., 2019; Pierre Lumaret, 1978; Villamarín-Cortez, 2010). En el Neotrópico se han registrado 2000 especies clasificadas en 91 géneros (Bouchard et al., 2011). Para Ecuador se tiene un registro de 37 géneros y 265 especies, distribuidos en todas las regiones climáticas del Ecuador incluido las Islas Galápagos (Chamorro et al., 2018).

4.3.1. Características de la subfamilia Scarabaeinae

Características morfológicas

Los escarabajos peloteros son insectos del orden Coleoptera, familia Scarabaeidae y subfamilia Scarabaeinae que se caracterizan por estar divididos en cabeza, tórax y abdomen. Poseen seis patas modificadas para excavar el suelo o para empujar bolas de estiércol, su cuerpo es generalmente redondeado, de colores oscuros o azulados, verdes y tornasoles, incluso su tonalidad puede variar dependiendo de la elevación en la que se encuentren sus poblaciones, como *Onthophagus proteus* (Stanbrook et al., 2021; Marín-Armijos et al., 2023). Además, algunas especies están provistas de cuernos o tubérculos en la cabeza o tórax (pronoto) (Figura 1) (Celi y Dávalos, 2001). En cuanto a su dimorfismo sexual, presentan diferencias muy marcadas los machos de las hembras, ya que estos presentan cuernos muy pronunciados a comparación de las hembras conocidas como carinas (Martinez et al., 2015). Con respecto al tamaño, se tiene categorizado a los escarabajos grandes, mayores a 10 mm mientras que los pequeños miden menos de 10 mm (Carvalho et al., 2021; Díaz et al., 2010; Escobar et al., 2008; Hanski y Cambefort, 1991; Navarrete y Halffter, 2008; Pineda et al., 2005).

Los escarabajos peloteros grandes, tendrán un mayor éxito de apareamiento y fecundación, especialmente las hembras en especies alomórficas (Blanckenhorn, 2005; Stillwell et al., 2010).

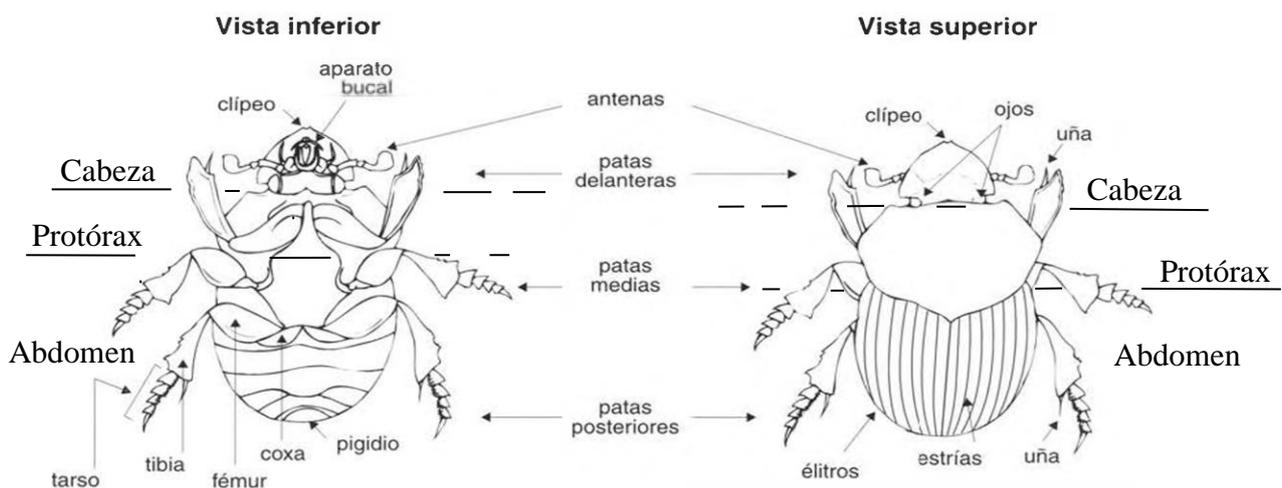


Figura 1. Características del escarabajo pelotero.

Fuente: Modificado de Celi y Dávalos, (2001).

En la cabeza poseen antenas lameladas en forma de mano o copa, ojos compuestos, y aparato bucal con piezas bucales como el clípeo, de tamaño grande que permite realizar huecos en el suelo y maxilares constituidos por franjas finas para la maniobrabilidad y filtración de las partes semi-líquidas del estiércol (Figura 1) (Celi y Dávalos, 2001; Rangel Acosta et al., 2012).

El tórax (pronoto) posee un par de patas delanteras y gruesas para enterrar su recurso (Celi y Dávalos, 2001; Marín-Armijos et al., 2023), lo que podría tener un alto nivel de importancia en el aporte al ecosistema (Marín-Armijos et al., 2023). En el meso y metatórax (medio y posterior) poseen un par de alas membranosas y un par de alas suaves y duras o élitros (Figura 2) bien esclerotizadas; patas medias y traseras compuestas por tarso, tibia, fémur y coxa (Figura 1) (Celi y Dávalos, 2001). El abdomen posee tergitos y ventritos articulados, cubiertos dorsal y lateralmente por los élitros, y termina en el pigidio (cubierta triangular que protege el ano) (Figura1) (Celi y Dávalos, 2001). En sus patas posee el tarso, tibia y fémur (Figura 1) (Celi y Dávalos, 2001).

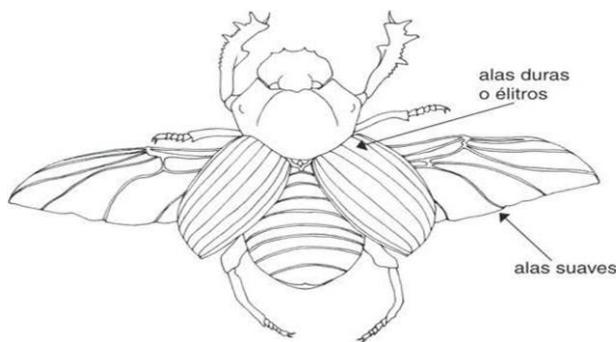


Figura 2. Características de las alas del escarabajo pelotero.
Fuente: (Celi y Dávalos, 2001).

Alimentación

En su mayoría los escarabajos peloteros son coprófagos es decir su principal fuente de alimento es el estiércol de mamíferos. Los adultos se alimentan de los jugos gástricos cargado de microorganismos (Celi y Dávalos, 2001; Nichols et al., 2008). En menor número son carroñeros llamados necrófagos (Celi y Dávalos, 2001). También pueden ser clasificados como generalistas donde su dieta es variada hasta los especialistas tróficos que consumen hongos y frutas (Halffter y Halffter, 2009).

Anidación

Pueden ser categorizados por el tipo de anidaciones: (Halffter y Edmonds, 1982; Hanski y Cambefort, 1991; Nichols et al., 2008) en: 1) **Paracópridos**: llamados tunelizadores que entierran las bolas de estiércol de forma perpendicular u oblicua en el suelo debajo del recurso (Figura 3A), estas especies pueden tener preferencias por pastizales abiertos y bordes de bosque, y ser especies que pueden usar el estiércol de vaca y caballo como recurso (Amat García et al., 1997; Amézquita M et al., 1999; Nunes y Vaz-de-Mello, 2019); 2) **Telecópridos**:

conocidos como rodadores, que trasladan las bolas de estiércol a una distancia considerable del sitio de disposición para luego enterrarlas en el suelo (Figura 3C) y 3) **Endocópridos**: son habitantes, residentes o moradores quienes depositan sus huevos en el mismo sitio donde está el recurso o entre el suelo y el recurso (Figura 3B).

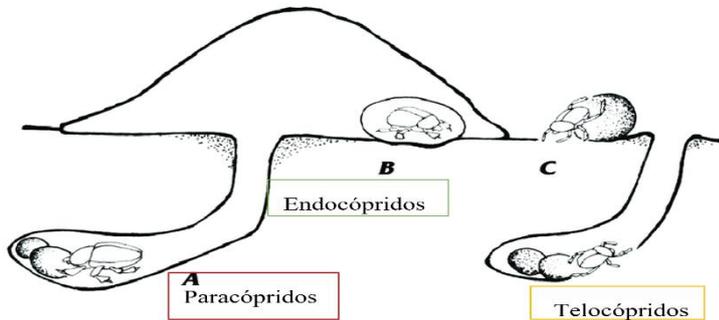


Figura 3. Características de anidación de los escarabajos peloteros.

Fuente: Modificado de Amat et al., (2005).

4.3.2. *Pérdida de beneficios de escarabajos peloteros al ecosistema*

Las actividades antrópicas como la agricultura tecnificada, tienen un impacto sobre los escarabajos peloteros y en consecuencia están reduciendo sus servicios ecosistémicos, como la disminución de la bioturbación, aporte de nutrientes, descompactación, aireación y humedad del suelo, lo que altera los ciclos biogeoquímicos naturales (Brown et al., 2010; Nichols et al., 2008; Noriega et al., 2017).

Estos escarabajos representan un gran valor económico en varios países como Reino Unido, donde este servicio ecosistémico está valorado en £ 367 millones anuales de libras esterlinas. En sistemas convencionales su aporte económico se estima en £ 354 millones de libras de esterlinas, y en sistemas orgánicos £ 13 millones de libras de esterlinas, mientras que en Estados Unidos está evaluado en \$2000 millones de dólares anualmente (Fincher, 1981). Adicionalmente, Losey y Vaughan, (2006) mencionan que en sistemas ganaderos se ahorra cerca de 380 millones al año, generando una mayor rentabilidad y reducción de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) en un rango de (0.05-0.13) % a nivel global (Slade, et al., 2016). Es por estos beneficios tanto económicos como ambientales al ser humano, ya sea forma directa o indirecta, que se los ha criado en países como Australia, Nueva Zelanda, México y Estados Unidos con el fin de mejorar los agroecosistemas y aportar a la restauración ecológica (Almeida et al., 2021; Badenhorst et al., 2018; Martinez et al., 2015).

5. Metodología

5.1. Área de estudio

El estudio se realizó a partir de un trabajo previo realizado por Cuenca (datos no publicados) en la Estación Experimental El Padmi ubicada en la provincia de Zamora Chinchipe, cantón Yantzaza, parroquia rural Los Encuentros (Figura 4), donde se muestreó por tres meses (de noviembre 2021 a enero 2022), 3 transectos lineales de 250 metros por cobertura vegetal. En cada transecto se ubicaron 6 trampas de tipo coprotrampas y necrotrampas alejadas 50 metros una de otra, con un total de 18 trampas por mes y cobertura vegetal, durante 3 días en el transcurso de 3 meses, para su posterior montaje, identificación y depósito en el Museo de Zoología de la Universidad Nacional de Loja (LOUNAZ).

La Estación Experimental El Padmi es propiedad de la Universidad Nacional de Loja, cuenta, con un área de 103,5 hectáreas, localizada en las coordenadas UTM 764741 E y 9785808 N (Armijos y Patiño-Loján, 2010), en el corredor fluvial del río Zamora. Se encuentra a una altitud aproximada de 775 m.s.n.m. La temperatura promedio anualmente se sitúa en 23°C, con una precipitación promedio anual de 2000 mm, siendo marzo el mes más lluvioso con 2260 mm y octubre con 1320 mm, el de menor precipitación (Naranjo y Ramírez, 2009). El área tiene un clima trópico subhúmedo y tropical húmedo premontano, con valles estrechos, colinas y montañas con pronunciadas pendientes (Aguirre Mendoza, 2020; Quizhpe Tapia y Orellana Fierro, 2011). Las coberturas vegetales donde se colectaron los escarabajos peloteros, se presentarán a continuación:

Bosque Natural de Ladera: ubicado próximo al pie de la montaña, con una extensión de 38,5 ha, en un rango altitudinal de 865-965 msnm. La topografía es discontinua, con pendientes del 25-50 % y contextura de arcillo-arenoso. Posee alta cantidad de hojarasca, cobertura del 65 % sobre el suelo, cobertura de copa, alta diversidad de especies arbóreas y materia orgánica (Quizhpe Tapia y Orellana Fierro, 2011).

Bosque Natural de Ribera: localizada en la parte occidental cerca del río Zamora, el cual posee un área de 2,75 ha. Está a una altitud de 770 msnm, considerado plano con pendientes del 5 %, caracterizado por la contextura del suelo al ser arenoso y aluvial, cobertura 30 % sobre el suelo, con baja cantidad de hojarasca (Quizhpe Tapia y Orellana Fierro, 2011).

Pastizal: se encuentra en varias zonas de la Estación Experimental El Padmi, con un espacio de 26,3 ha, en un rango altitudinal de 775-865 msnm. Tiene una pendiente que se encuentra entre

5 a 15 %, predominada por especies herbáceas, con varios árboles en toda el área, que disminuyen la erosión, y en tiempos no prósperos proporciona recursos, contribuyen a la fertilidad y materia orgánica al suelo (Quizhpe Tapia y Orellana Fierro, 2011).

El mapa del área de estudio de la Estación Experimental El Padmi, fue realizado a partir del estudio de Quizhpe Tapia y Orellana Fierro, (2011) y las observaciones realizadas por la Dra. Aura Paucar Cabrera.

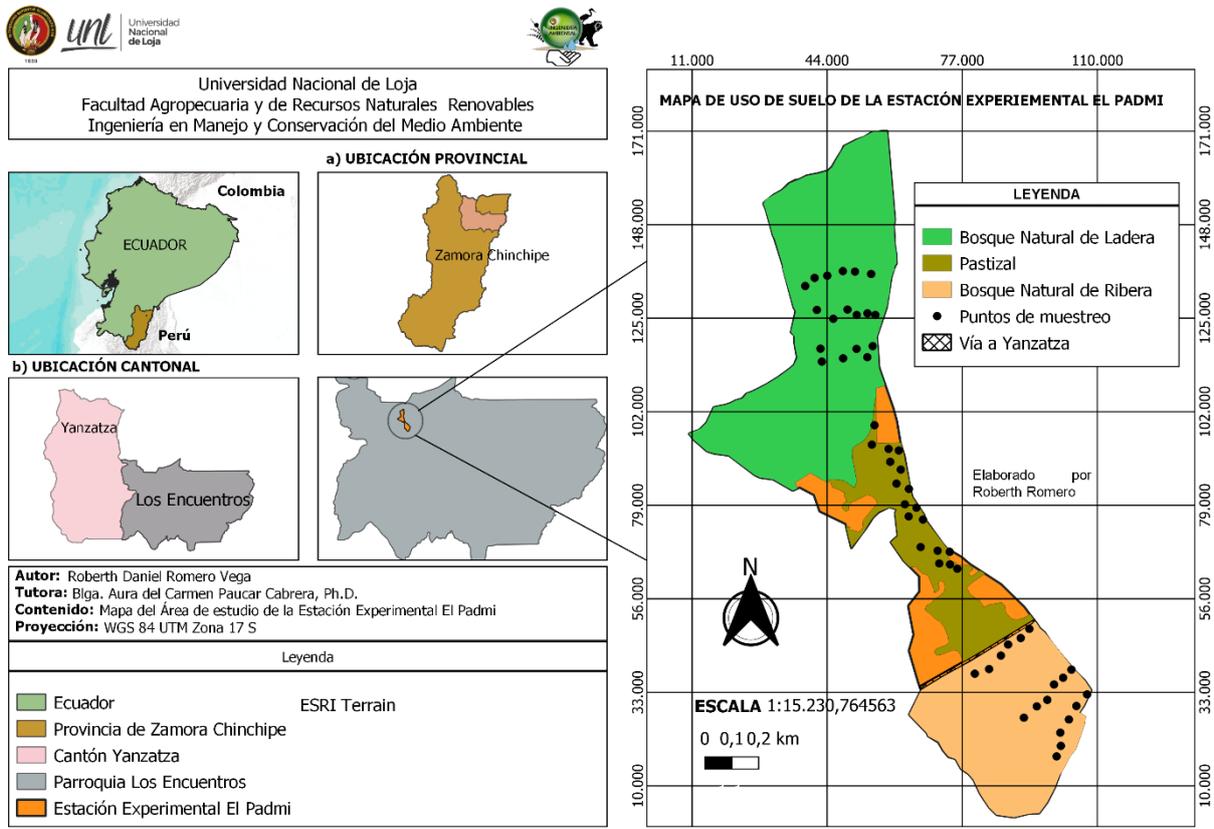


Figura 4. Ubicación del área de estudio en el cantón Yanzatza. Derecha: mapa de ubicación de las tres coberturas vegetales estudiadas en la Estación Experimental El Padmi: Bosque Natural de Ribera, Bosque Natural de Ladera y Pastizal.

5.1.1. Diseño de la investigación

La investigación tiene un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo. Como primer paso se revisó la literatura para establecer los rasgos funcionales que se tomarían en consideración para el estudio. Para ello se elaboró un documento de las metodologías aplicadas, mismas que se consultaron en las bases de datos, revistas y editoriales científicas. A partir de este documento, se seleccionaron 25 rasgos funcionales plasmados en una tabla (Anexo 1), la cual está estructurada en rasgos funcionales, medición y rol funcional, 24 son cuantitativos relacionados

al cuerpo del espécimen, mientras que, el rasgo cualitativo categorizado, es referente a los patrones de anidación del escarabajo pelotero.

