



1859



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Ambiental

Tamaño poblacional y tasa de movilidad de escarabajos peloteros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en la Estación Experimental El Padmi, Zamora Chinchipe

Trabajo de Integración Curricular
previo a la obtención del título de
Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Willan Samuel Jiménez Jiménez

DIRECTORA:

Blga. Aura del Carmen Paucar Cabrera, PhD.

Loja - Ecuador

2023

Certificación

Loja, 01 de septiembre de 2023

Blga. Aura del Carmen Paucar Cabrera, PhD.

DIRECTORA DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Tamaño poblacional y tasa de movilidad de escarabajos peloteros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en la Estación Experimental El Padmi, Zamora Chinchipe**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Ambiental**, de la autoría del estudiante **Willan Samuel Jiménez Jiménez**, con cédula de identidad Nro.**1105273534**, 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.



Firmado electrónicamente por:
AURA DEL CARMEN
PAUCAR CABRERA

Blga. Aura del Carmen Paucar Cabrera, PhD.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Willan Samuel Jiménez Jiménez**, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Autor: Willan Samuel Jiménez Jiménez

Cédula de identidad: 1105273534

Fecha: 05 de septiembre de 2023

Correo electrónico: willan.jimenez@unl.edu.ec

Teléfono: 0988995875

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

Yo, **Willan Samuel Jiménez Jiménez**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Tamaño poblacional y tasa de movilidad de escarabajos peloteros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en la Estación Experimental El Padmi, Zamora Chinchipe**, como requisito para optar por el título de **Ingeniero Ambiental**, 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 Integración Curricular que realice un tercero.

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

Firma:



Autor: Willan Samuel Jiménez Jiménez

Cédula de identidad: 1105273534

Dirección: Ciudadela Esteban Godoy, Loja

Correo electrónico: willan.jimenez@unl.edu.ec

Teléfono: 0988995875

DATOS COMPLEMENTARIOS:

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

Dedicatoria

Este trabajo es dedicado con mucho cariño a Dios, a mis padres Manuel Jiménez y Leonor Pintado, a mis hermanas Karina Jiménez y Abigail Jiménez, por su amor, paciencia y apoyo brindado en cada momento, convirtiéndose en los pilares para cumplir esta meta y muchas más. A mi abuelita Petronila Jiménez y abuelo Samuel Campoverde que en paz descanse, por convertirse en las personas que me inculcaron valores y me enseñaron que las cosas en la vida no son fáciles, y que la única forma de conseguirlas es con esfuerzo y trabajo, que a pesar de los tropiezos hay que levantarse y continuar con cabeza firme.

Willan Samuel Jiménez Jiménez

Agradecimiento

Lo primero de todo, me gustaría agradecer a la Universidad Nacional de Loja por darme un espacio e insumos necesarios para cumplir mi sueño de ser un Ingeniero Ambiental. Muchas personas han contribuido indirecta o directamente en este estudio, es el caso de los/as docentes de la carrera de Ingeniería Ambiental que me han brindado los conocimientos necesarios a lo largo de este período de formación. En particular, me gustaría dar las gracias a la Blga. Aura Paucar Cabrera, Ph.D., directora de tesis, y el Ing. Christian Mendoza León por su apoyo incondicional, por sus estupidas recomendaciones y conocimientos, además, por su exigencia, dedicación y aliento a lo largo del desarrollo de mi trabajo de investigación. Igualmente, al Museo de Zoología de la Universidad Nacional de Loja (LOUNAZ) por el espacio y materiales brindados en beneficio de mi investigación.

De igual manera, quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a mis padres y a mi hermana Karina Jiménez, que sin su ayuda, esto no habría sido posible, especialmente en la fase campo. Finalmente, expresarle mi gratitud al Ing. Diego Loiza encargado de la Estación Experimental El Padmi por brindarme alojamiento y apoyo para llevar a cabo este estudio.

Willan Samuel Jiménez Jiménez

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. Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	7
4.1. Coleópteros de la familia Scarabaeidae.....	7
4.2. Características morfológicas y ciclo de vida de escarabajos peloteros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae).....	7
4.3. Escarabajos peloteros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) como bioindicadores de ecosistemas	9
4.4. Funciones ecológicas de los escarabajos peloteros	11
4.5. Respuesta del escarabajo pelotero a las amenazas antropogénicas	12
4.6. Dinámica poblacional y tasa de movilidad de escarabajos peloteros.....	12
5. Metodología	14
5.1. Zona de estudio	14
5.2. Diseño de investigación.....	15