El estudio se ejecutó a partir de las colecciones de escarabajos peloteros realizada en las tres coberturas vegetales (Bosque Natural de Ladera, Bosque Natural de Ribera y Pastizal) de la Estación Experimental El Padmi depositadas en el Museo de Zoología de la Universidad Nacional de Loja (LOUNAZ) por parte de Cuenca (datos no publicados). En el Bosque Natural de Ladera se colectaron 1399 individuos, Bosque Natural de Ribera: 740 individuos y Pastizal: 322 individuos con un total de 2461, clasificados en 12 géneros y 18 especies.

De las colecciones depositadas en el Museo de Zoología de la Universidad Nacional de Loja (LOUNAZ) de la Estación Experimental El Padmi, se procedió a identificar y seleccionar las hembras de escarabajos peloteros mediante el estereomicroscopio OLYMPUS modelo SZ51, obteniendo un total de 249 hembras entre todas las 18 especies.

Para la medición de los rasgos funcionales, se seleccionaron solo hembras para evitar sesgo por dimorfismo sexual ya que los machos tienen alometría, es decir que sus tamaños no son proporcionales en sus cuernos o en sus caracteres sexuales secundarios. Además, estos caracteres sexuales aparte de cuernos pueden ser patas, así como tubérculos en el pronoto, lo que generaría un sesgo a la hora de medir y obtener estos datos. De las 249 hembras identificadas, se procedió mediante una tabla de frecuencias relativas a seleccionar las especies más importantes o abundantes (Anexo 2) de la Estación Experimental El Padmi, correspondientes a 6 géneros y 7 especies: *Canthon luteicollis* Erichson, 1847, *Coprophanæus telamon* Erichson, 1847, *Deltochilum (Hybomidium) orbigny subsp. amazonicum* Bates, 1887, *Dichotomius (Selenocopris) inachus* Erichson, 1847, *Dichotomius (Dichotomius) prietoi* Martínez y Martínez, 1982, *Eurysternus caribæus* Herbst, 1789, y *Oxysternon silenus smaragdinum* Olsoufieff, 1924 (Celi et al., 2004; Chamorro et al., 2021; GBIF, 2022), mismo rango comprendido de (0.35-0.04), donde se seleccionó de 3 a 30 muestras por especie entre las coberturas para estadística multivariada.

Se realizó la medición de los rasgos morfológicos de los escarabajos peloteros a nivel de individuo categorizando sus características cualitativas y midiendo algunas partes de su cuerpo como la tibia, fémur, patas, pronoto y élitros a partir de fotos de perfil, ventral y dorsal con ayuda del software libre ImageJ v153 (Yu et al., 2011). Esta obtención de medidas se realizó en un pool representativo correspondiente al 92 % equivalente a 2254 individuos de las especies

más abundantes que se muestrearon en el estudio de Cuenca (datos no publicados) en la Estación Experimental El Padmi, para su posterior comparación de los rasgos de las especies por cobertura vegetal, y para ello se partirá de un método inductivo-deductivo.

En la Tabla 1 se muestran las 7 especies correspondiente a las 139 hembras de la Estación Experimental El Padmi que cumplieron con el número requerido entre coberturas.

Tabla 1. Número de hembras seleccionadas (unidades de muestreo) clasificadas por especie y cobertura vegetal de la Estación Experimental El Padmi: Bosque Natural Ladera (B.N. Ladera), Bosque Natural de Ribera (B.N. Ribera) y Pastizal.

Género	Especie	Coberturas			Abundancia
		B.N Ladera	B.N Ribera	Pastizal	
<i>Canthon</i>	<i>luteicollis</i>	10	0	0	10
<i>Coprophanaeus</i>	<i>telamon</i>	8	8	3	11
<i>Deltochilum</i>	<i>orbigny amazonicum</i>	5	5	1	11
<i>Dichotomius</i>	<i>inachus</i>	10	10	10	30
	<i>prieto</i>	10	9	10	29
<i>Eurysternus</i>	<i>caribaeus</i>	4	4	2	10
<i>Oxysternon</i>	<i>silenus smaragdinum</i>	10	10	10	30
Total					139

Con los individuos aleatorizados y seleccionados mediante números aleatorios de Excel, se procedió al montaje de los individuos de las siete especies (Anexo 3) con el acompañamiento de la especialista Aura Paucar Cabrera, del Museo de Zoología de la Universidad Nacional de Loja (LOUNAZ).

Del montaje realizado, se separó en cajas entomológicas tipo bandeja a estas siete especies por cobertura (Anexo 4), y se fotografió la parte ventral (Figuras 11, 12, 13, 14, 16, 17), dorsal (Figuras 7, 8, 10, 19) y perfil (Figuras 9, 18) con su respectivo código y escala, para fotografiar todos los individuos de cada especie. Se usó una cámara Nikon D 5300 de 24,2 megapíxeles, lámpara de escritorio, espumaflex, hoja milimetrada y trípode manfrotto. Se obtuvo un total de 417 fotos, mismas que fueron codificadas (Anexo 5) para su posterior medición de estos 19 rasgos mediante el software ImageJ v153 (Yu et al., 2011).

El primer rasgo cualitativo de patrones de anidación se lo obtuvo categorizando (1: telecópridos; 2: paracópridos; y 3: endocópridos) siguiendo la metodología de Giménez-Gómez, (2019) y se realizó la búsqueda de este rasgo a nivel de género (Anexo 6). Para el valor del rasgo de altura del pronoto, se obtuvo, a través de un calibrador digital con una precisión de 0.01 mm, y para la obtención de los rasgos suaves morfológicos cuantitativos restantes de cada

individuo, como el largo, ancho y área, se partió de las fotos codificadas, que fueron cargadas y calibradas a 2 mm, mediante polígonos y líneas creados por el investigador en el software ImageJ v153 (Anexo 7) (Tonelli, 2017).

Los resultados de los rasgos morfológicos cuantitativos y cualitativo categorizados, se registraron en una matriz de datos de colecta realizada por Cuenca (datos no publicados) (Anexo 8). De esta matriz mencionada, se obtuvo otra matriz de las siete especies y rasgos a nivel individual (Anexo 9), correspondiente al Bosque Natural de Ladera, Bosque Natural de Ribera y Pastizal de la Estación Experimental El Padmi.

5.2. Estimación de la diversidad funcional de escarabajos peloteros en un Bosque Natural de Ladera, Bosque Natural de Ribera y Pastizal de la Estación Experimental El Padmi

Se obtuvo los resultados de los 4 índices de diversidad funcional obtenidos mediante el software FDiversity (Casanoves et al., 2010). Los 4 índices presentados en la Tabla 2, estiman diferentes aspectos de las especies dentro de la comunidad, utilización de recursos, como la cantidad de espacio ocupado y su distribución:

Tabla 2. Índices de diversidad funcional seleccionados en el presente estudio realizado en la Estación Experimental El Padmi: Bosque Natural Ladera (B.N. Ladera), Bosque Natural de Ribera (B.N. Ribera) y Pastizal.

Índices	Definición	Interpretación
Riqueza funcional (FRic)	Estima todo el espacio funcional que ocupan todas las especies de la comunidad a través de sus rasgos funcionales, ya que mediante estos multirasgos se puede evidenciar la variación dentro de la comunidad (Cornwell et al., 2006; Villéger et al., 2008). El cálculo de este índice, está relacionado con la riqueza de especies que se ve influenciada por los procesos de ensamblaje, más no con la abundancia de especies (Mason et al., 2013).	Valores bajos indican que varios de los recursos disponibles no están siendo aprovechados en su totalidad, lo que provoca una baja eficiencia en la productividad del ecosistema (Mason et al., 2005).
Uniformidad o Equidad funcional (FEve)	Muestra el grado de distribución o regularidad de la dispersión de la distancia de sus abundancias de las especies en el espacio funcional dentro de una comunidad (Mason et al., 2005; Villéger et al., 2010). No se presenta la misma distribución de las abundancias de las especies dentro de una comunidad por la irregularidad en las abundancias de éstas. Entre mayor sea su abundancia, mayor será el peso funcional de la especie en el análisis, es independiente de la riqueza de especies debido al valor que le da a cada especie y de la FRic (Villéger et al., 2008).	Varía entre 0 (uniformidad nula) y 1 (uniformidad completa). Reciben un valor de 1, cuando los pares de especies cercanas tienen el mismo espacio y posean la misma abundancia todas las especies. Reciben un valor de 0, cuando las especies poseen valores altos de densidad o abundancia de rasgos funcionales de algunas especies en una zona poco accesible del espacio funcional (Villéger et al., 2008). Un valor bajo indicará que dentro del nicho funcional no se está ocupando en su totalidad ese espacio funcional (subutilizado). Esto a su vez producirá una baja eficiencia en el aprovechamiento de recursos y por tanto funcionamiento del ecosistema y que posibles especies invasoras puedan ingresar a este nicho (Mason et al., 2005).

Índices	Definición	Interpretación
Divergencia funcional (FDiv)	Estima la distribución y similitud de la abundancia de las especies dominantes de la comunidad dentro del espacio funcional junto a la regularidad de esta distribución (Mason et al., 2005; Villéger et al., 2010). Este ayuda a establecer las especies más cercanas al centroide o centro de gravedad del espacio funcional mediante sus rasgos, que se toman como coordenadas, toma en cuenta las abundancias relativas de las especies y es independiente a la riqueza de especies (Villéger et al., 2008).	Se obtienen valores entre 0 y 1, donde valores de rasgos funcionales cercanos a 1 con alta divergencia, de especies dominantes estarán lejos del centro de rasgos funcionales (Figura 6), alta diferenciación de nicho funcional entre las especies dominantes, reduciendo la competencia y aumentando la eficiencia de los recursos que se encuentran disponibles, con una mayor productividad del ecosistema (Villéger et al., 2008). Mientras que valores cercanos a 0 con baja divergencia indican que los rasgos funcionales de las especies más dominantes están cerca del centro de rasgos funcionales (Villéger et al., 2008).
Dispersión funcional (FDis)	Es la distancia promedio ponderada en el espacio de rasgos multidimensional de cada especie hacia el centroide o centro de gravedad del espacio funcional de una comunidad, tomando en cuenta las abundancias de especies y además detalla el grado de heterogeneidad de los rasgos funcionales de una comunidad (Laliberté y Legendre, 2010). El centro funcional va a estar en función de la abundancia de las especies, estando el centro funcional más ceca de especies abundantes y más lejos de especies raras (Laliberté y Legendre, 2010).	Un valor alto mostrará una mayor diferencia funcional en el nicho y mayor capacidad de respuesta a las perturbaciones ambientales (Elmqvist et al., 2003; Laliberté y Legendre, 2010; Luck et al., 2013). Además de reducir la competencia (Mason et al., 2005), que conduce a un aprovechamiento más eficiente de los recursos dentro de una comunidad, mejor productividad del ecosistema y resistencia a especies invasoras (Prada-Salcedo et al., 2021).

Para obtener los valores de los cuatro índices de diversidad funcional: i) Riqueza funcional (FRic); ii) Dispersión funcional (FDis); iii) Divergencia Funcional (FDiv); y iv) Uniformidad o equidad funcional (FEve), se necesitó dos matrices, una (las siete especies de hembras x rasgos morfológicos promediado) (Anexo 10) y la segunda (especies x tratamientos [Coberturas] x réplicas [trasectos_muestras] x abundancia de las siete especies) (Anexo 11).

Estas dos matrices, se procede a cargarlas y fusionarlas horizontalmente en el software FDiversity (Casanoves et al., 2010), estandarizando esta matriz fusionada, y utilizando la distancia de Gower para rasgos categóricos y cuantitativos, obtenemos estos cuatro índices.

A partir de los valores de los cuatro índices obtenidos, se aplicó la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, posteriormente una prueba alternativa no paramétrica de Kruskal-Wallis y finalmente la prueba de Levene para ver su homogeneidad de varianzas, con el software InfoStat versión estudiantil (Di Rienzo et al., 2020).

Con estas comprobaciones se realizó mediante gráficas realizadas en Past 4.11 (Dasgupta, 2013), la comparación entre las tres coberturas de la Estación Experimental El Padmi, para cada índice de diversidad funcional: riqueza funcional (FRic), uniformidad funcional (FEve), divergencia funcional (FDiv) y dispersión funcional (FDis).

6. Resultados

6.1. Caracterización de los rasgos funcionales cuantitativos y cualitativos en un pool representativo de escarabajos peloteros colectados en un Bosque Natural de Ladera, Bosque Natural de Ribera y Pastizal de la Estación Experimental El Padmi

De los rasgos cuantitativos seleccionados se tiene como principales rasgos dentro del estudio al área de las patas delanteras, que está relacionado con un mayor éxito de remoción del estiércol, profundidad y reubicación del alimento sobre la superficie del suelo (Davies et al., 2020b) y el volumen del pronoto relacionado con la capacidad de ingreso sobre el recurso y suelo (Eldridge et al., 2016; Laurance et al., 2014; Robinson et al., 2014), eficiencia de dispersión de semillas y cantidad de estiércol enterrado (Griffiths et al., 2015; Nervo et al., 2014). La Tabla 3 presenta el promedio de rasgos morfológicos a nivel de cada especie.

Para el rasgo cualitativo de patrones de anidación se obtuvo que 3 géneros y 4 especies comparten la misma característica de anidación paracópridos (2) (Tabla 3), mientras que *Deltochilum orbigny amazonicum* y *Canthon luteicollis* corresponden a telocópridos (1) y

Eurysternus caribaeus a endocópridos (3) (Anexo 7), cuya distribución de los patrones de anidación de las especies e individuos por cobertura vegetal, se reflejan en la Figura 5.

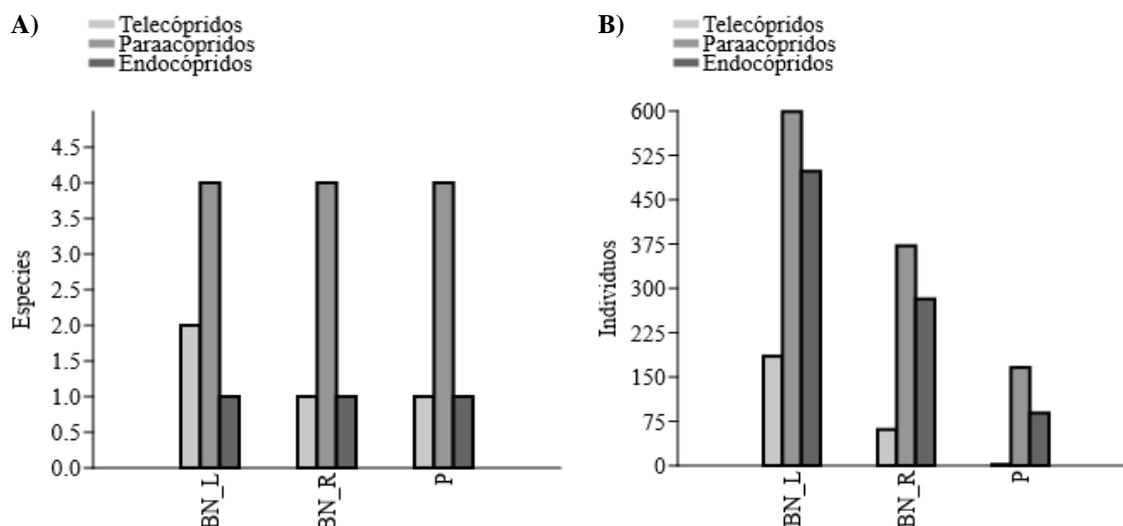


Figura 5. Número de especies (A) e individuos (B) del rasgo cualitativo de patrón de anidación en Bosque Natural de Ladera (BN_L), Bosque Natural de Ribera (BN_R), y Pastizal (P) de la Estación Experimental El Padmi.

Tabla 3. Medias de rasgos morfológicos cuantitativos y cualitativo correspondientes a las 7 especies más abundantes de la Estación Experimental El Padmi.

Rasgo	Especie						
	C.		D.	D.		E.	O.
	<i>luteicollis</i>	<i>telamon</i>	<i>Orbigny</i>	<i>inachus</i>	<i>prieto</i>	<i>caribaeus</i>	<i>silenus</i>
Pa_A	1,00	2,00	1,00	2,00	2,00	3,00	2,00
T_T	12,00	21,01	21,08	20,80	21,21	20,46	20,43
R_Tt_An_m	7,29	12,01	12,05	11,83	12,19	11,42	11,68
An_Pr	6,16	11,26	11,18	11,03	11,38	10,81	10,91
A_C	5,83	26,20	25,97	25,69	27,02	24,83	24,44
Al_Pr	4,42	7,81	7,70	7,62	7,89	7,61	7,61
A_Pr	14,95	63,09	61,35	60,90	64,17	59,94	58,23
V_Pr	65,88	522,45	498,37	489,98	529,88	486,32	463,23
Lo_E	6,87	9,45	9,58	93,41	107,18	8,97	9,17
An_E_T	6,05	142,57	154,15	183,31	211,76	9,97	147,02
Da_E_An_m	2,61	4,16	4,27	4,18	4,27	3,90	4,03
A_Fa	2,63	262,20	284,20	179,27	207,56	176,81	271,20
A_Tia	1,85	146,19	158,23	100,37	116,05	164,15	150,90
La_Tia	3,12	134,35	145,69	92,07	106,39	150,97	138,92
An_Dim_Tia	1,07	57,57	62,39	39,39	45,51	64,77	59,50
A_Pd	4,49	408,38	442,43	279,64	323,61	340,96	422,10
A_Fp	3,44	175,48	190,04	121,06	139,78	195,95	181,16

Rasgo	Especies						
	C.	C.	D.	D.	D.	E.	O.
	<i>luteicollis</i>	<i>telamon</i>	<i>Orbigny</i>	<i>inachus</i>	<i>prieto</i>	<i>caribaeus</i>	<i>silenus</i>
A_Tip	1,56	92,96	100,69	81,60	73,93	103,94	95,98
La_Tip	3,63	108,33	117,45	74,68	86,03	121,10	111,92
A_Pt	4,99	268,54	290,92	202,73	213,79	300,14	277,24
A_Pl_M	9,69	689,10	746,46	471,46	545,53	774,02	712,46
Lo_Pl_M	4,97	176,18	190,84	121,38	140,08	198,17	182,25
Lo_Ab	3,43	105,65	114,52	72,95	83,90	118,60	109,12
Al_pe	5,60	8,76	8,67	8,67	8,91	8,24	8,68
Al_Es	0,71	0,67	0,67	0,67	0,68	0,66	0,68

Pa_A (Patrones de anidación [rasgo cualitativo]); T_T (Tamaño total); R_Tt_An_m (Ancho máximo); An_Pr (Ancho del pronoto); A_C (Área de la cabeza); Al_Pr (Altura del pronoto); A_Pr (Área del pronoto); V_Pr (Volumen del pronoto); Lo_E (Longitud del Élitro); An_E_T (Ancho máximo del Élitro junto al tórax); Da_E_An_m (Distancia desde la parte anterior del Élitro a la anchura máxima); A_Fa (Área del fémur anterior); A_Tia (Área de la Tibia anterior); La_Tia (Largo de la Tibia anterior); An_Dim_Tia (Ancho del diente mayor de la Tibia Anterior); A_Pd (Área de las patas delanteras); A_Fp (Área del fémur posterior); A_Tip (Área de la tibia posterior); La_Tip (Largo de la Tibia posterior); A_Pt (Área de las patas traseras); A_Pl_M (Área de la placa mesometaesternal); Lo_Pl_M (Longitud de la Placa mesometaesternal); Lo_Ab (Longitud del abdomen); Al_pe (Altura del perfil); y Al_Es (Altura – esfericidad del cuerpo al realizar el vuelo).

6.2. Estimar la diversidad funcional de escarabajos peloteros en un Bosque Natural de Ladera, Bosque Natural de Ribera y Pastizal de la Estación Experimental El Padmi

A partir de los rasgos de los escarabajos peloteros, se obtuvo una alta riqueza funcional (FRic) y dispersión funcional (FDis) en el Bosque Natural de Ladera, con valores medios de uniformidad y divergencia funcional. En cuanto al Bosque Natural de Ribera en términos de uniformidad, divergencia y dispersión funcional, se tiene una ligera ventaja sobre el Pastizal, siendo un poco más alta esta cobertura para el caso de riqueza funcional (Figura 6).

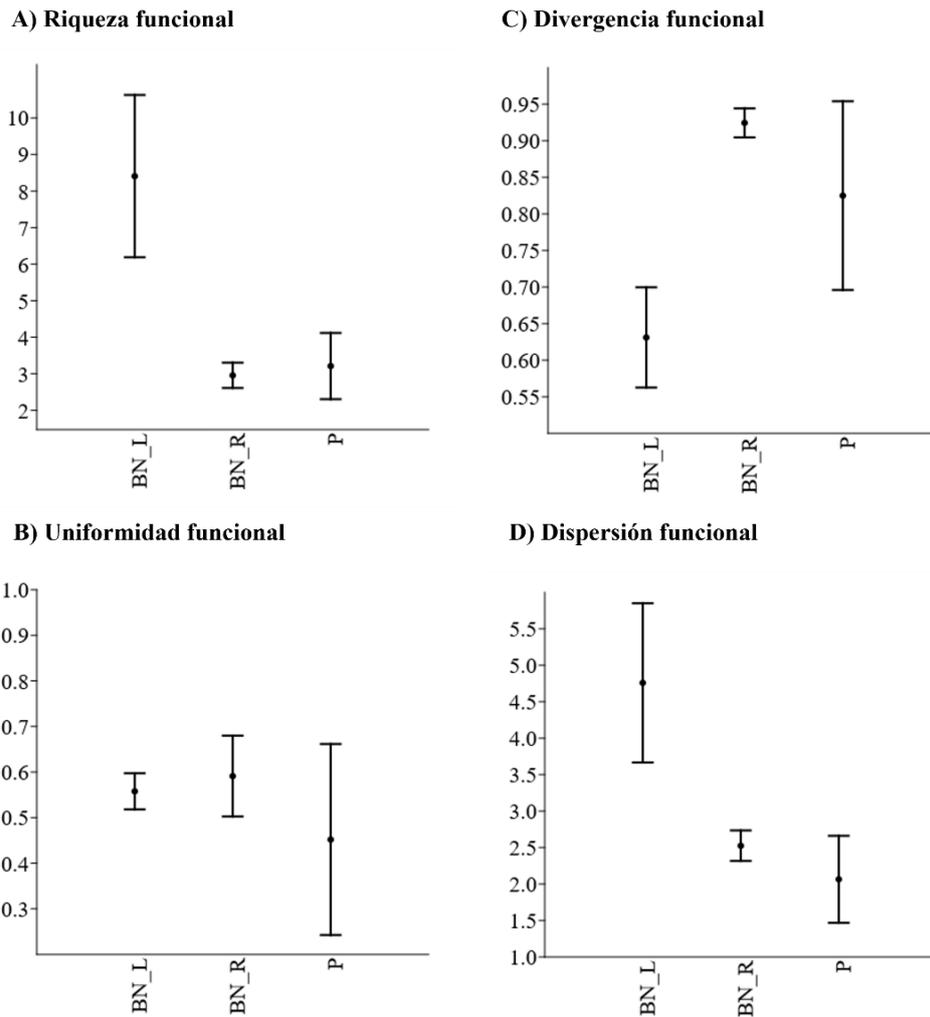


Figura 6. Comparación de medias y desviación estándar de la riqueza funcional (FRic), uniformidad funcional (FEve), divergencia funcional (FDiv) y dispersión funcional (FDis) de los escarabajos peloteros, entre las tres coberturas vegetales: Bosque Natural de Ladera (BN_L); Bosque Natural de Ribera (BN_R), y Pastizal (P) en la Estación Experimental El Padmi.

6.3. Comparación de la diversidad funcional de escarabajos peloteros en un Bosque Natural de Ladera, Bosque Natural de Ribera y Pastizal de la Estación Experimental El Padmi

Mediante la comparación no paramétrica de Kruskal-Wallis, se determinó que el único índice que no presenta diferencias significativas fue la uniformidad funcional (FEve) con un p-valor de 0,3760; mayor al nivel de significancia estadístico ($\alpha = 0,05$) (Tabla 4).

Tabla 4. Prueba no paramétrica del test de Kruskal-Wallis para cada índice de diversidad funcional entre las tres coberturas vegetales: Bosque Natural de Ladera (BN_L); Bosque Natural de Ribera (BN_R) y Pastizal (P) de la Estación Experimental El Padmi.

Índices	N	p-valor
FRic		
• BN_L	9	0,0001
• BN_R	9	
• P	8	
FEve		0,3760
• BN_L	9	
• BN_R	9	
• P	8	
FDiv		0,0013
• BN_L	9	
• BN_R	9	
• P	8	
FDis		0,0029
• BN_L	9	
• BN_R	9	
• P	8	

FRic: Riqueza funcional; FEve: uniformidad funcional; FDiv: divergencia funcional; FDis: dispersión funcional; N: muestras; y p-valor: Valor de probabilidad.

7. Discusión

Los escarabajos peloteros son considerados como bioindicadores de la perturbación de ecosistemas (Halffter y Favila, 1993; Noriega, et al., 2012), por su sensibilidad a la fragmentación del hábitat (Noriega et al., 2007), siendo imprescindible conocer su diversidad funcional (Davies et al., 2020), por el aporte de minerales al suelo, disminución de los gases de efecto invernadero (Slade et al., 2016) y brindar servicios ambientales al ecosistema (Nichols et al., 2008).

Los resultados indican que existe una diferencia significativa entre los tres índices de diversidad funcional por cada cobertura, excepto en la medida de equitatividad funcional, es decir que estas tres coberturas tienen diferentes funcionamientos ecológicos, lo que implica que indicará

cómo se encuentran distribuidas las especies en el espacio funcional, su capacidad de aprovechamiento de recursos y su redundancia funcional, que incide en su capacidad de respuesta a perturbaciones ambientales, como el ingreso de especies invasoras que inciden en el rendimiento del ecosistema (Mason et al., 2005; Laliberté et al., 2010). Este estudio dará a conocer la capacidad de respuesta de estos escarabajos peloteros mediante sus servicios ecosistémicos y el estado de estas tres coberturas vegetales en la Estación Experimental El Padmi, mismo estudio, complementario al análisis de la diversidad taxonómica realizado por Cuenca, (datos no publicados) que se enfocó en la riqueza y abundancia de especies.

De los rasgos morfológicos suaves seleccionados, se destacan los patrones de anidación categorizado, brindando servicios ambientales relacionados con la forma de enterrar o aprovechar el estiércol a través de diferentes métodos y con la sensibilidad a la perturbación del hábitat (Bert Hölldobler et al., 1990; Escobar, 2004; Piccini et al., 2018). Además, está el área de las patas delanteras, que está relacionado con un mayor éxito de remoción del estiércol, profundidad y reubicación del alimento sobre la superficie del suelo (Davies et al., 2020b), contrario al rasgo del área de las patas traseras, que comprende la cantidad de dispersión de semillas al rodar el excremento que las contiene (Griffiths et al., 2015; Nervo et al., 2014), el de relación de longitud o tamaño corporal que corresponde a la capacidad de esparcimiento de las especies junto con otras características mencionadas que aportan mediante sus servicios ambientales al funcionamiento del ecosistema (Barragán et al., 2011; Nichols et al., 2013).

Finalmente se tiene al volumen del pronoto que fue predominante en las tres coberturas al igual el patrón de anidación de tipo paracóprido dentro del estudio. Esto puede deberse a las patas delanteras que se sitúan en su pronoto, mayor profundidad de enterramiento y mejores condiciones ambientales como temperatura debajo del recurso (Nichols et al., 2008).

Los resultados de diversidad funcional de escarabajos peloteros a nivel de coberturas, indican que existen diferentes escenarios de funcionalidad para cada cobertura vegetal según el índice analizado. Varios autores como Mason et al., (2005), mencionan que cada índice debe evaluarse independientemente y sus resultados aportan al conocimiento general del funcionamiento de todo el ecosistema (Tapia y Zambrano, 2015).

El Bosque Natural de Ladera presenta mayor riqueza y dispersión funcional que las otras 2 coberturas. Esto indica una mayor riqueza de rasgos funcionales de los escarabajos peloteros registrados en esta cobertura, por lo tanto, mayor cantidad de recursos usados dentro de la misma, por ello se esperarían una mayor productividad en esta cobertura vegetal (Tapia y

Zambrano, 2015). Es importante comprender que este índice de riqueza funcional, es una medida independiente de la abundancia de los individuos y está indirectamente relacionada con los procesos de ensamblaje comunitario. Esto implica que a pesar de que en las tres coberturas presentan una riqueza taxonómica similar (Cuenca, 2022), donde las especies consideradas para medir sus rasgos funcionales fueron casi las mismas (solo una especie más en Bosque Natural de Ladera), el resultado de este índice indica que una mayor cantidad de espacio funcional del Bosque Natural de Ladera, está siendo usado por ciertos escarabajos peloteros, como *Dichotomius inachus*, *Eurysternus caribaeus*, *Canthon luteicollis* y *Dichotomius prietoi* (Cuenca, 2022).

La dispersión funcional alta en el Bosque Natural de Ladera, de acuerdo a lo mencionado por Prada-Salcedo et al., (2021), muestra que tendrá una mayor capacidad de respuesta hacia las afectaciones ambientales, mejor aprovechamiento de recursos, resistencia a especies invasoras, y con ello, buena resiliencia y productividad del ecosistema.

A nivel biológico, estos altos niveles de índices de riqueza y de dispersión en el Bosque Natural de Ladera podrían explicarse con otras variables como mayor cobertura de dosel y la cantidad de materia orgánica (Quizhpe Tapia y Orellana Fierro, 2011) que les permite a los escarabajos peloteros ocultarse de depredadores en la hojarasca, además de la baja exposición a la radiación solar (Celi y Dávalos, 2001) que favorecería los diferentes patrones de anidación con respecto a las otras coberturas de la Estación Experimental El Padmi.

Sin embargo, en el Bosque Natural de Ladera, la divergencia funcional presentó un valor medio. Este valor es una medida de similitud funcional entre especies dominantes (Tapia y Zambrano, 2015). Las especies dominantes de esta cobertura vegetal fueron *Dichotomius inachus*, *Eurysternus caribaeus*, *Canthon luteicollis* y *Dichotomius prietoi* (Cuenca, 2022). De acuerdo a Villéger et al., (2008), estas especies estarían cerca del centro del nicho funcional lo que significa que hay baja diferencia funcional entre ellas, lo que a su vez quiere decir un aumento de competencia y disminución de la eficiencia en el aprovechamiento de recursos disponibles y consecuentemente afecta el funcionamiento del ecosistema (Villéger et al., 2008).

Estos resultados contrastantes entre los tres índices de diversidad funcional se pueden interpretar como una condición del Bosque Natural de Ladera, a pesar de que existe alta riqueza funcional y alta capacidad de respuesta a perturbaciones, aún puede existir un limitado

provisionamiento de servicios ecosistémicos dado por los escarabajos peloteros (Tapia y Zambrano, 2015).

La uniformidad funcional está influenciada por la abundancia de especies (Villéger et al., 2008), no presenta diferencias significativas entre las tres coberturas, y además presentan valores medios, para las tres coberturas, lo que se interpreta como un nicho funcional ocupado, pero subutilizado, lo que significaría un posible ingreso de especies invasoras que aprovechen estos recursos disponibles en estos espacios no ocupados en su totalidad con baja distribución uniforme de estas especies (Tapia y Zambrano, 2015). El Bosque Natural de Ribera posee una menor área en comparación a las otras coberturas, por lo que se podría esperar una baja redundancia, ya que estudios (Fonseca y Ganade, 2001; Mouchet et al., 2010) indican una relación directa, que, a mayor área, será mayor la redundancia funcional, en beneficio del ecosistema (Cadotte et al., 2011; Tsianou y Kallimanis, 2016), por lo que, se puede esperar que este ecosistema tendrá menor productividad. Para el Bosque Natural de Ladera, que posee un índice de FEve de 0,56, y cuya extensión es mayor, puede esperarse que haya una mayor redundancia funcional y por tanto mayor resiliencia (Cadotte et al., 2011; Tsianou y Kallimanis, 2016). La cobertura Pastizal tiene el valor de uniformidad funcional más bajo de las tres coberturas, por su degradación, bajo número de árboles, presencia de ganado, mayor temperatura y exposición más alta de la radiación solar (Quizhpe Tapia y Orellana Fierro, 2011), lo que favorece una menor redundancia y resiliencia (Laliberté et al., 2010; Rosenfeld, 2002) con baja productividad (Tapia y Zambrano, 2015) dentro del ecosistema de esta cobertura.

El Bosque Natural de Ribera, tiene una divergencia funcional alta en comparación a las otras coberturas, lo cual significa una baja competencia entre las especies, mayor efectividad en el aprovechamiento de los recursos (Villéger et al., 2008) y capacidad de respuesta (Cadotte et al., 2011; Tsianou y Kallimanis, 2016) ante factores antrópicos. Estos valores de FDiv pueden deberse al menor número de especies dominantes como *Dichotomius inachus* y *Eurysternus caribaeus* de hábitos paracópridos y endocópridos respectivamente, en comparación con otras coberturas donde son más abundantes (Cuenca, 2022).

Para el caso de la riqueza funcional como dispersión funcional, en el Bosque Natural de Ribera se tiene valores bajos, por lo que, según lo planteado por Mason et al., (2005), se podría esperar, que las especies de escarabajos peloteros no estén explotando en su totalidad los recursos que se encuentran disponibles, lo que provocaría una baja eficiencia en el funcionamiento de esta

cobertura vegetal. Estos valores de las dos métricas de diversidad funcional pudieran estar influenciados por el entorno ya que el Bosque de Ribera está rodeado por una zona degradada (Pastizal) y por el río Zamora (Quizhpe Tapia y Orellana Fierro, 2011).

La divergencia funcional en el Bosque Natural de Ribera es alta, que implica un aprovechamiento efectivo de los recursos que se encuentran disponibles por parte de estos escarabajos peloteros, pero con una posible baja capacidad de respuesta a causa de los valores bajos de las otras métricas, lo que causaría un bajo aporte de los escarabajos peloteros a los servicios ambientales que se brindan en este ecosistema (Tapia y Zambrano, 2015).