5.3. Objetivo 1. Conocer la estructura poblacional de la especie dominante de escarabajo pelotero con potencial restaurador de suelos, en la Estación Experimental El Padmi.	16
5.3.1. <i>Delimitación de los cuadrantes</i>	16
5.3.2. <i>Muestreo de escarabajos peloteros</i>	17
5.3.3. <i>Marcaje y recaptura de escarabajos peloteros</i>	19
5.3.4. <i>Cuantificación de la abundancia y estimación del tamaño y densidad poblacional en tres coberturas vegetales de la Estación Experimental El Padmi.</i>	20
5.4. Objetivo 2. Estimación de la tasa de movilidad de la especie en estudio en la Estación Experimental El Padmi.	21
6. Resultados	21
6.1. Objetivo 1. Conocer la estructura poblacional de una especie dominante de escarabajo pelotero con potencial restaurador de suelos, en la Estación Experimental El Padmi.	21
6.1.1. <i>Abundancia</i>	22
6.1.2. <i>Tamaño y densidad poblacional</i>	24
6.2. Objetivo 2. Estimación de la tasa de movilidad de la especie en estudio en la Estación Experimental El Padmi.	24
7. Discusión	29
8. Conclusiones	34
9. Recomendaciones	34
10. Bibliografía.....	36
11. Anexos.....	48

Índice de tablas

Tabla 1. Distancia recorrida por <i>Dichotomius prietoi</i> , respecto a su sexo y edad.	25
Tabla 2. Tendencia de <i>Dichotomius prietoi</i> en cuanto a su movilidad dentro de las tres coberturas vegetales.....	27

Índice de figuras

Figura 1. Características morfológicas de los escarabajos peloterros.	8
Figura 2. Ciclo de vida de los escarabajos peloterros.	9
Figura 3. Zona de estudio "Estación Experimental El Padmi", ubicada en la provincia de Zamora Chinchipe, parroquia Los Encuentros.....	15
Figura 4. Ubicación de los puntos de muestreo en las tres coberturas vegetales de la Estación Experimental El Padmi: Bosque Natural de Ribera, Bosque Natural de Ladera y Pastizal.....	16
Figura 5. Distribución de los puntos de muestreo para cada una de las coberturas vegetales de la Estación Experimental El Padmi.	17
Figura 6. Trampa pitfall modificada para la colecta de escarabajos. A. Instalación de la trampa, B. Colocación del cebo, C. Protección de la trampa, D. Trampa pitfall cerrada...	18
Figura 7. Código numérico para el marcaje de escarabajos peloterros. A. Serie del código número, B. Individuo de <i>Dichotomius prietoi</i> marcado con el número 460.	19
Figura 8 . Abundancia de <i>Dichotomius prietoi</i> en las tres coberturas vegetales de la Estación Experimental El Padmi.....	22
Figura 9. Variación del número de machos y hembras de <i>Dichotomius prietoi</i> en la Estación Experimental El Padmi. A. Variación temporal (meses) de machos y hembras, B. Variación espacial de machos y hembras en tres tipos de cobertura vegetal: Bosque Natural de Ladera, Bosque Natural de Ribera y Pastizal.	23
Figura 10. Variación del número de individuos tenerales y no tenerales de <i>Dichotomius prietoi</i> en tres tipos de cobertura vegetal: Bosque Natural de Ladera, Bosque Natural de Ribera y Pastizal de la Estación Experimental El Padmi. A. Variación temporal (meses), B. Variación espacial (coberturas vegetales).	24

Figura 11. Tasa de movilidad de <i>Dichotomius prietoi</i> en las tres coberturas vegetales de la Estación Experimental El Padmi.....	25
Figura 12. Diagrama de caja y bigote para la distancia recorrida según el sexo de <i>Dichotomius prietoi</i>	26
Figura 13. Diagrama de caja y bigote para la distancia recorrida según la edad de <i>Dichotomius prietoi</i>	26
Figura 14. Distancias lineales recorridas por <i>Dichotomius prietoi</i> en las tres coberturas vegetales de la Estación Experimental El Padmi: Bosque Natural de Ribera, Bosque Natural de Ladera y Pastizal. Cada segmento de línea representa el movimiento de un escarabajo pelotero entre dos trampas. Además, únicamente a cinco individuos se recapturaron por más de una ocasión.....	28

Índice de anexos

Anexo 1. Permiso de recolecta de especímenes otorgado por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE)	48
Anexo 2. Guía de movilización otorgado por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE)	49
Anexo 3. Aplicación para la toma de datos en campo UTM Geo Map	50
Anexo 4. Fase de campo	50
Anexo 5. Código de campo.....	51
Anexo 6. Montaje y etiquetado de especímenes	51
Anexo 7. Muestra de la base de datos de especímenes de <i>Dichotomius prietoi</i> de la subfamilia Scarabaeinae marcados en la Estación Experimental El Padmi	52
Anexo 8. Certificado de tenencia de los especímenes de la subfamilia Scarabaeinae colectados en la Estación Experimental El Padmi.....	53
Anexo 9. Certificación de traducción del resumen (Abstract).....	54

1. Título

Tamaño poblacional y tasa de movilidad de escarabajos peloteros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en la Estación Experimental El Padi, Zamora Chinchipe

2. Resumen

Los estudios sobre la dinámica poblacional son fundamentales para comprender los patrones de recuperación de un sistema biológico. En el presente trabajo se evaluó la estructura poblacional y la tasa de movilidad de una especie de escarabajo pelotero (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en tres coberturas vegetales: Bosque Natural de Ladera, Bosque Natural de Ribera y Pastizal de la Estación Experimental El Padmi. Se colocaron cuadrantes de 150 x 150 m con 16 puntos de muestreo en cada cobertura vegetal. El muestreo se llevó a cabo durante 24 días, distribuidos en tres meses (septiembre, octubre y noviembre del 2022). Para la captura de los escarabajos se utilizaron trampas pitfall no letales con atrayente (heces humanas). Dependiendo de la presencia y/o abundancia en el momento del estudio se seleccionó a la especie a estudiar, esta fue *Dichotomius prietoi*, a la cual se le realizó el marcaje. Se marcaron 671 individuos, de los cuales, 67 fueron recapturados. La mayor abundancia de la especie se presentó en el Bosque Natural de Ladera y la menor abundancia en el Pastizal. Con respecto, a la proporción de sexos de *Dichotomius prietoi* se registró mayor número de machos, mientras que para las edades se registraron en mayoría a individuos no tenerales. El tamaño poblacional estimado para la especie fue de 3149 individuos y su densidad fue de 3 ind/km². Por otro lado, la distancia media que recorre la especie es de 138 m; sin embargo, puede llegar a moverse a distancias superiores a los 1000 m (machos). En base a la abundancia, estructura poblacional y movilidad, se concluye que *Dichotomius prietoi* puede ser considerada como una especie idónea para la restauración de áreas degradadas por el ser humano.

Palabras claves: bosque tropical, captura-recaptura, densidad poblacional, método de Schnabel.

2.1. Abstract

In order to understand the recovery patterns of a biological system, it is essential to study population dynamics. In this study, three vegetation covers were evaluated, Natural Hillside Forest, Natural Riparian Forest and Grassland of the El Padmi Experimental Station, with the purpose of studying the population structure and mobility rate of a dung beetle species (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). Quadrats of 150 x 150 m with 16 sampling points were placed in each vegetation cover. Sampling was carried out for 24 days, distributed in three months (September, October and November 2022). Non-lethal pitfall traps with attractant (human feces) were used to capture the beetles. Depending on the presence and/or abundance at the time of the study, the species to be studied was selected; this was *Dichotomius prietoi*, which individuals were marked. A total of 671 individuals were marked, of which 67 were recaptured. The highest abundance of the species occurred in the Hillside Natural Forest, and the lowest abundance in the Grassland. Regarding the proportions of males and females of *Dichotomius prietoi*, a significant number of males were recorded, and in relation to the dung beetles age, the majority of the beetles collected were non-teneral adults. The estimated population size for the species was 3149 individuals and its density was 3 ind/km². On the other hand, the average distance covered by the species is 138 m; however, it can travel distances greater than 1000 m (males). It has been concluded that *Dichotomius prietoi* can be used for the restoration of degraded areas degraded based on its abundance, population structure, and mobility.

Key words: tropical forest, capture-recapture, population density, Schnabel's method.

3. Introducción

La dinámica poblacional es vital para comprender los patrones de recuperación de un sistema biológico afectado por los cambios en su estructura vegetal (Berryman, 2003; Weed et al., 2015). Algunos de los aspectos más influyentes sobre la dinámica poblacional son el tamaño de la población y los patrones de movilidad de las especies (Bowler y Benton, 2005). Durante los últimos años se han propuesto varias hipótesis (Hagen et al., 2012) para poder explicar la movilidad de las especies y la permanencia de sus poblaciones. Estas hipótesis proponen que el tipo cobertura vegetal, el aislamiento de los parches y la disponibilidad de recursos, junto con los rasgos morfológicos propios de las especies (tamaño corporal, edad y sexo), e indicadores demográficos (tasa de supervivencia y reclutamiento), determinan el éxito de dispersión de una especie dentro de un ecosistema (Hagen et al., 2012).

Los bosques húmedos tropicales son ecosistemas frágiles, por ello, son la principal prioridad de conservación por su alta diversidad biológica y por la prestación de servicios ecosistémicos (Ter Steege et al., 2006). Uno de los países considerado a nivel mundial como megadiverso es Ecuador (Rodríguez et al., 2015), debido a su abundancia y riqueza en cuanto a flora y fauna; sin embargo, sus bosques se encuentran seriamente amenazados debido a presiones antrópicas, que han causado una pérdida drástica de la diversidad, ya sea a mediano o a largo plazo (Montaño, 2021). La Estación Experimental El Padmi a pesar de ser un área de conservación de especies florísticas y faunísticas, es un claro ejemplo de las alteraciones que han sufrido sus bosques, principalmente por el crecimiento demográfico, la construcción de carreteras y la alta demanda de actividades agrícolas y ganaderas que se dan en la zona (Palacios et al., 2015), que han causado el cambio en su estructura y composición vegetal (Tapia y Fierro, 2011).