En el Pastizal se presentó una riqueza funcional más alta que el Bosque Natural de Ribera, con un mejor aprovechamiento de los recursos que se encuentran disponibles (Prada-Salcedo et al., 2021; Tapia y Zambrano, 2015). De acuerdo a lo mencionado por Fonseca y Ganade, (2001) y Mouchet et al. (2010), esta cobertura tendrá una mayor redundancia funcional por ser un área mayor al Bosque Natural de Ribera, mientras que para la divergencia funcional, la capacidad de respuesta será similar al Bosque Natural de Ribera, con un número menor de individuos de las especies dominantes de *Dichotomius inachus* y *Eurysternus caribaeus*, de acuerdo a Tapia y Zambrano, (2015), la competencia entre las especies de escarabajos peloteros dentro del Pastizal sería baja, lo que implicaría, un buen aprovechamiento de recursos disponibles. En el caso de la dispersión funcional baja, habrá una mayor competencia por los recursos, con el posible ingreso de especies invasoras y con ello baja capacidad de respuesta ante perturbaciones (Prada-Salcedo et al., 2021; Tapia y Zambrano, 2015).

Estas condiciones, a nivel ambiental, de riqueza y dispersión baja, se pudieron haber generado por la baja vegetación arbórea, exposición directa de la radiación solar al recurso y pisoteo del ganado que altera la estructura del suelo en el Pastizal (Quizhpe Tapia y Orellana Fierro, 2011) en donde las únicas especies que pueden verse beneficiadas serían los tunelizadores, que se benefician por estas condiciones (Nunes y Vaz-de-Mello, 2020; Sarmiento-Garcês y Amat-García, 2009). La estructura alterada del suelo en el Pastizal, en cambio si pudiera afectar a las especies de rodadores como *Deltochilum orbignyi amazonicum* en el traslado y entierro de sus bolas de estiércol (datos no publicados), los endocópidos como *Eurysternus caribaeus*, también se ven afectados en este tipo de cobertura vegetal por la baja humedad en el estiércol para su normal desarrollo durante el periodo larvario en la superficie del suelo (Gardner et al., 2008; Halffter y Edmonds, 1982; Lobo et al., 1998; Sowig, 1995). Además, la divergencia funcional alta, con baja competencia de especies dominantes tunelizadores como *Dichotomius*

inachus, podrían verse favorecidas al crear sus túneles debajo del alimento en este tipo de cobertura vegetal.

Con estos datos se infiere que en el Pastizal, 1) será bajo el aprovechamiento de recursos, 2) habrá baja resistencia al posible ingreso de especies invasoras, y 3) que frente a disturbios ambientales, no va a haber una efectiva capacidad de respuesta por parte de los escarabajos peloteros y con ello será baja la productividad de este ecosistema (Tapia y Zambrano, 2015).

Es importante señalar que estos valores de índices de diversidad funcional en el Pastizal, se pudieron haber visto afectados por la ausencia de ganado durante los primeros muestreos de noviembre y diciembre sin presencia de ganado en el área muestreada, lo que significa, ausencia del recurso alimenticio y baja anidación de los escarabajos peloteros (Nichols et al., 2008 y datos no publicados). Esto lo reporta Cuenca (datos no publicados), quien realizó los muestreos de escarabajos peloteros en la Estación Experimental El Padmi.

Dentro del estudio, existieron otros rasgos morfológicos suaves cuantitativos que no fueron considerados, como biomasa seca (Carvalho et al., 2020; Díaz et al., 2010; Griffiths et al., 2015; Rivera et al., 2021), debido, a la discrepancia de metodologías y consideraciones para obtener el valor de este rasgo (Carvalho et al., 2020, Díaz et al., 2010; Ganihar, 1997; Guerra Alonso et al., 2021a; Rivera et al., 2021; Ulrich, 2013), mismo que indica la cantidad de estiércol enterrado (Escobar, 2004; Piccini et al., 2018), mientras que para el peso húmedo (Giménez-Gómez, 2019; Tonelli et al., 2020), se lo obtiene en campo y no a nivel de laboratorio, como se lo realizó en este estudio, ya que el presente trabajo partió de colecciones depositadas en el Museo de Zoología LOUNAZ y pertenecieron a colectas de una investigación realizada por Cuenca en el 2022. Por lo que, al estar relacionado este rasgo con la carga alar (Giménez-Gómez, 2019; Tonelli et al., 2020) tampoco se lo podría medir en este estudio. Otros rasgos morfológicos suaves cualitativos que no fueron analizados en este estudio, por ejemplo, están el período de actividad (Griffiths et al., 2015), estado de amenaza (Roslin et al., 2014), y el comportamiento reproductivo (Tonelli et al., 2020), por la escasa información que se encuentra disponible a nivel de especies.

8. Conclusiones

- Se evaluaron 25 rasgos de interés relacionados con los patrones de anidación, cabeza, patas delanteras y traseras involucrados con el enterramiento de excremento, dispersión secundaria de semillas y bioturbación del suelo de los escarabajos peloteros.
- Dentro de la Estación Experimental El Padmi, el Bosque Natural de Ladera fue el que presentó una mejor capacidad de respuesta, por las condiciones ambientales favorables, como estructura del suelo, hojarasca, cobertura de dosel y humedad que favorecen a los escarabajos peloteros a desarrollar sus actividades. En Bosque Natural de Ladera, la divergencia funcional fue el único índice bajo, contrario al Bosque Natural de Ribera y Pastizal donde su divergencia funcional fue alta. Este índice, indica que en el Bosque Natural de Ladera existe una tendencia a que haya competencia entre sus especies dominantes.
- El Bosque Natural de Ladera posee una riqueza funcional más alta y una divergencia más baja que El Bosque Natural de Ribera y Pastizal, que tienen valores similares de riqueza, divergencia y dispersión funcional. En cuanto a la uniformidad funcional, poseen valores medios similares para las tres coberturas de la Estación Experimental El Padmi.

9. Recomendaciones

- Establecer los protocolos de selección de individuos por especie en la obtención de los resultados, con el fin de maximizar esfuerzos previos a los análisis y cumplir con los tiempos establecidos dentro de la investigación.
- Para estudios posteriores se podría incluir otros rasgos morfológicos de importancia ecológica como la carga alar que se mide *in situ*, que da a conocer el nivel de dispersión de una especie de un sitio a otro, así como su peso húmedo que indica la cantidad de recurso consumido en esa comunidad, mismos que ayudaría a comprender y fortalecer la diversidad funcional en beneficio del sitio estudiado.
- Para futuras investigaciones se debe incluir variables del sitio, como la temperatura, que ayude a reforzar los resultados obtenidos de cada uno de los índices de diversidad funcional entre estas tres coberturas, además de la estacionalidad.
- Realizar un estudio complementario, crear una biblioteca virtual del escarabajo pelotero con información de su foto y rasgos como su tamaño a nivel de individuo, mismos datos que servirán para posteriores investigaciones.

10. Bibliografía

- Aguirre Mendoza, Z. (2020). *Centro de conservación ex situ EL Padmi (Jardín Botánico EL Padmi)*. August. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20732.77440>
- Almeida, H. A., Antonini, Y., Tavares Junior, C., Braga, R. F., Da Silva, P. G., y Beiroz, W. (2021). Dung beetles can sow: the potential of secondary seed dispersers to assist ecological restoration. *Ecological Entomology*. <https://doi.org/10.1111/EEN.13100>
- Amat, G., Gasca, J., Gasca, H., Amat, E., Ciencias Naturales, y Instituto De's. (2005). *Guía para la cría de escarabajos* (Número September 2005). Bancoideas impresores. https://www.researchgate.net/publication/267927969_Guia_para_la_cria_de_ESCARABAJOS
- Anderson, M. J. (2006). Distance-based tests for homogeneity of multivariate dispersions. *Biometrics*, 62(1), 245-253. <https://doi.org/10.1111/j.1541-0420.2005.00440.x>
- Andresen, E. (2003). Effect of forest fragmentation on dung beetle communities and functional consequences for plant regeneration. *Ecography*, 26(1), 87-97. <https://doi.org/10.1034/J.1600-0587.2003.03362.X>
- Armijos, D., y Patiño-Loján, A. (2010). Herpetofauna de un Bosque Húmedo Tropical en la Quinta "El Padmi" del Centro de Estudios y Desarrollo para la Amazonía (CEDAMAZ), provincia de Zamora Chinchipe. *CEDAMAZ*, 1, 57-64.
- Arnold, K. E., Brown, A. R., Ankley, G. T., y Sumpter, J. P. (2014). Medicating the environment: assessing risks of pharmaceuticals to wildlife and ecosystems. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 369(1656), 20130569. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0569>
- Badenhorst, J., Dabrowski, J., Scholtz, C., y Truter, W. (2018). Dung beetle activity improves herbaceous plant growth and soil properties on confinements simulating reclaimed mined land in South Africa. *Applied Soil Ecology*, 132(October 2017), 53-59. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.08.011>
- Barragán, F., Moreno, C. E., Escobar, F., Halffter, G., y Navarrete, D. (2011). Negative impacts of human land use on dung beetle functional diversity. *PLoS ONE*, 6(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0017976>
- Bert Hölldobler, Cátedra Robert a Johnson en Investigación Social de Insectos Profesor Universitario de Ciencias de la Vida y Profesor Regents Bert Hölldobler, Edward O. Wilson, y Curador Honorario de Entomología y Profesor de Investigación Universitaria Emérito

- Edward O Wilson. (1990). *Las hormigas* - (H. U. Press (ed.)).
https://books.google.com.ec/books?id=R-7TaridBX0Cylr=yhl=esysource=gbs_navlinks_s
- Bouchard, P., Bousquet, Y., Davies, A. E., Alonso-Zarazaga, M. A., Lawrence, J. F., Lyal, C. H. C., Newton, A. F., Reid, C. A. M., Schmitt, M., Ślipiński, S. A., y Smith, A. B. T. (2011). Family-Group Names In Coleoptera (Insecta). *ZooKeys* 88: 1-972, 88(SPEC. ISSUE), 1-972. <https://doi.org/10.3897/ZOOKEYS.88.807>
- Braga, R. F., Korasaki, V., Andresen, E., y Louzada, J. (2013). Dung Beetle Community and Functions along a Habitat-Disturbance Gradient in the Amazon: A Rapid Assessment of Ecological Functions Associated to Biodiversity. *PLoS ONE*, 8(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0057786>
- Brown, J., Scholtz, C., Janeau, J. L., Grellier, S., y Podwojewski, P. (2010). Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) can improve soil hydrological properties. *Applied Soil Ecology*, 46(1), 9-16. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2010.05.010>
- Cadotte, M. W., Carscadden, K., y Mirotchnick, N. (2011). Beyond species: Functional diversity and the maintenance of ecological processes and services. *Journal of Applied Ecology*, 48(5), 1079-1087. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.02048.x>
- Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., Narwani, A., MacE, G. M., Tilman, D., Wardle, D. A., Kinzig, A. P., Daily, G. C., Loreau, M., Grace, J. B., Larigauderie, A., Srivastava, D. S., y Naeem, S. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 486(7401), 59-67. <https://doi.org/10.1038/nature11148>
- Carvajal, V., Villamarin, S., y Ortega, A. (2011). Escarabajos del Ecuador: Principales géneros. En *Instituto de Ciencias Biológicas Escuela Politécnica Nacional: Vol. Serie Ento* (Número 1). https://www.researchgate.net/profile/Santiago_Villamarin-Cortez/publication/294581162_Escarabajos_del_Ecuador_Principales_Generos/links/5b5a8057a6fdccf0b2f90d2e/Escarabajos-del-Ecuador-Principales-Generos.pdf
- Carvalho, R. L., Andresen, E., Anjos, D. V., França, F., y Vasconcelos, H. L. (2021). Supplementary material. *Ecological Indicators*, 125, 107598. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107598>
- Casanoves, F., Di Rienzo, J. A., y Pla, L. (2010). FDiversity User manual. En *Analysis* (Número December 2015).
- Celi, J., y Dávalos, A. (2001). *Manual de monitoreo, los escarabajos peloteros: como*

- indicadores de la calidad ambiental*. <https://searchworks.stanford.edu/view/5551854>
- Chamorro, W., Gallo, F., Delgado, S., Enríquez, S. I., Guasumba, V., y López-Iborra, G. (2019). Los escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) del Bosque Protector Oglán Alto, Pastaza, Ecuador. *Biota Colombiana*, 20(1), 34-49. <https://doi.org/10.21068/c2019.v20n01a03>
- Chamorro, W., Lopera-Toro, A., y Rossini, M. (2021). *Dichotomius* (*Dichotomius*) *prietoi* Martínez y Martínez 1982. *Zenodo*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.4600455>
- Chamorro, W., Marín-Armijos, D., Granda, V., y Vaz-De-Mello, F. Z. (2018). Checklist with a key to genera and subgenera of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) present and supposed for Ecuador. *Revista Colombiana de Entomología*, 44(1), 72-100. <https://doi.org/10.25100/socolen.v44i1.6545>
- Cornwell, W. K., Schwilk, D. W., y Ackerly, D. D. (2006). A trait-based test for habitat filtering: Convex hull volume. *Ecology*, 87(6), 1465-1471. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2006\)87\[1465:ATTFHF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2006)87[1465:ATTFHF]2.0.CO;2)
- Cuenca, Y. (2022). *DIVERSIDAD DE ESCARABAJOS COPRONECRÓFAGOS DE LA SUBFAMILIA SCARABAEINAE (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE) Y SU RELACIÓN CON LA ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN EN TRES ÁREAS DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL EL PADMI*. Universidad Nacional de Loja.
- Da Silva, P. G., Lobo, J. M., Hensen, M. C., Vaz-de-Mello, F. Z., y 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>
- Dasgupta, A. (2013). National knowledge resource consortium -a national gateway of SyT online resources for CSIR and DST laboratories. *Current Science*, 105(10), 1352-1357.
- Davies, R. W., Edwards, D. P., y Edwards, F. A. (2020a). Secondary tropical forests recover dung beetle functional diversity and trait composition. *Animal Conservation*, 23(5), 617-627. <https://doi.org/10.1111/acv.12584>
- Davies, R. W., Edwards, D. P., y Edwards, F. A. (2020b). Supplementary Material_Secondary tropical forests recover dung beetle functional diversity and trait composition. *Animal Conservation*, 23(5), 10. <https://doi.org/10.1111/acv.12584>
- Davis, A. L. V. (1996). Seasonal dung beetle activity and dung dispersal in selected South African habitats: implications for pasture improvement in Australia. *Agriculture*,

- Ecosystems y Environment*, 58(2-3), 157-169. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(96\)01030-4](https://doi.org/10.1016/0167-8809(96)01030-4)
- Di Rienzo, J., Casanovés, F., Balzarini, M., González, L., y Tablada, M. (2020). *Robledo*, CW *InfoStat Versión 2020*. [Universidad Nacional de CoCórdoba,]. <https://www.infostat.com.ar/index.php?mod=pageid=37>
- Díaz, A., Galante, E., y Favila, M. E. (2010). The Effect of the Landscape Matrix on the Distribution of Dung and Carrion Beetles in a Fragmented Tropical Rain Forest. *Journal of Insect Science*, 10(81), 1-16. <https://doi.org/10.1673/031.010.8101>
- Díaz, S., Lavorel, S., Chapin, F. S., Tecco, P. A., Gurvich, D. E., y Grigulis, K. (2007). Functional Diversity — at the Crossroads between Ecosystem Functioning and Environmental Filters. En *Terrestrial Ecosystems in a Changing World* (pp. 81-91). https://doi.org/10.1007/978-3-540-32730-1_7
- Dickson, T. L., y Foster, B. L. (2008). The relative importance of the species pool, productivity and disturbance in regulating grassland plant species richness: A field experiment. *Journal of Ecology*, 96(5), 937-946. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2008.01420.x>
- Dumay, O., Tari, P. S., Tomasini, J. A., y Mouillot, D. (2004). Functional groups of lagoon fish species in Languedoc Roussillon, southern France. *Journal of Fish Biology*, 64(4), 970-983. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2004.00365.x>
- Eldridge, D. J., Poore, A. G. B., Ruiz-Colmenero, M., Letnic, M., y Soliveres, S. (2016). Ecosystem structure, function, and composition in rangelands are negatively affected by livestock grazing. *Ecological Applications*, 26(4), 1273-1283. <https://doi.org/10.1890/15-1234>
- Elmqvist, T., Folke, C., Nyström, M., Peterson, G., Bengtsson, J., Walker, B., y Norberg, J. (2003). Response diversity, ecosystem change, and resilience. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1(9), 488-494. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2003\)001\[0488:RDECAR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2003)001[0488:RDECAR]2.0.CO;2)
- Escobar, F. (2004). Diversity and composition of dung beetle (Scarabaeinae) assemblages in a heterogeneous Andean landscape. *Tropical Zoology*, 17(1), 123-136. <https://doi.org/10.1080/03946975.2004.10531202>
- Escobar, F., Halffter, G., Solís, Á., Halffter, V., y Navarrete, D. (2008). Temporal shifts in dung beetle community structure within a protected area of tropical wet forest: A 35-year study