Las modificaciones en la composición y estructura vegetal conlleva a la formación de distintos tipos de cobertura vegetal para el desarrollo de los seres vivos (Chase y Leibold, 2003). Las especies animales responden de manera diferente a estos cambios en la vegetación, por ejemplo, se ha visto eminente una reducción en el tamaño poblacional y en la capacidad de dispersión de las especies (Hernández et al., 2003; Nichols et al., 2007). Donde las poblaciones quedan aisladas entre parches, de modo que el recambio de especies entre ecosistemas es limitado, suscitando la disminución parcial o total de las comunidades (Bustos y Lopera-Toro, 2003; Hernández et al., 2003).

Uno de los grupos taxonómicos que mayormente se ha visto afectado por las actividades antrópicas en los últimos años son los insectos, donde el 41 % de las especies se encuentran en declive (Sánchez y Wyckhuys, 2019). Dentro de los insectos se encuentran los coleópteros de la subfamilia Scarabaeinae, comúnmente conocidos como escarabajos coprófagos o peloteros, que agrupa a aproximadamente 6000 especies y 200 géneros conocidos a nivel mundial (Halffter, 1991). Se caracterizan por ser una subfamilia sensible a las perturbaciones o cambios ambientales (Cancino et al., 2014; Villamarín-Cortez, 2010), y han sido reconocidos como indicadores rentables y altamente sensibles debido a sus características morfológicas, funcionales y de comportamiento (De Moura et al., 2021; Lumaret et al., 2022). En Ecuador se han registrado alrededor de 220 especies y 33 géneros de la subfamilia Scarabaeinae, distribuidas ampliamente en diferentes ecosistemas (Chamorro et al., 2018).

Los escarabajos peloteros debido a la variedad de servicios ecosistémicos que aportan, como la dispersión de semillas, reciclaje de la materia orgánica, aumento de fertilidad del suelo, flujo de gases y el control biológico de plagas, que ayudan a mantener el equilibrio ecológico (Villamarín-Cortez, 2010), se convierten en un grupo de suma importancia estudiar. Además, al tratarse de un gremio bien estudiado, con protocolos de muestreo bien definidos, métodos de clasificación asequibles (McGeoch et al., 2002) y muestreos previos de escarabajos en el área de estudio (Cuenca, 2023) se elogió para el presente estudio.

Sumado a ello, la escasa información en la región sur del Ecuador sobre el comportamiento y el estado poblacional de los escarabajos a nivel de paisaje es notoria, lo que conlleva a la necesidad de conocer y generar información para la Estación Experimental El Padmi sobre el estado actual de su diversidad a nivel comunitario y poblacional. Por lo tanto, en este estudio se pretende conocer el tamaño poblacional actual de una de las especies dominantes de escarabajos peloteros de la subfamilia Scarabaeinae en tres coberturas vegetales del sector El Padmi, en un bosque intervenido (Bosque Natural de Ribera), un bosque conservado (Bosque Natural de Ladera) y un agroecosistema (Pastizal) (Tapia y Fierro, 2011). Además, de evaluar los procesos de dispersión, donde se determine si el sexo y la edad de la especie inciden en su tasa de movilidad, que son fundamentales en los escenarios actuales de pérdida de hábitat (Da Silva y Medina, 2015). A partir de ello, el proyecto permitirá reafirmar la validez del uso de indicadores ecológicos y tendrá un impacto positivo en la zona, puesto que permitirá abordar temas de protección, restauración y conservación, que conllevará a evaluar

las tendencias y aspectos del estado de los escarabeidos peloteros, con la finalidad de implementar acciones "a priori" que contribuyan a controlar o evitar su declive.

La evidencia sobre el tamaño poblacional y la dispersión de los escarabajos coprófagos es limitada (Roslin y Viljanen, 2011); sin embargo, se menciona que el tamaño estimado de una población difiere entre las especies y las localidades (Villada y Cultid-Medina, 2017). Ahora bien, con la movilidad de los escarabajos, las hipótesis de seguimiento sugieren que existen ciertas diferencias en la capacidad de dispersión entre especies, o entre individuos dentro de una especie, debido a diversas relaciones tanto interespecíficas e intraespecíficas (Favila, 1993; Peck y Forsyth, 1982). Por ejemplo, los machos portan una tasa de movilidad más alta que las hembras, además, que los escarabajos maduros jóvenes se mueven con más frecuencia que los inmaduros en un ensamble de escarabajos (Arellano et al., 2007). Con base a la problemática planteada, se pretende dar respuesta a la siguiente pregunta de investigación: ¿cuál es el tamaño poblacional de una de las especies dominantes de escarabajo pelotero de la Estación Experimental El Padmi y cuál es su tasa de movilidad?