- and its implications for long-term conservation. *Journal of Applied Ecology*, 45(6), 1584-1592. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01551.x>
- Eriksson, O. (1993). The Species-Pool Hypothesis and Plant Community Diversity. *Oikos*, 68(2), 371-374. <https://doi.org/10.2307/3544854>
- Evans, M. E. G., y Forsythe, T. G. (1984). A comparison of adaptations to running, pushing and burrowing in some adult Coleoptera: especially Carabidae. *Journal of Zoology*, 202(4), 513-534. <https://doi.org/10.1111/J.1469-7998.1984.TB05049.X>
- Ezcurra, E. (2016). Anthropogenic disturbances infiltrate forest fragments. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(19), 5150-5152. <https://doi.org/10.1073/pnas.1604829113>
- Favila, M., y Halffter, G. (1997). The use of indicator groups for measuring Biodiversity as related to community structure and function. *Redaliyc*, 1-25. <https://www.researchgate.net/publication/26504645>
- Figueroa, L., Alvarado, M., y Figueroa, E. L. (2011). Coleópteros coprófagos (Scarabaeidae: Scarabeinae) de la Reserva Nacional Tambopata, Madre de Dios, Perú Dung beetles (Scarabaeidae: Scarabeinae) from the Reserva Nacional Tambopata, Madre de Dios, Peru. *Rev. peru. biol*, 18(2), 209-212.
- Fincher, G. . (1981). The potential value of dung beetles in pasture ecosystems. *Entomological Society (EE. UU.)*, 16, 316-333. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US19820731124>
- Flynn, D. F. B., Gogol-Prokurat, M., Nogeire, T., Molinari, N., Richers, B. T., Lin, B. B., Simpson, N., Mayfield, M. M., y DeClerck, F. (2009). Loss of functional diversity under land use intensification across multiple taxa. *Ecology Letters*, 12(1), 22-33. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01255.x>
- Fonseca, C. R., y Ganade, G. (2001). Species functional redundancy, random extinctions and the stability of ecosystems. *Journal of Ecology*, 89(1), 118-125. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2001.00528.x>
- Fountain-Jones, N. M., Baker, S. C., y Jordan, G. J. (2015). *Moving beyond the guild concept: Developing a practical functional trait framework for terrestrial beetles*. <https://doi.org/10.1111/een.12158>
- Gardner, T. A., Barlow, J., Araujo, I. S., Ávila-Pires, T. C., Bonaldo, A. B., Costa, J. E., Esposito, M. C., Ferreira, L. V., Hawes, J., Hernandez, M. I. M., Hoogmoed, M. S., Leite,

- R. N., Lo-Man-Hung, N. F., Malcolm, J. R., Martins, M. B., Mestre, L. A. M., Miranda-Santos, R., Overal, W. L., Parry, L., ... Peres, C. A. (2008). The cost-effectiveness of biodiversity surveys in tropical forests. *Ecology Letters*, *11*(2), 139-150. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01133.x>
- Gardner, T. A., Hernández, M. I. M., Barlow, J., y Peres, C. A. (2008). Understanding the biodiversity consequences of habitat change: the value of secondary and plantation forests for neotropical dung beetles. *Journal of Applied Ecology*, *45*(3), 883-893. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2664.2008.01454.X>
- GBIF. (2022, julio 14). *Dichotomius inachus*. <https://www.gbif.org/species/1092962>
- Giménez-Gómez, V. C. (2019). *Efecto del cambio de uso del suelo en la diversidad de coleópteros copro-necrófagos del Bosque Atlántico: patrones y mecanismos propuestos*. Universidad Nacional de Cuyo.
- Gittings, T., Stakelum, G., y Giller, P. S. (1976). Decomposition of Organic Materials and Soil Fauna in Pasture .4. Disappearance of Cow Dung and Succession of Associated Soil Micro-Arthropods. *Pedobiologia*, *16*(4), 243-257.
- Gómez-Cifuentes, A., Giménez-Gómez, V. C., Moreno, C. E., y Zurita, G. A. (2019). Tree retention in cattle ranching systems partially preserves dung beetle diversity and functional groups in the semideciduous Atlantic forest: The role of microclimate and soil conditions. *Basic and Applied Ecology*, *34*, 64-74. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2018.10.002>
- Griffiths, H. M., Louzada, J., Bardgett, R. D., Beiroz, W., França, F., Tregidgo, D., y Barlow, J. (2015). Biodiversity and environmental context predict dung beetle-mediated seed dispersal in a tropical forest field experiment. *Ecology*, *96*(6), 1607-1619. <https://doi.org/10.1890/14-1211.1>
- Guerra, C. B., Zurita, G. A., y Bellocq, M. I. (2021a). *Supporting Information _Response of dung beetle taxonomic and functional diversity to livestock grazing in an arid ecosystem* (p. 10). <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/een.13004>
- Halffter, G., y Edmonds, W. (1982). The Nesting Behavior of Dung Beetles (Scarabaeinae). An Ecological and Evolutive Approach by Gonzalo Halffter, W. D. Edmonds. *Journal of the New York Entomological Society*, *91*, 512-515. <https://www.biodiversitylibrary.org/part/180216>
- Halffter, G., y Favila, M. (1993). The Scarabaeinae an Animal Group for Analysing, inventorying and Monitoring Biodiversity in Tropical Rainforest and Modified

https://www.zin.ru/animalia/coleoptera/pdf/halffter_favila_1993.pdf

- Halffter, G., y Halffter, V. (2009). Why and where coprophagous beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) eat seeds, fruits or vegetable detritus. *Boletín de la S.E.A., No.45*, 1-22. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20103024030>
- Hanski, I., y Cambefort, Y. (1991). *Dung beetle ecology*. 481. <https://press.princeton.edu/books/hardcover/9780691634593/dung-beetle-ecology>
- Hector, A., Schmid, B., Beierkuhnlein, C., Caldeira, M. C., Diemer, M., Dimitrakopoulos, P. G., Finn, J. A., Freitas, H., Giller, P. S., Good, J., Harris, R., Högberg, P., Huss-Danell, K., Joshi, J., Jumpponen, A., Körner, C., Leadley, P. W., Loreau, M., Minns, A., ... Lawton, J. H. (1999). Plant diversity and productivity experiments in European grasslands. *Science*, 286(5442), 1123-1127. <https://doi.org/10.1126/science.286.5442.1123>
- Hernández, M. I. M., Barreto, P. S. C. S., Costa, V. H., Creão-Duarte, A. J., y Favila, M. E. (2014). Response of a dung beetle assemblage along a reforestation gradient in Restinga forest. *Journal of Insect Conservation*, 18(4), 539-546. <https://doi.org/10.1007/S10841-014-9645-5>
- Hernández, M. I. M., Monteiro, L. R., y Favila, M. E. (2011). The role of body size and shape in understanding competitive interactions within a community of neotropical dung beetles. *Journal of Insect Science*, 11. <https://doi.org/10.1673/031.011.0113>
- Hodgson, J. G., Wilson, P. J., Hunt, R., Grime, J. P., y Thompson, K. (1999). Allocating C-S-R Plant Functional Types: A Soft Approach to a Hard Problem. *Oikos*, 85(2), 282. <https://doi.org/10.2307/3546494>
- Holter, P., y Scholtz, C. H. (2013). Elongated hindguts in desert-living dung beetles (Scarabaeidae: Scarabaeinae) feeding on dry dung pellets or plant litter. *undefined*, 274(6), 657-662. <https://doi.org/10.1002/JMOR.20123>
- Hooper, D. U., Chapin, F. S., Ewel, J. J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., Lawton, J. H., Lodge, D. M., Loreau, M., Naeem, S., Schmid, B., Setälä, H., Symstad, A. J., Vandermeer, J., y Wardle, D. A. (2005). Effects of Biodiversity on Ecosystem functioning: A consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*, 75(1), 3-35. <https://doi.org/10.1890/04-0922>
- Hooper, David U. (1998). The Role of Complementarity and Competition in Ecosystem Responses to Variation in Plant Diversity. *Ecology*, 79(2), 704.

<https://doi.org/10.2307/176964>

- Horgan, F. G. (2005). Effects of deforestation on diversity, biomass and function of dung beetles on the eastern slopes of the Peruvian Andes. *Forest Ecology and Management*, 216(1-3), 117-133. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.05.049>
- Horgan, F. G. (2008). Dung beetle assemblages in forests and pastures of El Salvador: A functional comparison. *Biodiversity and Conservation*, 17(12), 2961-2978. <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9408-2>
- Hosaka, T., Niino, M., Kon, M., Ochi, T., Yamada, T., Fletcher, C., y Okuda, T. (2014). Effects of logging road networks on the ecological functions of dung beetles in Peninsular Malaysia. *Forest Ecology and Management*, 326, 18-24. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.04.004>
- Inayatullah, S. S., y Nor Syahirah, M. N. (2016). Effect of Cut-Off Frequency of Butterworth Filter on Detectability and Contrast of Hot and Cold Regions in Tc-99m SPECT. *Creative Education*, 01(01), 62-67. <https://doi.org/10.4236/CE.2010.11010>
- Inward, D. J. G., Davies, R. G., Pergande, C., Denham, A. J., y Vogler, A. P. (2011). Local and regional ecological morphology of dung beetle assemblages across four biogeographic regions. *Journal of Biogeography*, 38(9), 1668-1682. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2699.2011.02509.X>
- Celi, J., Terneus, E., Torres, J., y Ortega, M. (2004). Dung Beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) Diversity in an Altitudinal Gradient in the Curucú Range, Morona Santiago, Ecuadorian Amazon. *Lyonia*, 7(December). <https://lyonia.org/viewarticle-247>
- Keddy, P. A. (1992). Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology. *Journal of Vegetation Science*, 3(2), 157-164. <https://doi.org/10.2307/3235676>
- Kremen, C., Colwell, R., Erwin, T., Murphy, D., Noss, R., y Sanjayan, M. (1993). Terrestrial Arthropod Assemblages: Their Use in Conservation Planning. *Conservation Biology*, 7(4), 796-808. <https://tarjomefa.com/wp-content/uploads/2016/01/4265-english.pdf>
- Laliberté, E., y Legendre, P. (2010). A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits. *Ecology*, 91(1), 299-305. <https://doi.org/10.1890/08-2244.1>
- Laliberté, E., Legendre, P., y Shipley, B. (2014). *FD: Measuring functional diversity (FD) from multiple traits, and other tools for functional ecology version 1.0-12 from CRAN*. <https://rdrr.io/cran/FD/>
- Laliberté, E., Wells, J. A., Declerck, F., Metcalfe, D. J., Catterall, C. P., Queiroz, C., Aubin, I.,

- Bonser, S. P., Ding, Y., Fraterrigo, J. M., McNamara, S., Morgan, J. W., Merlos, D. S., Vesk, P. A., y Mayfield, M. M. (2010). Land-use intensification reduces functional redundancy and response diversity in plant communities. *Ecology Letters*, 13(1), 76-86. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01403.x>
- Laurance, W. F., Sayer, J., y Cassman, K. G. (2014). Agricultural expansion and its impacts on tropical nature. *Trends in Ecology and Evolution*, 29(2), 107-116. <https://doi.org/10.1016/J.TREE.2013.12.001>
- Lavorel, S., y Garnier, E. (2002). Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: Revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology*, 16(5), 545-556. <https://doi.org/10.1046/J.1365-2435.2002.00664.X>
- Llopis-Belenguer, C., Blasco-Costa, I., y Balbuena, J. A. (2019). Beyond counting species: A new way to look at biodiversity. *Metode*, 2019(9), 63-67. <https://doi.org/10.7203/metode.9.11186>
- Lobo, J. M., Lumaret, J. P., y Jay-Robert, P. (1998). Sampling dung beetles in the French Mediterranean area: Effects of abiotic factors and farm practices. *Pedobiologia*, 42(3), 252-266.
- Losey, J. E., y Vaughan, M. (2006). The economic value of ecological services provided by insects. *BioScience*, 56(4), 311-323. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2006\)56\[311:TEVOES\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2006)56[311:TEVOES]2.0.CO;2)
- Luck, G. W., Carter, A., y Smallbone, L. (2013). Changes in Bird Functional Diversity across Multiple Land Uses: Interpretations of Functional Redundancy Depend on Functional Group Identity. *PLOS ONE*, 8(5), e63671. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0063671>
- Maldonado, M. B., Aranibar, J. N., Serrano, A. M., Chacoff, N. P., y Vázquez, D. P. (2019). Dung beetles and nutrient cycling in a dryland environment. *CATENA*, 179(March), 66-73. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.03.035>
- Manning, P., Slade, E., Beynon, S., y Lewis, O. (2016). Functionally rich dung beetle assemblages are required to provide multiple ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems y Environment*, 218, 87-94. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.11.007>
- Manuwoto, S., Hidayat, P., Noerdjito, W., Schulze, C., y Saleh, S. (2008). The Role of Coprophagous Beetles on Dung Decomposition and Enhancement of Soil Fertility: Effect of Body Size, Species Diversity and Biomass. *Indonesian Journal of Biology*, 5(2), 76005.

<https://doi.org/10.0/CSS/ALL.CSS>

- Martinez, I., Cruz, M., Huerta, C., y Montes de Oca, E. (2015). *La cría de escarabajos estercoleros*.
- Marín-Armijos, D., Chamba-Carrillo, A., y Pedersen, K. M. (2023). Morphometric changes on dung beetle *Dichotomius problematicus* (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) related to conversion of forest into grassland: A case of study in the Ecuadorian Amazonia. *Ecology and Evolution*, 13(2). <https://doi.org/10.1002/ece3.9831>
- Mason, N. W. H., De Bello, F., Mouillot, D., Pavoine, S., y Dray, S. (2013). A guide for using functional diversity indices to reveal changes in assembly processes along ecological gradients. *Journal of Vegetation Science*, 24(5), 794-806. <https://doi.org/10.1111/jvs.12013>
- Mason, N. W. H., Mouillot, D., Lee, W. G., y Wilson, J. B. (2005). Functional richness, functional evenness and functional divergence: The primary components of functional diversity. *Oikos*, 111(1), 112-118. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2005.13886.x>
- Milotić, T., Baltzinger, C., Eichberg, C., Eycott, A. E., Heurich, M., Müller, J., Noriega, J. A., Menendez, R., Stadler, J., Adam, 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>
- Mouchet, M. A., Villéger, S., Mason, N. W. H., y Mouillot, D. (2010). Functional diversity measures: an overview of their redundancy and their ability to discriminate community assembly rules. *Functional Ecology*, 24(4), 867-876. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2010.01695.x>
- Mouillot, D., Dumay, O., y Tomasini, J. A. (2007). Limiting similarity, niche filtering and functional diversity in coastal lagoon fish communities. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 71(3-4), 443-456. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2006.08.022>
- Naeem, S., y Li, S. (1997). Biodiversity enhances ecosystem reliability. *Nature*, 390(6659), 507-509. <https://doi.org/10.1038/37348>
- Naranjo, E., y Ramírez, T. (2009). *COMPOSICIÓN FLORÍSTICA, ESTRUCTURA Y ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL BOSQUE NATIVO DE LA QUINTA EL PADMI, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE* [Universidad Nacional de Loja].