De esta manera, para este estudio se seleccionó a *Dichotomius prietoi*, una especie característica de la zona, que se encuentra presente en las tres coberturas vegetales de la Estación Experimental El Padmi con diferente abundancia (Cuenca, 2023). De esta forma, se ha planteado como objetivo principal, evaluar la estructura poblacional y la tasa de movilidad de una especie de escarabajo pelotero (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) con potencial restaurador de suelos, en la Estación Experimental El Padmi, Zamora Chinchipe. Y a los objetivos específicos: i) Conocer la estructura poblacional de la especie dominante de escarabajo pelotero con potencial restaurador de suelos, en la Estación Experimental El Padmi; y, ii) Estimar la tasa de movilidad de la especie en estudio en la Estación Experimental El Padmi.

4. Marco teórico

4.1. Coleópteros de la familia Scarabaeidae

Los coleópteros conocidos comúnmente como escarabajos, son insectos con aproximadamente 392 415 especies descritas en todo el mundo, lo que representa más de un tercio de todas las especies de los 39 órdenes de insectos (Zhang, 2013). Una de las familias más grandes y diversas dentro del orden Coleoptera es Scarabaeidae, con 30 000 especies, tanto en morfología, biología, ecología y comportamiento (Zhang, 2013).

Dentro del Neotrópico se han registrado alrededor de 6000 especies de la familia Scarabaeidae (Villamarín-Cortez, 2010). Una de las subfamilias más representativas es Scarabaeinae, conformada por las tribus: Canthonini, Coprini, Dichotomiini, Oniticellini, Onitini, Onthophagini, Phanaeini, y Sisyphini (Arnett et al., 2000 en Armijos-Armijos et al., 2022). En el año 2018 en Ecuador se enlistaron 59 taxones (33 géneros, 26 subgéneros y 220 especies) de subfamilia Scarabaeinae (Chamorro et al., 2018). Esta riqueza es baja en comparación con otros países como Brasil y Colombia, donde se registró una mayor riqueza con 618 y 283 especies respectivamente (Medina et al., 2001; Vaz de Mello, 2000). Sin embargo, Ecuador presenta una riqueza mayor con respecto a Costa Rica con 182 especies (Solís y Kohlmann, 2012) y Bolivia que enlistó alrededor de 216 especies (Hamel-Leigue et al., 2006). Ante ello, nuestro país poco a poco está incentivando a nuevos estudios que conllevarán a que el número total de registros para Ecuador incrementen considerablemente en los próximos años (Chamorro et al., 2018).

4.2. Características morfológicas y ciclo de vida de escarabajos peloteros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae)

La familia Scarabaeidae se caracteriza por tener diferentes patrones de riqueza de especies generados por los distintos mecanismos de competencia ya sea por alimentación, territorio, condiciones climáticas, entre otros (Bustos y Lopera-Toro, 2003). Estos mecanismos han otorgado a los escarabeidos peloteros ciertas características morfológicas singulares como un cuerpo redondeado y abombado con colores oscuros (algunas especies tienen colores claros y brillantes), la cabeza es aplanada en la mayoría de las especies, debido a que el clípeo se encuentra unido con la frente y cubre las piezas bucales en forma de disco. En la parte trasera se encuentra un pigidio visible en forma de triángulo y en su ápice se encuentra el ano (Cultid-

Medina et al., 2012). Poseen ojos compuestos y antenas lameladas en su extremo distal, ya sea en forma de lámina o de copa (Figura 1) (Cultid-Medina et al., 2012).

Sus patas delanteras gruesas les permiten excavar el suelo y enterrar su comida, las cuales, en algunas especies presentan un margen externo de tres a cuatro dentículos, mientras que sus patas traseras pueden ser triangulares o largas-curvas, esto va a depender del comportamiento de la especie al momento de manipular y trasladar el sustrato o recurso (Celi y Dávalos, 2001).

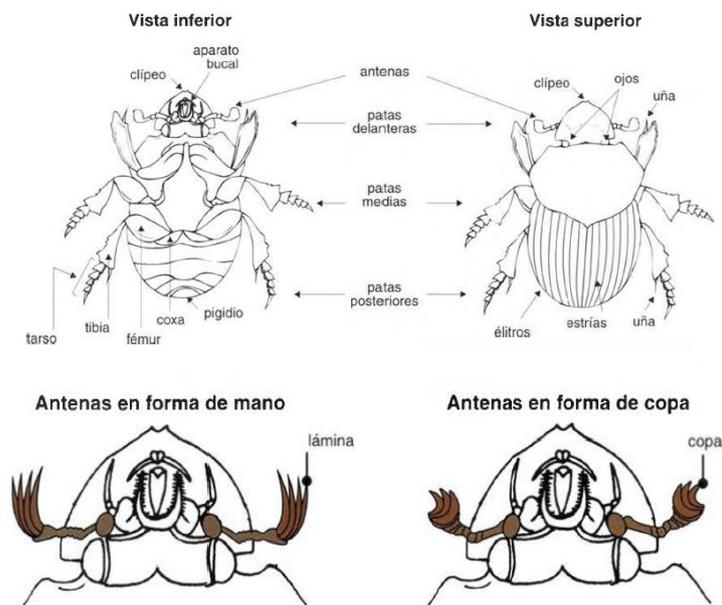


Figura 1. Características morfológicas de los escarabajos peloteros.

Fuente: Celi y Dávalos (2001)

El ciclo de vida de los escarabajos peloteros se caracteriza por tener una metamorfosis completa, que inicia cuando la hembra pone huevos en una bola de excremento, de los nacen larvas y la bola de excremento será su sustrato alimenticio (De la Vega et al., 2014). Posteriormente, la larva se convierte en pupa o capullo y finalmente en un adulto sexualmente maduro, que se reproduce y muere tras dar vida a nuevas generaciones, y así empieza nuevamente el ciclo (Figura 2).

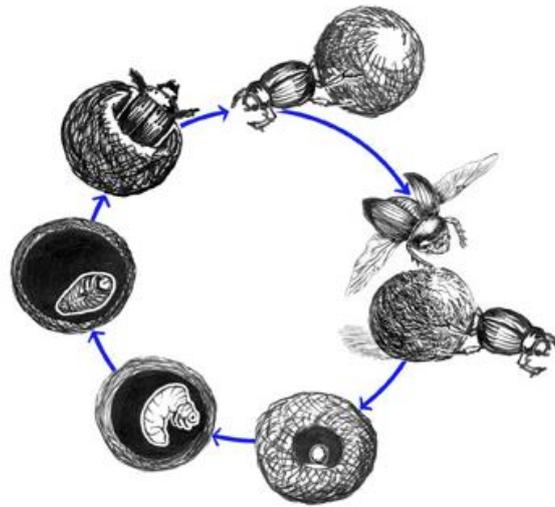


Figura 2. Ciclo de vida de los escarabajos peloteros.

Fuente: Paucar-Cabrera y Jameson (2010)

4.3. Escarabajos peloteros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) como bioindicadores de ecosistemas

Un bioindicador puede ser cualquier ser vivo que debido a su capacidad de adaptarse o sobrevivir a variaciones del hábitat, ha adoptado ciertos rasgos morfológicos que lo diferencian del resto de especies (Groom et al., 2012). Los indicadores ecológicos deben cumplir con cuatro criterios: ser factibles y rentables para muestrear, identificarse de manera fácil y confiable, ser funcionalmente significativos y responder a las perturbaciones de manera consistente (Pearce y Venier, 2006).

Los escarabajos peloteros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) son candidatos ideales para evaluar el grado de alteración de un sistema biológico frente a la perturbación antropogénica, ya que cumplen fácilmente con los cuatro criterios mencionados anteriormente. Estos insectos, además de jugar un papel importante en los ecosistemas de todo el planeta, forman un gremio bien establecido y bien definido que se caracteriza por su rápida respuesta a los cambios en el ambiente (De Moura et al., 2021). Además, la existencia de métodos estandarizados y taxonomía estable, conlleva a que la recolección o muestreo de escarabajos sea más eficiente (Pearce y Venier, 2006).

Para poder conocer el estado actual de un hábitat se considera la presencia o ausencia de algunas especies de escarabajos, que se ven influenciadas directamente por las alteraciones del hábitat (Granados et al., 2010). Hay una serie de estudios que demuestran la eficacia de los escarabajos peloteros como biorreguladores del impacto de la perturbación del hábitat en

diferentes regiones tropicales. Por ejemplo, en la región Amazónica se ha visto una notable reducción de la diversidad, especialmente de mamíferos debido a diversas alteraciones provocadas por el ser humano, ante ello, se ha convertido en una necesidad medir el grado de perturbación de los bosques amazónicos (Carpio et al., 2009). Una de las alternativas para mediar la alteración del hábitat es la utilización de los insectos, dentro de cuales se encuentran los escarabajos peloteros que son idóneos para determinar la presencia de mamíferos (Radtke et al., 2007).

Por otro lado, en la provincia de Zamora Chinchipe se han llevado a cabo estudios como el de Mora (2016) realizado en las comunidades Shaime y Héroes del Cóndor del cantón Nangaritza, sobre influencia del manejo de zonas de captación de agua sobre los escarabajos coprófagos. Allí se registraron 72 individuos que pertenecen a 7 géneros y 16 especies. La especie más abundante es *Oxysternon silenus* con 48 individuos en toda el área de estudio. Se concluyó que existe una mayor riqueza y abundancia de escarabajos en Héroes del Cóndor, ya que al ser una zona conservada cuenta con composición florística heterogénea, una gran abundancia de plantas herbáceas y arbustivas que permiten que los escarabajos aprovechen estos lugares como refugio.