[https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5363/1/Naranjo Paute Elsa %26 Ramirez Guaman Tito.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5363/1/Naranjo_Paute_Elsa_%26_Ramirez_Guaman_Tito.pdf)

- Navarrete, D., y Halffter, G. (2008). Dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) diversity in continuous forest, forest fragments and cattle pastures in a landscape of Chiapas, Mexico: the effects of anthropogenic changes. *undefined*, 17(12), 2869-2898. <https://doi.org/10.1007/S10531-008-9402-8>
- Nervo, B., Tocco, C., Caprio, E., Palestrini, C., y Rolando, A. (2014). The effects of body mass on dung removal efficiency in dung beetles. *PLoS ONE*, 9(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107699>
- Nichols, E., Larsen, T., Spector, S., Davis, A. L., Escobar, F., Favila, M., y 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, Elizabeth, Uriarte, M., Bunker, D. E., Favila, M. E., Slade, E. M., Vulinec, K., Larsen, T., Vaz-de-Mello, F. Z., Louzada, J., Naeem, S., y Spector, S. H. (2013). Trait-dependent response of dung beetle populations to tropical forest conversion at local and regional scales. *Ecology*, 94(1), 180-189. <https://doi.org/10.1890/12-0251.1>
- Nichols, L., Spector, Louzada, J., Larsen, T., Amezquita, S., y Favila, M. (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. (2009). Análisis de la diversidad de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en el departamento de Cundinamarca. *Journal of Technology*, 8(1), 83-89. https://www.researchgate.net/publication/272491099_Analisis_de_la_diversidad_de_escarabajos_coprofagos_Coleoptera_Scarabaeidae_en_el_departamento_de_Cundinamarca
- Noriega, J. A., Palacio, J. M., Monroy-G., J. D., y Valencia, E. (2012). Estructura de un ensamblaje de escarabajos coprófagos uso del suelo en Antioquia, Colombia. *Actual Biol*, 34(96), 43-54.
- Noriega, J., Realpe, E., y Fagua, G. (2007). Diversidad de Escarabajos Coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en un Bosque de Galería con Tres Estadios de Alteración. *Redalyc*, 12, 51-63. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49912104>
- Nunes, R. V., y Vaz-de-Mello, F. Z. (2019). Taxonomic revision of *Dichotomius* (Cephagonus) Luederwaldt 1929 and the taxonomic status of remaining *Dichotomius* Hope 1838

- subgenera (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae: Dichotomiini).
<https://doi.org/10.1080/00222933.2019.1692088>
- Pla, L., Casanoves, F., y Di Rienzo, J. (2012). *Quantifying Functional Biodiversity*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-2648-2>
- Pakeman, R. J. (2011). Functional diversity indices reveal the impacts of land use intensification on plant community assembly. *Journal of Ecology*, 99(5), 1143-1151. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2745.2011.01853.X>
- Pärtel, M., Zobel, M., Zobel, K., van der Maarel, E., y Partel, M. (1996). The Species Pool and Its Relation to Species Richness: Evidence from Estonian Plant Communities. *Oikos*, 75(1), 111. <https://doi.org/10.2307/3546327>
- Penttilä, A., Slade, E. M., Simojoki, A., Riutta, T., Minkkinen, K., y Roslin, T. (2013). Quantifying Beetle-Mediated Effects on Gas Fluxes from Dung Pats. *PLoS ONE*, 8(8), 1-7. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0071454>
- Petchey, O. L., y Gaston, K. J. (2002). Functional diversity (FD), species richness and community composition. *Ecology Letters*, 5(3), 402-411. <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2002.00339.x>
- Piccini, I., Nervo, B., Forshage, M., Celi, L., Palestrini, C., Rolando, A., y Roslin, T. (2018). Dung beetles as drivers of ecosystem multifunctionality: Are response and effect traits interwoven? *Science of the Total Environment*, 616-617, 1440-1448. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.171>
- Pineda, E., Moreno, C., Escobar, F., y Halffter, G. (2005). Frog, Bat, and Dung Beetle Diversity in the Cloud Forest and Coffee Agroecosystems of Veracruz, Mexico. *Conservation Biology*, 19(2), 400-410. <https://doi.org/10.1111/J.1523-1739.2005.00531.X>
- Prada-Salcedo, L. D., Wambsgans, J., Bauhus, J., Buscot, F., y Goldmann, K. (2021). Low root functional dispersion enhances functionality of plant growth by influencing bacterial activities in European forest soils. *Environmental Microbiology*, 23(4), 1889-1906. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.15244>
- Quizhpe Tapia, A. P., y Orellana Fierro, M. S. (2011). Caracterización florística y estructura de la vegetación natural de la quinta el Padmi, provincia de Zamora Chinchipe. *Universidad Nacional De Loja*, 151. http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17025/1/TESIS_WILSON_FERNANDO.pdf

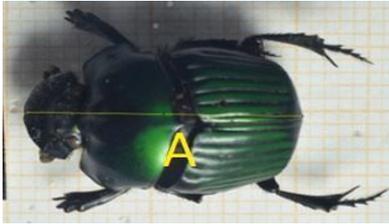
- Rangel Acosta, J. L., Rodriguez, B., Bleydis Paola, G. R., y Neis José, M. H. (2012). *Coleópteros Coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) Asociados a Excrementos de Mamíferos en la Reserva Natural Luriza (RNL), Departamento del Atlántico, Colombia*. 50.
- Ricklefs, R. E., y Travis, J. (1980). A Morphological Approach to the Study of Avian Community Organization. *The Auk*, 97(2), 321-338. <https://doi.org/10.1093/AUK/97.2.321>
- Rivera, J. D., Da Silva, P. G., y Favila, M. E. (2021a). Material supplementary_Landscape effects on taxonomic and functional diversity of dung beetle updates assemblages in a highly fragmented tropical forest. *Forest Ecology and Management*, 496(May), 1-25. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119390>
- Rivera, J. D., Da Silva, P. G., y Favila, M. E. (2021b). Landscape effects on taxonomic and functional diversity of dung beetle assemblages in a highly fragmented tropical forest. *Forest Ecology and Management*, 496(May), 119390. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119390>
- Robinson, T. P., William Wint, G. R., Conchedda, G., Van Boeckel, T. P., Ercoli, V., Palamara, E., Cinardi, G., D'Aiotti, L., Hay, S. I., y Gilbert, M. (2014). Mapping the global distribution of livestock. *PLoS ONE*, 9(5). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0096084>
- Rosenfeld, J. S. (2002). Functional redundancy in ecology and conservation. *Oikos*, 98(1), 156-162. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2002.980116.x>
- Roslin, T., Forshage, M., Ødegaard, F., y Ekblad, C. (2014). *Nordens dyngbaggas por Tomas Roslin—9789526754444*. Tibiale Oy. <https://www.bookdepository.com/es/Nordens-dyngbaggas-Tomas-Roslin/9789526754444>
- Saunders, D., Hobbs, R., y Margules, C. (1991). Biological Consequences of Ecosystem Fragmentation: A Review. *Conservation Biology*, 5(1), 18-32. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.1991.tb00384.x>
- Schieltz, J. M., y Rubenstein, D. I. (2016). Evidence based review: Positive versus negative effects of livestock grazing on wildlife. What do we really know? *Environmental Research Letters*, 11(11). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/11/113003>
- Slade, E. M., Riutta, T., Roslin, T., y Tuomisto, H. L. (2016). The role of dung beetles in reducing greenhouse gas emissions from cattle farming. *Scientific Reports*, 6(1), 18140.

- <https://doi.org/10.1038/srep18140>
- Slade, E. M., Roslin, T., Santalahti, M., y Bell, T. (2015). Disentangling the ‘brown world’ faecal-detritus interaction web: dung beetle effects on soil microbial properties. *Oikos*, 125(5), 629-635. <https://doi.org/10.1111/oik.02640>
- Sarmiento-Garcês, R., y Amat-García, G. (2009). Escarabajos del género dichotomius Hope 1838 (scarabaeidae: Scarabaeinae) en la amazonía colombiana. <https://doi.org/10.13140/2.1.4692.9926>
- Sneed, E. D., y Folk, R. L. (1958). Pebbles in the Lower Colorado River, Texas a Study in Particle Morphogenesis. *The Journal of Geology*, 66(2), 114–150. <https://doi.org/10.1086/626490>
- Solís, C., Noriega, J. A., y Herrera, G. (2011). Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en tres bosques secos del departamento del Atlántico-Colombia. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 12(1), 33-41. <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/4085>
- Sowig, P. (1995). Habitat selection and offspring survival rate in three paracoprid dung beetles: the influence of soil type and soil moisture. *Ecography*, 18(2), 147-154. <https://doi.org/10.1111/J.1600-0587.1995.TB00335.X>
- Tapia, F., y Zambrano, L. (2015). La diversidad funcional en la ecología de comunidades. *Ecosistemas: Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente*, 24(3), 78-87. <https://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/1077>
- Tilman, D., Reich, P. B., Knops, J., Wedin, D., Mielke, T., y Lehman, C. (2001). Diversity and productivity in a long-term grassland experiment. *Science*, 294(5543), 843-845. <https://doi.org/10.1126/science.1060391>
- Tilman, David. (2001). Functional Diversity. En *Encyclopedia of Biodiversity* (Vol. 3, pp. 109-120). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B0-12-226865-2/00132-2>
- Tilman, David, Lehman, C. L., y Thomson, K. T. (1997). Plant diversity and ecosystem productivity: Theoretical considerations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 94(5), 1857-1861. <https://doi.org/10.1073/pnas.94.5.1857>
- Tonelli, M. (2017). *Effects of different pastures management on dung beetle communities in a sub-mountainous landscape of central Italy: a multicomponent biodiversity and ecological process analysis*. Universidad de Alicante.

- Tonelli, M., Verdú, J. R., Morelli, F., y Zunino, M. (2020). Dung beetles: functional identity, not functional diversity, accounts for ecological process disruption caused by the use of veterinary medical products. *Journal of Insect Conservation*, 24(4), 643-654. <https://doi.org/10.1007/s10841-020-00240-4>
- Tsianou, M. A., y Kallimanis, A. S. (2016). Different species traits produce diverse spatial functional diversity patterns of amphibians. *Biodiversity and Conservation*, 25(1), 117-132. <https://doi.org/10.1007/s10531-015-1038-x>
- Ulrich, W. (2013). Body weight distributions of central European Coleoptera. *EJE*, 104(4), 769-776. <https://doi.org/10.14411/eje.2007.098>
- Uribe L., M., y Vallejo E., L. F. (2013). Diversidad de escarabajos carabidae y scarabaeidae de un bosque tropical en el magdalena medio colombiano. *Boletín científico*, 17(2), 174-196.
- Verdu, J. R., y Lobo, J. (2008). Ecophysiology of thermoregulation in endothermic dung beetles: Ecological and geographical implications. *Insect Ecology and Conservation*, 661(2), 1-28.
- Villéger, S., Mason, N. W. H., y Mouillot, D. (2008). New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. *Ecology*, 89(8), 2290-2301. <https://doi.org/10.1890/07-1206.1>
- Villéger, S., Miranda, J. R., Hernández, D. F., y Mouillot, D. (2010). Contrasting changes in taxonomie vs. functional diversity of tropical fish communities after habitat degradation. *Ecological Applications*, 20(6), 1512-1522. <https://doi.org/10.1890/09-1310.1>
- Violle, C., Navas, M.-L., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I., y Garnier, E. (2007). Let the concept of trait be functional! *Oikos*, 116(5), 882-892. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2007.15559.x>
- Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R., y Kinzig, A. (2004). Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecology and Society*, 9(2). <https://doi.org/10.5751/ES-00650-090205>
- Yang Yu, B., Elbuken, C., Ren, C. L., y Huissoon, J. P. (2011). Image processing and classification algorithm for yeast cell morphology in a microfluidic chip. *Journal of Biomedical Optics*, 16(6), 066008. <https://doi.org/10.1117/1.3589100>

11. Anexos

Anexo 1. Rasgos morfológicos cuantitativos y cualitativo del escarabajo pelotero que se seleccionaron en el presente estudio.

N°	Categoría de Rasgos funcionales	Rasgo morfológico	Cálculo	Rol ecológico del rasgo
Rasgo Cualitativo				
1	Patrones de anidación	El rasgo morfológico de cada especie se obtuvo mediante revisión bibliográfica y claves como: Listado de especies y clave de géneros y subgéneros de escarabajos estercoleros (Coleóptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) presentes y presuntos para Ecuador (Chamorro et al., 2018); y Escarabajos del Ecuador principales géneros (Carvajal et al., 2011).	Se utilizó la metodología de Giménez-Gómez, (2019) categorizándolos a estos patrones de anidación y asignando un valor numérico por especie: 1 (telecópridos), 2 (paracópridos) y 3 (endocópridos).	Relacionado con la cantidad de estiércol enterrado, depósito de sus huevos, conductual, sensible a la perturbación del hábitat, movimiento y almacenamiento del alimento (Bert Hölldobler et al., 1990; Escobar, 2004; Piccini et al., 2018).
Rasgos cuantitativos				
2	Tamaño corporal/total	Figura 7. <i>Tamaño total (A).</i> 	Se lo realizó midiendo de forma lineal desde los dientes del clipeo hasta el pigidio mediante fotos de forma dorsal con un estereomicroscopio y el software ImageJ (Barragán et al., 2011; Davies et al., 2020b).	Define la cantidad de recursos consumidos, distancia recorrida, utilizada como biomasa o varias longitudes corporales (Escobar et al., 2008; Nichols et al., 2013).
3	Ancho del pronoto		Se midió a cada individuo mediante	Relacionado con la

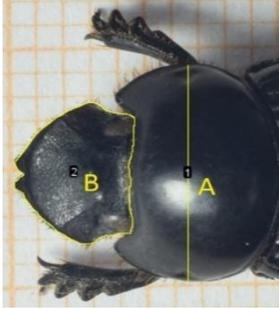
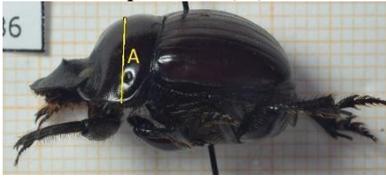
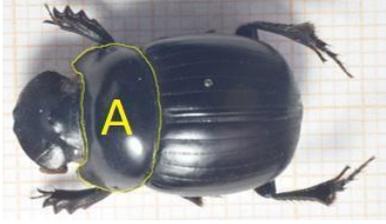
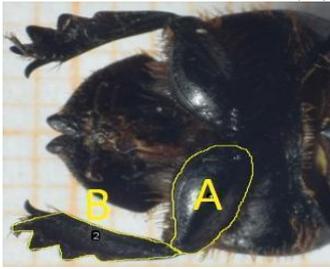
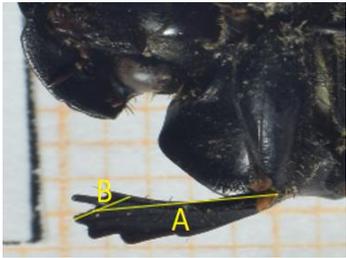
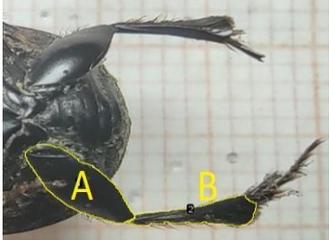
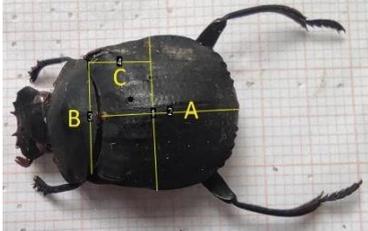
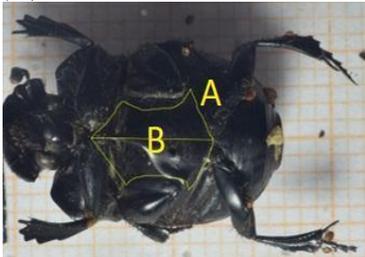
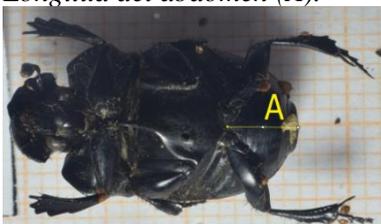
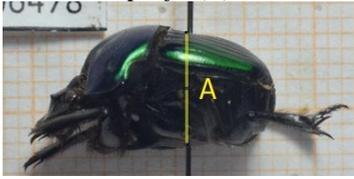
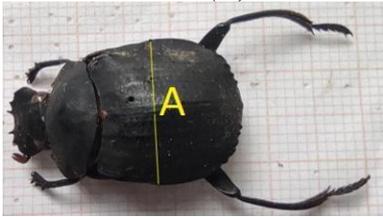
4	Área de la cabeza	Figura 8. Ancho del pronoto (A), y área de la cabeza (B). 	8. fotografías de forma dorsal, a través el software ImageJ (Guerra Alonso et al., 2021a; Inayatullah y Nor Syahirah, 2016).	capacidad de ingreso sobre el recurso y suelo (Eldridge et al., 2016; Laurance et al., 2014; Robinson et al., 2014), aireación del suelo, eficiencia de dispersión de semillas y cantidad enterrada de estiércol (Griffiths et al., 2015; Nervo et al., 2014).
5	Altura del pronoto	Figura 9. Altura del pronoto (A). 	Se lo realizó por medio de un calibrador digital con una precisión de 0.01 mm (Rivera et al., 2021b).	
6	Área del pronoto	Figura 10. Área del pronoto (A). 	Se lo calculó mediante un Estereomicroscopio y software ImageJ (Rivera et al., 2021b; Yang Yu et al., 2011).	
7	Volumen del pronoto	$V_{Pr} = A_{Pr} + Al_{Pr}$	Se obtuvo multiplicando el área y altura del pronoto (Rivera et al., 2021b).	
8	Área del fémur anterior	Figura 11. Área del fémur anterior (A), y área de la tibia anterior (B). 	Se lo midió a través de un Estereomicroscopio, midiendo cada individuo mediante fotografías de forma ventral y software ImageJ (Giménez-Gómez, 2019; Guerra Alonso et al., 2021a).	Relacionado con la capacidad de excavar, anidar y maniobrar el alimento (Keddy, 1992; Laurance et al., 2014; Robinson et al., 2014; Schieltz y
10	Largo de la Tibia anterior			

		Figura 12. (A) Largo de la tibia anterior, y (B) Ancho del diente mayor de la Tibia Anterior.		Rubenstein, 2016).
1 1	Ancho del diente mayor de la Tibia Anterior			Relacionado con la capacidad de excavar, reproducirse y huir de los depredadores (Pärtel et al., 1996; Robinson et al., 2014).
1 2	Área de las patas delanteras	$A_{Pd} = A_{Fa} + A_{Tia}$	Se calculó de acuerdo a Davies et al., (2020b) sumando el área del fémur + tibia frontal (Davies et al., 2020b).	Asociado con la profundidad y reubicación del recurso sobre el suelo (Davies et al., 2020b).
1 3	Área de la tibia posterior	Figura 13. Área del fémur posterior (A), y área de la tibia posterior (B).	Se realizó a través de un estereomicroscopio cada individuo mediante fotografías de forma ventral y software ImageJ (Giménez-Gómez, 2019; Guerra Alonso et al., 2021a).	Relacionada con el rodamiento de la bola de estiércol (telocópridos o rodadores), darles forma a las masas del recurso y dispersión secundarias de semillas
1 4	Área del fémur posterior			(Inward et al., 2011).
1 5	Largo de la Tibia posterior	Figura 14. Largo de la tibia posterior (A).	Se calculó desde la articulación [fémur - tibia] hasta la parte final o distal de la tibia. Se tomó una foto ventral mediante el estereomicroscopio y software ImageJ (Giménez-Gómez, 2019).	
1 6	Área de las patas traseras	$A_{Pt} = A_{Fp} + A_{Tip}$	Se obtuvo de acuerdo a Davies et al., (2020b)	Aireación del suelo, eficiencia de

			sumando el área del fémur + tibia posterior.	dispersión de semillas y cantidad enterrada de estiércol (Griffiths et al., 2015; Nervo et al., 2014).
1 7	Longitud del Élitro	<p>Figura 15. <i>Longitud del élitro (A), ancho máximo del Élitro junto al tórax (B), y distancia desde la parte anterior del Élitro a la anchura máxima (C).</i></p> 	Se midió mediante una foto de la parte dorsal por medio de un estereomicroscopio y programa ImageJ a partir de la unión de los élitros con el pronoto hasta la parte última del abdomen (Giménez-Gómez, 2019).	Asociado a la capacidad y tipo de vuelo (élitros total o parcialmente abiertos), resistencia de vuelo y forma de la parte frontal del cuerpo (Verdu y Lobo, 2008).
1 8	Ancho máximo del Élitro junto al tórax		Se lo realizó mediante una foto dorsal a través del estereomicroscopio y software ImageJ (Giménez-Gómez, 2019). Se obtuvo midiendo el ancho máximo del élitro junto al tórax, medido horizontalmente en el espacio que hay entre la unión de los élitros con el pronoto (Giménez-Gómez, 2019).	