De la misma manera, un estudio realizado por Cuenca (2023) sobre la diversidad de escarabajos copronecrófagos de la subfamilia Scarabaeinae y su relación con la estructura de la vegetación en tres áreas de la Estación Experimental El Padmi, reporta 12 géneros y 18 especies, pertenecientes a la subfamilia Scarabaeinae, donde el Bosque Natural de Ladera presenta una mayor abundancia y riqueza de especies, debido a que es un bosque preservado que no ha sufrido ningún tipo de perturbación. Mientras que el Bosque Natural de Ladera y el Pastizal exhiben la misma riqueza de especies, pero la abundancia es menor en el pastizal, ya que el área ha sufrido modificaciones en su estructura y composición vegetal. Las especies más abundantes que están presentes en los tres tipos de coberturas vegetales son: *Dichotomius inachus*, *Dichotomius prietoi* y *Eurysternus caribaeus*.

En base a los casos de estudio anteriormente mencionados, se puede validar que los escarabajos peloteros son excelentes bioindicadores (De Moura et al., 2021), donde se puede destacar que, a mayor número de individuos presentes en un área, el hábitat se encontrará en mejores condiciones y viceversa (Cancino et al., 2014).

4.4. Funciones ecológicas de los escarabajos peloteros

La relación entre la diversidad y la capacidad de los sistemas biológicos es fundamental para predecir los impactos por las actividades humanas (Armsworth et al., 2007). Actualmente, los escarabajos peloteros desempeñan un papel ecológico primordial dentro de un ecosistema (Nichols et al., 2008). Algunas de sus funciones ecológicas son: el ciclo de nutrientes, la dispersión de semillas, la bioturbación, regulación trófica, entre otros (Nichols et al., 2008). Estas funciones se detallan a continuación:

- a) **Ciclo de nutrientes:** Algunos de los procesos que se llevan a cabo en el suelo son mineralización y volatilización que se refieren a la transformación del nitrógeno orgánico a inorgánico por acción de las bacterias (Kazuhira et al., 1991). Los escarabajos peloteros juegan un papel fundamental dentro de estos procesos debido a que aceleran las reacciones, ajustando los ensamblajes microbianos en los sacos de estiércol y las bolas de cría durante la alimentación y la anidación (Kazuhira et al., 1991).
- b) **Bioturbación:** La bioturbación se refiere al movimiento y la mezcla de partículas de sedimentos como resultado de la actividad vegetal y animal que afecta la biota, la aireación y la porosidad del suelo (Grave y Kealhofer, 1999). Los escarabajos peloteros mueven grandes cantidades de suelo y crean túneles subterráneos durante la nidificación, lo que ayuda a expandir la circulación del aire y la porosidad del suelo (Cheik et al., 2022).
- c) **Dispersión secundaria de semillas:** Los escarabajos coprófagos facilitan una dispersión de semillas más eficiente, debido a la competencia extrema por los excrementos y la excavación rápida que a menudo cubre las semillas (Koike et al., 2012). Se ha informado que las colonias de escarabajos peloteros entierran entre el 6 % y el 95 % de las semillas liberadas en cualquier pila de estiércol (Andresen, 2002).
- d) **Regulación de la cadena trófica:** Algunas especies de escarabajos coprófagos contribuyen a la regulación de especies generalistas, por ejemplo, la especie *Canthon virens* regula a las hormigas cortadoras de hojas *Atta laevigata*, uno de los herbívoros más importantes del Neotrópico (Forti et al., 2012). Esta especie se caracteriza por atacar a las reinas cortadoras de hojas para alimentar a sus larvas durante los vuelos nupciales. Durante la temporada de reproducción, un escarabajo pelotero puede cazar varias docenas hormigas. De esta manera, la depredación de estas hormigas impide que la dinámica de las comunidades vegetales se vea afectada (Forti et al., 2012). Además, ayudan a controlar la

proliferación de parásitos e insectos que son considerados plagas o en ocasiones vectores de enfermedades (Jones et al., 2019).

4.5. Respuesta del escarabajo pelotero a las amenazas antropogénicas

El crecimiento demográfico exponencial en los últimos años se considera como uno de los principales motores del cambio ecológico mundial (Lupi y Marsiglio, 2021). Actualmente, las poblaciones de muchas especies se encuentran en declive debido a los efectos antropogénicos en el ambiente (Fahrig et al., 2019). Por ejemplo, el reemplazo de los bosques locales por escenarios antropogénicos provoca que las redes ecológicas se empiecen a homogenizar y el recambio de especies sea sumamente bajo (Fahrig et al., 2019), lo que da origen a una cascada de extinciones entre los taxones dependientes, afectando así a los procesos ecológicos y evolutivos posteriores (Fuzessy et al., 2021).

La destrucción del hábitat se ha originado por satisfacer las necesidades alimenticias, que ha conllevado a una sobrecaza de los mamíferos medianos y grandes (Benítez-López et al., 2017). Estos cambios drásticos en los ecosistemas tropicales pueden generar efectos negativos en cascada, incluso para los escarabajos coprófagos (Mayfield et al., 2010; Nichols et al., 2007). La mayoría de los escarabajos peloteros dependen directamente del excremento de los mamíferos para alimentarse y anidar, y por lo cual múltiples líneas de investigación señalan que los cambios en los recursos naturales (suelo, agua, flora y fauna) pueden alterar significativamente la riqueza y abundancia de los escarabajos (Benítez-López et al., 2017).