19	Distancia desde la parte anterior del Élitro a la anchura máxima		Se midió a través de una foto dorsal mediante el estereomicroscopio y software ImageJ (Giménez-Gómez, 2019). Se calculo desde la esquina derecha del élitro con pronoto, hasta la anchura máxima (espacio entre pronoto y unión de élitros) (Giménez-Gómez, 2019).		
20	Longitud de la Placa mesometaestern al	Figura 16. <i>Longitud de la placa mesometaesternal (A), y área de la placa mesometaesternal (B).</i>	Se partió de una foto dorsal para medir en mm el largo de la placa de manera lineal (mm) a través del software ImageJ (Giménez-Gómez, 2019).	Relacionados con la habilidad de vuelo, por ende, dispersión de especies que contribuirían de forma indirecta a las funciones ecosistémicas (Tonelli, 2017).	
21	Área de la placa mesometaestern al		Se calculó el área, delimitando la placa lateral por dos líneas imaginarias que enlazan las coxas de las patas delanteras con las del centro mediante una foto ventral y software ImageJ (Giménez-Gómez, 2019).		
22	Longitud del abdomen	Figura 17. <i>Longitud del abdomen (A).</i>		Se estimó el largo del abdomen a través de la foto ventral mediante el estereomicroscopio y software ImageJ (Giménez-Gómez, 2019).	Relacionado con la capacidad digestiva y nicho trófico de cada especie, que, al poseer una extensa

				<p>amplitud de este nicho trófico, estas mismas especies podrían aportar al funcionamiento del ecosistema en otros ambientes (Hernández et al., 2014; Holter y Scholtz, 2013; Nichols et al., 2007).</p>
2 3	Relación Altura - esfericidad	$\theta = \sqrt[3]{\left(\frac{b}{a}\right) \left(\frac{c}{b}\right)^2}$	<p>Se utilizó la fórmula de esfericidad (Sneed y Folk, 1958), donde a = longitud máxima, b = ancho máximo, c = altura del perfil, representa dos índices, estos 3 parámetros mencionados, aplastamiento o achatamiento (c/b) y (b/a) elongación, en cuanto a la altura, se midió desde el tórax hasta la parte final superior de los élitros, mediante una foto de perfil con la ayuda de un estereomicroscopio y software ImageJ (Giménez-Gómez, 2019).</p>	<p>Relacionado a la partición de recursos o sustrato, entre mayor esfericidad mayor será el rozamiento con el alimento y/o sustrato, tiene por fin detallar en términos de proyección máxima, la forma del cuerpo, evaluar su aerodinamism o al realizar el vuelo. (Hernández et al., 2011).</p>
2 4	Altura del perfil		<p>La altura se midió desde el tórax hasta</p>	

		<p>Figura 18. <i>Altura del perfil (c).</i></p> 	<p>la parte final superior de los élitros, mediante una foto de perfil con la ayuda de un estereomicroscopio y software ImageJ (Giménez-Gómez, 2019).</p>	
2 5	<p>Relación Tamaño total- anchura máxima</p>	<p>Figura 19. <i>Relación Tamaño total- anchura máxima (A).</i></p> 	<p>La longitud total se obtuvo como medida lineal, desde los dientes del clípeo hasta el pigidio (Figura7), mediante una foto con vista dorsal (Giménez Gómez, 2019). En cuanto al ancho máximo se midió el ancho del [pronoto y élitros], de forma dorsal escogiendo el valor más alto entre estas medidas, con la ayuda de un estereomicroscopio y software ImageJ (Giménez-Gómez, 2019).</p>	<p>Implica la biomasa de los individuos de cada especie, permite establecer la cantidad de alimento que ingiere cada especie, sencillez de penetración en el alimento, excavación, dispersión de las especies y cantidad de estiércol enterrada (Barragán et al., 2011; Nichols et al., 2013).</p>

Anexo 2. Frecuencias relativas de las especies de la Estación Experimental El Padmi.

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	ACUM_FR
GÉNERO_ ESPECIE	12	<i>Eurysternus_ caribaeus</i>	869	0,35	0,3531
GÉNERO_ ESPECIE	7	<i>Dichotomius _inachus</i>	637	0,26	0,6119
GÉNERO_ ESPECIE	8	<i>Dichotomius _prieto</i>	254	0,10	0,7152
GÉNERO_ ESPECIE	3	<i>Canthon_lute icollis</i>	157	0,06	0,7790
GÉNERO_ ESPECIE	16	<i>Oxysternon_ silenus smaraed..</i>	125	0,05	0,8297
GÉNERO_ ESPECIE	4	<i>Coprophana eus_telamon</i>	121	0,05	0,8789
GÉNERO_ ESPECIE	6	<i>Deltochilum_ orbigny amazo..</i>	91	0,04	0,9159
GÉNERO_ ESPECIE	19	<i>Phanaeus_m eleagris</i>	69	0,03	0,9439
GÉNERO_ ESPECIE	18	<i>Phanaeus_ha roldi</i>	63	0,03	0,9695
GÉNERO_ ESPECIE	15	<i>Onthophagus _sp1</i>	28	0,01	0,9809
GÉNERO_ ESPECIE	9	<i>Dichotomius _quinelob atus..</i>	21	0,01	0,9894
GÉNERO_ ESPECIE	5	<i>Deltochilum_ genieri</i>	7	0,00	0,9923
GÉNERO_ ESPECIE	2	<i>Canthidium_ sp2</i>	7	0,00	0,9951
GÉNERO_ ESPECIE	14	<i>Ontherus_sp 1</i>	4	0,00	0,9967
GÉNERO_ ESPECIE	11	<i>Eurysternus_ lanuginosus</i>	3	0,00	0,9980
GÉNERO_ ESPECIE	1	<i>Canthidium_ sp1</i>	2	0,00	0,9988
GÉNERO_ ESPECIE	17	<i>Oxysternon_ spiniferum</i>	1	0,00	0,9992
GÉNERO_ ESPECIE	13	<i>Eurysternus_ lanuginosus</i>	1	0,00	0,9996
GÉNERO_ ESPECIE	10	<i>Digitonthoph agus_sp1</i>	1	0,00	1,0000

FA: Frecuencia acumulada; FR: Frecuencia relativa; y ACUM_FR: Acumulación de la frecuencia relativa.

Anexo 3. Montaje de los escarabajos peloteros de la Estación Experimental El Padmi.

- a) Exposición de los escarabajos peloteros de la Estación Experimental El Padmi a agua destilada y alcohol para su montaje.



- a) Secado luego del montaje con alfileres entomológicos de los escarabajos peloteros de la Estación Experimental El Padmi.



Anexo 4. Muestra de las siete especies de hembras por cobertura: Bosque Natural de Ladera, Bosque Natural de Ribera y Pastizal de escarabajos peloteros de la Estación Experimental El Padmi.



Anexo 5. Codificación y organización de fotos por especie y cobertura previo a la medición de rasgos morfológicos en ImageJ 153.



Anexo 6. Rasgo cualitativo categorizado de los patrones de anidación de las 7 especies de la Estación Experimental El Padmi.

Especie	Anidación	Valor
<i>C. luteicollis</i>	Telocópridos (Figueroa et al., 2011; Uribe L. y Vallejo E., 2013)	1
<i>C. telamon</i>	Paracópridos (Libre et al., 2006)	2
<i>D. orbigny</i>	Telocópridos (Oporto et al., 2015; González et al., 2009; Rubio y	
<i>amazonicum</i>	Lobo, 2010)	1
<i>D. inachus</i>	Paracópridos (Sarmiento-Garcês y Amat-García, 2009)	2
<i>D. prietoi</i>	Paracópridos (Sarmiento-Garcês y Amat-García, 2009)	2
<i>E. caribaeus</i>	Endocópridos (Carvajal et al., 2011)	3
<i>O. silenus</i>		
<i>smaragdinum</i>	Paracópridos (Carvajal Padilla, 2020)	2

Anexo 7. Medidas a nivel individuo de rasgos cuantitativos y cualitativo de los escarabajos peloteros de la Estación Experimental El Padmi.

Género	Especie	Abundancia	Rasgos morfológicos	Total Sp
<i>Canthon</i>	<i>luteicollis</i>	10	25	250
<i>Coprophanaeus</i>	<i>telamon</i>	10		250
<i>Deltochilum</i>	<i>orbigny amazonicum</i>	30		750
<i>Dichotomius</i>	<i>inachus</i>	11		275
	<i>prietoi</i>	29		725
<i>Eurysternus</i>	<i>caribaeus</i>	30		750
<i>Oxysternon</i>	<i>silenus smaragdinum</i>	19		475
Total				3475

Anexo 8. Ejemplo de la matriz de datos de colecta de los individuos de la Estación Experimental El Padmi. La matriz completa está depositada en la base de datos del Museo de Zoología LOUNAZ-UNL.

a) Inicio de la matriz de datos de colecta de los individuos de la Estación Experimental El Padmi.

CÓDIGO LOUNAZ	CÓDIGO DE INVESTIGACIÓN	ORDEN	FAMILIA	SUBFAMILIA	GÉNERO	NC	ESPECIE	PAÍS	PROVINCIA	LOCALIDAD
LOUNAZ_I_0006140	PBNRT1P3020	Coleoptera	Scarabaeidae	Scarabaeinae	<i>Oxysternon</i>	<i>Oxysternon_silenus</i>	<i>silenus</i>	ECUADOR	ZAMORA	EL PADMINI
LOUNAZ_I_0006184	PBNRT1P5024	Coleoptera	Scarabaeidae	Scarabaeinae	<i>Oxysternon</i>	<i>Oxysternon_silenus</i>	<i>silenus</i>	ECUADOR	ZAMORA	EL PADMINI
LOUNAZ_I_0005473	PBNRT1P3036	Coleoptera	Scarabaeidae	Scarabaeinae	<i>Oxysternon</i>	<i>Oxysternon_silenus</i>	<i>silenus</i>	ECUADOR	ZAMORA	EL PADMINI
LOUNAZ_I_0006267	PBNRT2P3030	Coleoptera	Scarabaeidae	Scarabaeinae	<i>Oxysternon</i>	<i>Oxysternon_silenus</i>	<i>silenus</i>	ECUADOR	ZAMORA	EL PADMINI

b) Final de la matriz de datos de colecta de los individuos de la Estación Experimental El Padmi.

LATITUD	LONGITUD	N° DE TRANSECTO	N° DE TRAMPA	FECHA	TIPO DE TRAMPA	TIPO DE COBERTURA
-374,689,658	-7,861,179,363	1	3	16_18_DIC	Excremento	BOSQUE_NATURAL_DE_RIBERA
-374,600,024	-7,861,125,617	1	5	16_18_DIC	Excremento	BOSQUE_NATURAL_DE_RIBERA
-374,689,658	-7,861,179,363	1	3	20_22_NOV	Excremento	BOSQUE_NATURAL_DE_RIBERA
-3,745,795	-7,861,222,852	2	3	16_18_DIC	Excremento	BOSQUE_NATURAL_DE_RIBERA

Anexo 9. Ejemplo de la matriz de especies a nivel individuo de rasgos medidos de la Estación Experimental El Padmi. La matriz completa se encuentra depositada en la base de datos del Museo de Zoología LOUNAZ-UNL.

a) Matriz a nivel individuo de rasgos medidos de la Estación Experimental El Padmi.

CÓDIGO LOUNAZ	CÓDIGO DE INVESTIGACIÓN	ORDEN	FAMILIA	SUBFAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	PAÍS	PROVINCIA	LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	N° DE TRANSECTO
LOUNAZ_I_0006016	PPasTIP5005	Coleoptera	Scarabaeidae	Scarabaeinae	<i>Dichotomius</i>	<i>inachus</i>	ECUADOR	ZAMORA	EL PADMI	-374,078,832	-7,861,589,528	1
LOUNAZ_I_0006369	PBNLTIP1007	Coleoptera	Scarabaeidae	Scarabaeinae	<i>Dichotomius</i>	<i>inachus</i>	ECUADOR	ZAMORA	EL PADMI	-373,432,492	-7,861,905,304	1
LOUNAZ_I_0005997	PPasTIP1015	Coleoptera	Scarabaeidae	Scarabaeinae	<i>Dichotomius</i>	<i>inachus</i>	ECUADOR	ZAMORA	EL PADMI	-374,096,621	-7,861,483,303	1

b) Continuación de la matriz a nivel individuo de rasgos medidos de la Estación Experimental El Padmi.

N° DE TRAMPA	FECHA	TIPO DE TRAMPA	TIPO DE COBERTURA	Pa_A	T_T	R_Tt_An_m	An_Pr	A_C	Al_Pr	A_Pr	V_Pr	Lo_E	An_E_T	Da_E_An_m	A_Fa	A_Tia	La_Tia	An_Dim_Tia
5	16_18_DIC	Excremento	PASTIZAL	2	18,796	10,282	9,813	22,678	7,08	47,472	336,102	8,389	7,849	3	4,828	4,523	4,096	7,437
1	13_15_ENE	Excremento	BOSQUE NATURAL DE LADERA	2	17,343	8,981	8,191	15,982	5,72	34,419	196,877	7,888	7,223	3,466	2,96	2,592	3,052	1,15
1	16-18_DIC	Excremento	PASTIZAL	2	17,295	8,982	8,781	19,01	5,09	40,869	208,023	8,029	7,902	2,922	4,32	3,776	3,965	1,311

c) Parte final de la matriz a nivel individuo de rasgos medidos de la Estación Experimental El Padmi.

A_Pd	A_Fp	A_Tip	La_Tip	A_Pt	A_Pl_M	Lo_Pl_M	Lo_Ab	Al_pe	Al_Es
9,351	7,437	3,148	3,446	5,164	10,009	4,602	3,521	6,743	0,663
5,552	3,508	1,656	3,334	2,273	12,455	6,11	3,8	7,107	0,630
8,096	6,416	2,784	3,761	7,059	12,615	5,756	3,165	6,592	0,696

Pa_A (Patrones de anidación [rasgo cualitativo]); T_T (Tamaño total); R_Tt_An_m (Ancho máximo); An_Pr (Ancho del pronoto); A_C (Área de la cabeza); Al_Pr (Altura del pronoto); A_Pr (Área del pronoto); V_Pr (Volumen del pronoto); Lo_E (Longitud del Élitro); An_E_T (Ancho máximo del Élitro junto al tórax); Da_E_An_m (Distancia desde la parte anterior del Élitro a la anchura máxima); A_Fa (Área del fémur anterior); A_Tia (Área de la Tibia anterior); La_Tia (Largo de la Tibia anterior); An_Dim_Tia (Ancho del diente mayor de la Tibia Anterior); A_Pd (Área de las patas delanteras); A_Fp (Área del fémur posterior); A_Tip (Área de la tibia posterior); La_Tip (Largo de la Tibia posterior); A_Pt (Área de las patas traseras); A_Pl_M (Área de la placa mesometaesternal); Lo_Pl_M (Longitud de la Placa mesometaesternal); Lo_Ab (Longitud del abdomen); Al_pe (Altura del perfil); y Al_Es (Altura – esfericidad del cuerpo al realizar el vuelo).

Anexo 10. Matriz de las siete especies de hembras con sus rasgos promediados de la Estación Experimental El Padmi para obtener los índices de diversidad funcional en FDiversity.

a) Inicio de la matriz por especie de rasgos promediados de la Estación Experimental El Padmi.

Especie	Pa_A	T_T	R-Tt_An_m	An_Pr	A_C	Al_Pr	A_Pr	V_Pr	Lo_E	An_E_T	Da_E_An_m	A_Fa
<i>Canthon luteicollis</i>	1,000	12,005	7,288	6,159	5,835	4,423	14,954	65,881	6,873	6,049	2,611	2,633
<i>Coprophanaeus telamon</i>	2,000	21,015	12,014	11,258	26,202	7,810	63,094	522,448	9,450	142,571	4,160	262,198
<i>Deltochilum orbignyi amazonicum</i>	1,000	21,079	12,053	11,183	25,971	7,696	61,354	498,365	9,581	154,146	4,273	284,201
<i>Dichotomius inachus</i>	2,000	20,802	11,829	11,028	25,694	7,619	60,900	489,980	93,410	183,311	4,177	179,269
<i>Dichotomius prietoi</i>	2,000	21,209	12,188	11,377	27,021	7,891	64,171	529,878	107,183	211,764	4,270	207,560
<i>Eurysternus caribaeus</i>	3,000	20,458	11,422	10,814	24,828	7,614	59,944	486,321	8,972	9,967	3,902	176,808
<i>Oxysternon silenus smaragdinum</i>	2,000	20,434	11,678	10,910	24,442	7,612	58,232	463,225	9,173	147,024	4,029	271,203

b) Finalización de la matriz por especie de rasgos promediados de la Estación Experimental El Padmi.

A_Tia	La_Tia	An_Dim_Tia	A_Pd	A_Fp	A_Tip	La_Tip	A_Pt	A_Pl_M	Lo_Pl_M	Lo_Ab	Al_pe	Al_Es
1,854	3,118	1,066	4,487	3,439	1,555	3,632	4,995	9,689	4,969	3,435	5,600	0,711
146,185	134,350	57,570	408,384	175,476	92,964	108,326	268,540	689,097	176,176	105,654	8,756	0,673
158,231	145,687	62,393	442,433	190,038	100,692	117,447	290,922	746,463	190,836	114,523	8,665	0,667
100,369	92,070	39,391	279,638	121,061	81,596	74,680	202,725	471,462	121,383	72,946	8,675	0,674
116,045	106,395	45,514	323,606	139,780	73,935	86,035	213,794	545,526	140,082	83,905	8,911	0,676
164,155	150,968	64,767	340,963	195,947	103,941	121,104	300,136	774,021	198,167	118,604	8,239	0,663
150,898	138,924	59,496	422,101	181,155	95,985	111,916	277,244	712,461	182,248	109,120	8,678	0,682

Pa_A (Patrones de anidación [rasgo cualitativo]); T_T (Tamaño total); R_Tt_An_m (Ancho máximo); An_Pr (Ancho del pronoto); A_C (Área de la cabeza); Al_Pr (Altura del pronoto); A_Pr (Área del pronoto); V_Pr (Volumen del pronoto); Lo_E (Longitud del Élitro); An_E_T (Ancho máximo del Élitro junto al tórax); Da_E_An_m (Distancia desde la parte anterior del Élitro a la anchura máxima); A_Fa (Área del fémur anterior); A_Tia (Área de la Tibia anterior); La_Tia (Largo de la Tibia anterior); An_Dim_Tia (Ancho del diente mayor de la Tibia Anterior); A_Pd (Área de las patas delanteras); A_Fp (Área del fémur posterior); A_Tip (Área de la tibia posterior); La_Tip (Largo de la Tibia posterior); A_Pt (Área de las patas traseras); A_Pl_M (Área de la placa mesometaesternal); Lo_Pl_M (Longitud de la Placa mesometaesternal); Lo_Ab (Longitud del abdomen); Al_pe (Altura del perfil); y Al_Es (Altura – esfericidad del cuerpo al realizar el vuelo).

Anexo 11. Matriz de datos de las siete especies de la Estación Experimental El Padmi para obtener los índices de diversidad funcional en FDiversity.

Especie	Tratamientos	Replicas	Abundancia
<i>Canthon_luteicollis</i>	BN_L	1.M1	1
<i>Canthon_luteicollis</i>	BN_L	1.M2	10
<i>Canthon_luteicollis</i>	BN_L	1.M3	41
<i>Canthon_luteicollis</i>	BN_L	2.M1	4
<i>Canthon_luteicollis</i>	BN_L	2.M2	16
<i>Canthon_luteicollis</i>	BN_L	2.M3	43
<i>Canthon_luteicollis</i>	BN_L	3.M1	9
<i>Canthon_luteicollis</i>	BN_L	3.M2	22
<i>Canthon_luteicollis</i>	BN_L	3.M3	11
<i>Coprophanaeus_telamon</i>	BN_L	1.M1	0
<i>Coprophanaeus_telamon</i>	BN_L	1.M2	3
<i>Coprophanaeus_telamon</i>	BN_L	1.M3	10
<i>Coprophanaeus_telamon</i>	BN_L	2.M1	0
<i>Coprophanaeus_telamon</i>	BN_L	2.M2	6
<i>Coprophanaeus_telamon</i>	BN_L	2.M3	7
<i>Coprophanaeus_telamon</i>	BN_L	3.M1	2
<i>Coprophanaeus_telamon</i>	BN_L	3.M2	0
<i>Coprophanaeus_telamon</i>	BN_L	3.M3	19
<i>Deltochilum_orbigny_i_amazonicum</i>	BN_L	1.M2	1
<i>Deltochilum_orbigny_i_amazonicum</i>	BN_L	1.M3	10
<i>Deltochilum_orbigny_i_amazonicum</i>	BN_L	2.M1	1
<i>Deltochilum_orbigny_i_amazonicum</i>	BN_L	2.M2	1
<i>Deltochilum_orbigny_i_amazonicum</i>	BN_L	2.M3	4
<i>Deltochilum_orbigny_i_amazonicum</i>	BN_L	3.M1	1
<i>Deltochilum_orbigny_i_amazonicum</i>	BN_L	3.M2	2
<i>Deltochilum_orbigny_i_amazonicum</i>	BN_L	3.M3	8
<i>Dichotomius_inachus</i>	BN_L	1.M1	27
<i>Dichotomius_inachus</i>	BN_L	1.M2	21
<i>Dichotomius_inachus</i>	BN_L	1.M3	57
<i>Dichotomius_inachus</i>	BN_L	2.M1	27
<i>Dichotomius_inachus</i>	BN_L	2.M2	19
<i>Dichotomius_inachus</i>	BN_L	2.M3	96
<i>Dichotomius_inachus</i>	BN_L	3.M1	12
<i>Dichotomius_inachus</i>	BN_L	3.M2	25
<i>Dichotomius_inachus</i>	BN_L	3.M3	79
<i>Dichotomius_prieto_i</i>	BN_L	1.M1	2
<i>Dichotomius_prieto_i</i>	BN_L	1.M2	5
<i>Dichotomius_prieto_i</i>	BN_L	1.M3	38
<i>Dichotomius_prieto_i</i>	BN_L	2.M1	7
<i>Dichotomius_prieto_i</i>	BN_L	2.M2	7

Especie	Tratamientos	Replicas	Abundancia
<i>Dichotomius_prieto</i>	BN_L	2.M3	15
<i>Dichotomius_prieto</i>	BN_L	3.M1	5
<i>Dichotomius_prieto</i>	BN_L	3.M2	6
<i>Dichotomius_prieto</i>	BN_L	3.M3	54
<i>Eurysternus_caribaeus</i>	BN_L	1.M1	4
<i>Eurysternus_caribaeus</i>	BN_L	1.M2	33
<i>Eurysternus_caribaeus</i>	BN_L	1.M3	148
<i>Eurysternus_caribaeus</i>	BN_L	2.M1	8
<i>Eurysternus_caribaeus</i>	BN_L	2.M2	32
<i>Eurysternus_caribaeus</i>	BN_L	2.M3	106
<i>Eurysternus_caribaeus</i>	BN_L	3.M1	9
<i>Eurysternus_caribaeus</i>	BN_L	3.M2	29
<i>Eurysternus_caribaeus</i>	BN_L	3.M3	129
<i>Oxysternon_silenus_smaragdinum</i>	BN_L	1.M1	1
<i>Oxysternon_silenus_smaragdinum</i>	BN_L	1.M2	1
<i>Oxysternon_silenus_smaragdinum</i>	BN_L	1.M3	7
<i>Oxysternon_silenus_smaragdinum</i>	BN_L	2.M1	3
<i>Oxysternon_silenus_smaragdinum</i>	BN_L	2.M2	1
<i>Oxysternon_silenus_smaragdinum</i>	BN_L	2.M3	25
<i>Oxysternon_silenus_smaragdinum</i>	BN_L	3.M1	4
<i>Oxysternon_silenus_smaragdinum</i>	BN_L	3.M2	3
<i>Oxysternon_silenus_smaragdinum</i>	BN_L	3.M3	5
<i>Coprophanaeus_telamon</i>	BN_R	1.M1	0
<i>Coprophanaeus_telamon</i>	BN_R	1.M2	11
<i>Coprophanaeus_telamon</i>	BN_R	1.M3	6
<i>Coprophanaeus_telamon</i>	BN_R	2.M1	1
<i>Coprophanaeus_telamon</i>	BN_R	2.M2	12
<i>Coprophanaeus_telamon</i>	BN_R	2.M3	4
<i>Coprophanaeus_telamon</i>	BN_R	3.M1	1
<i>Coprophanaeus_telamon</i>	BN_R	3.M2	11
<i>Coprophanaeus_telamon</i>	BN_R	3.M3	8
<i>Deltochilum_orbigny_iamazonicum</i>	BN_R	1.M1	2
<i>Deltochilum_orbigny_iamazonicum</i>	BN_R	1.M2	5
<i>Deltochilum_orbigny_iamazonicum</i>	BN_R	1.M3	23
<i>Deltochilum_orbigny_iamazonicum</i>	BN_R	2.M1	4
<i>Deltochilum_orbigny_iamazonicum</i>	BN_R	2.M2	4
<i>Deltochilum_orbigny_iamazonicum</i>	BN_R	2.M3	9
<i>Deltochilum_orbigny_iamazonicum</i>	BN_R	3.M1	4
<i>Deltochilum_orbigny_iamazonicum</i>	BN_R	3.M2	7
<i>Deltochilum_orbigny_iamazonicum</i>	BN_R	3.M3	3
<i>Dichotomius_inachus</i>	BN_R	1.M1	7
<i>Dichotomius_inachus</i>	BN_R	1.M2	39
<i>Dichotomius_inachus</i>	BN_R	1.M3	54

Especie	Tratamiento	Replicas	Abundancia
<i>Dichotomius_inachus</i>	BN_R	2.M1	7
<i>Dichotomius_inachus</i>	BN_R	2.M2	28
<i>Dichotomius_inachus</i>	BN_R	2.M3	22
<i>Dichotomius_inachus</i>	BN_R	3.M1	6
<i>Dichotomius_inachus</i>	BN_R	3.M2	10
<i>Dichotomius_inachus</i>	BN_R	3.M3	11
<i>Dichotomius_prieto</i>	BN_R	1.M1	6
<i>Dichotomius_prieto</i>	BN_R	1.M2	18
<i>Dichotomius_prieto</i>	BN_R	1.M3	26
<i>Dichotomius_prieto</i>	BN_R	2.M1	4
<i>Dichotomius_prieto</i>	BN_R	2.M2	9
<i>Dichotomius_prieto</i>	BN_R	2.M3	7
<i>Dichotomius_prieto</i>	BN_R	3.M1	2
<i>Dichotomius_prieto</i>	BN_R	3.M2	4
<i>Dichotomius_prieto</i>	BN_R	3.M3	10
<i>Eurysternus_caribaeus</i>	BN_R	1.M1	23
<i>Eurysternus_caribaeus</i>	BN_R	1.M2	45
<i>Eurysternus_caribaeus</i>	BN_R	1.M3	24
<i>Eurysternus_caribaeus</i>	BN_R	2.M1	16
<i>Eurysternus_caribaeus</i>	BN_R	2.M2	22
<i>Eurysternus_caribaeus</i>	BN_R	2.M3	28
<i>Eurysternus_caribaeus</i>	BN_R	3.M1	31
<i>Eurysternus_caribaeus</i>	BN_R	3.M2	37
<i>Eurysternus_caribaeus</i>	BN_R	3.M3	56
<i>Oxysternon_silenus_smaragdinum</i>	BN_R	1.M1	1
<i>Oxysternon_silenus_smaragdinum</i>	BN_R	1.M2	11
<i>Oxysternon_silenus_smaragdinum</i>	BN_R	1.M3	8
<i>Oxysternon_silenus_smaragdinum</i>	BN_R	2.M1	3
<i>Oxysternon_silenus_smaragdinum</i>	BN_R	2.M2	8
<i>Oxysternon_silenus_smaragdinum</i>	BN_R	2.M3	9
<i>Oxysternon_silenus_smaragdinum</i>	BN_R	3.M1	1
<i>Oxysternon_silenus_smaragdinum</i>	BN_R	3.M2	2
<i>Oxysternon_silenus_smaragdinum</i>	BN_R	3.M3	5
<i>Coprophanaeus_telamon</i>	P	1.M1	1
<i>Coprophanaeus_telamon</i>	P	1.M2	4
<i>Coprophanaeus_telamon</i>	P	1.M3	6
<i>Coprophanaeus_telamon</i>	P	2.M1	0
<i>Coprophanaeus_telamon</i>	P	2.M2	0
<i>Coprophanaeus_telamon</i>	P	2.M3	7
<i>Coprophanaeus_telamon</i>	P	3.M1	0
<i>Coprophanaeus_telamon</i>	P	3.M2	0
<i>Coprophanaeus_telamon</i>	P	3.M3	2
<i>Deltochilum_orbigny_amazonicum</i>	P	2.M3	1

Especie	Tratamiento	Replicas	Abundancia
<i>Deltochilum_orbignyi_amazonicum</i>	P	3.M2	1
<i>Dichotomius_inachus</i>	P	1.M1	13
<i>Dichotomius_inachus</i>	P	1.M2	24
<i>Dichotomius_inachus</i>	P	1.M3	24
<i>Dichotomius_inachus</i>	P	2.M1	2
<i>Dichotomius_inachus</i>	P	2.M2	1
<i>Dichotomius_inachus</i>	P	2.M3	19
<i>Dichotomius_inachus</i>	P	3.M1	0
<i>Dichotomius_inachus</i>	P	3.M2	1
<i>Dichotomius_inachus</i>	P	3.M3	6
<i>Dichotomius_prietoï</i>	P	1.M1	4
<i>Dichotomius_prietoï</i>	P	1.M2	4
<i>Dichotomius_prietoï</i>	P	1.M3	6
<i>Dichotomius_prietoï</i>	P	2.M1	4
<i>Dichotomius_prietoï</i>	P	2.M2	3
<i>Dichotomius_prietoï</i>	P	2.M3	4
<i>Dichotomius_prietoï</i>	P	3.M1	0
<i>Dichotomius_prietoï</i>	P	3.M2	0
<i>Dichotomius_prietoï</i>	P	3.M3	4
<i>Eurysternus_caribaeus</i>	P	1.M1	1
<i>Eurysternus_caribaeus</i>	P	1.M2	11
<i>Eurysternus_caribaeus</i>	P	1.M3	24
<i>Eurysternus_caribaeus</i>	P	2.M1	0
<i>Eurysternus_caribaeus</i>	P	2.M2	8
<i>Eurysternus_caribaeus</i>	P	2.M3	21
<i>Eurysternus_caribaeus</i>	P	3.M1	0
<i>Eurysternus_caribaeus</i>	P	3.M2	7
<i>Eurysternus_caribaeus</i>	P	3.M3	17
<i>Oxysternon_silenus_smaragdinum</i>	P	1.M2	3
<i>Oxysternon_silenus_smaragdinum</i>	P	1.M3	9
<i>Oxysternon_silenus_smaragdinum</i>	P	2.M1	1
<i>Oxysternon_silenus_smaragdinum</i>	P	2.M2	4
<i>Oxysternon_silenus_smaragdinum</i>	P	2.M3	7
<i>Oxysternon_silenus_smaragdinum</i>	P	3.M2	1
<i>Oxysternon_silenus_smaragdinum</i>	P	3.M3	2

Tratamientos: Tipos de cobertura.; y Replicas: Número de transectos por muestreo.

Anexo 12. Certificado de traducción del Abstract.

CERTIFICADO DE TRADUCCIÓN DEL RESUMEN

Loja, 5 de junio de 2023

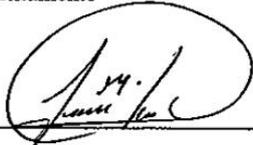
Yo, Livia Rosario Vega Luzuriaga, con número de cédula 1103259428 y con título de Licenciada en Ciencias de la Educación, especialidad de idioma inglés, registrado en el SENESCYT con número 1008-15-1403516.

CERTIFICO:

Que he traducido minuciosamente el Resumen del Trabajo de Titulación titulado: **Diversidad funcional de escarabajos peloteros (Coleoptera: Scarabaeinae) en la Estación Experimental El Padmi**, de autoría del estudiante **Roberth Daniel Romero Vega**, portador de la cédula de identidad: **1105115974**, egresado de la carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad de Loja, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente**.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando al interesado hacer uso del presente para fines pertinentes.

Atentamente



Lic. Livia Rosario Vega Luzuriaga

C.I. 1103259428

Celular: 0988513538

Correo: liviavega10@gmail.com