Por esta razón, el mantenimiento de las comunidades de escarabajos coprófagos, a través de la preservación de bosques y el mantenimiento de poblaciones de mamíferos (Granados et al., 2010), permitirá que los servicios ecosistémicos, como la eliminación de estiércol, la dispersión secundaria de semillas y el control de plagas, perduren a lo largo del tiempo (Nichols et al., 2008; Vulinec, 2002).

4.6. Dinámica poblacional y tasa de movilidad de escarabajos peloteros

La dinámica poblacional analiza la variación poblacional a lo largo del tiempo, que está determinada por una variedad de factores bióticos (relaciones intraespecíficas e interespecíficas), así como con las condiciones abióticas (físico-químico) (Biedermann et al., 2019). El tamaño poblacional de los escarabajos puede verse afectado por algunos factores como la tasa de supervivencia, mortalidad, distribución (emigración-inmigración) y el éxito reproductivo. De esta manera, es indispensable identificar los puntos más críticos para evitar el declive de poblaciones específicas (Biedermann et al., 2019).

Algunos de los modelos matemáticos para modelar la dinámica poblacional son el crecimiento exponencial, que se enfoca en el crecimiento poblacional en un ambiente con recursos ilimitados y baja competencia, se expresa con una curva en forma de jota, mientras que, el crecimiento logístico se da cuando los recursos se van agotando y aumenta la competencia y se obtiene una curva de crecimiento en forma sigmoidea (Álvarez, 2016). La importancia de conocer la dinámica poblacional de los escarabajos radica en los siguientes aspectos: i) Entender la interacción de recuperación del entorno impactado por la variedad de condiciones que se dan a medida que avanza la recuperación de la vegetación; ii). Jerarquizar los posibles problemas ambientales y su impacto al ciclo de vida de los escarabajos y otras especies; y, iii) Establecer teorías para nuevos programas de control (Villada y Cultid-Medina, 2017).

Con respecto a la movilidad en coleópteros se ha visto influenciada por diversos patrones o variables como el tamaño corporal, la amplitud de nicho, la especie, la disponibilidad del recurso, entre otros (Da Silva y Medina, 2015). Se ha podido evidenciar que varias especies donde los individuos que aún dan inicio a su etapa reproductiva suelen tener una tasa de movilidad baja, es decir, permanecen en el mismo sitio, en cambio, para especies con etapas reproductivas desarrolladas los individuos presentan una movilidad alta, aunque las hembras especialmente permanecen en el nido durante el período de cuidado parental (Favila, 1993). Hanski y Cambefort (1991) mencionan que los escarabajos de gran tamaño, que van más de 16 mm y con baja fecundidad, presentan una baja capacidad de movilidad. Además, un estudio realizado por Da Silva y Medina (2015) mencionan que la distancia mínima de desplazamiento de un individuo dentro de un bosque es de 50 m.

Para conocer el tamaño poblacional y la movilidad de una especie se emplean diferentes métodos de captura y recaptura de especímenes. Para ello se utilizan distintas técnicas de marcaje, por ejemplo: etiquetas o marcadores, mutilación, grabado, marcado con pinturas, entre otros (Hagler y Jackson, 2001; Martínez-Quintero et al., 2013). Cabe mencionar, que una de las técnicas más efectivas es el grabado o perforado de huellas inconfundibles en los élitros de los insectos adultos utilizando alfileres para insectos (Hagler y Jackson, 2001).

5. Metodología

5.1. Zona de estudio

Este estudio se llevó a cabo en la Estación Experimental El Padmi perteneciente a la Universidad Nacional de Loja que se encuentra ubicada en el corredor fluvial del río Zamora. Políticamente pertenece al cantón Yantzaza de la provincia de Zamora Chinchipe. La Estación cuenta con una superficie de 102,95 ha y se encuentra en un rango altitudinal entre 775 a 1 150 m s.n.m. Las coordenadas geográficas en el edificio de la administración son las siguientes: latitud: 9 586 042; longitud: 765 113. La estación limita al norte con la línea de la cumbre del desprendimiento, al sur con el río Zamora, al este con varios propietarios y al oeste con la quebrada El Padmi y varios propietarios. Además, la carretera Yantzaza-Gualaquiza, atraviesa la estación de sur a norte (Figura 3) (Tapia y Fierro, 2011).

La estación presenta una temperatura media anual de 23 °C y una precipitación media anual es de 2 000 mm. El mes más lluvioso es marzo con 2 260 mm, mientras que el mes de menor precipitación es octubre con 1 320 mm (Naranjo et al., 2010). Según Tapia y Fierro (2011) la estación alberga cuatro tipos de vegetación natural: Bosque Natural de Llanura (3,9 ha), Bosque Natural Rivera (2,75 ha), Bosque Natural de Ladera (38,5 ha) y Bosque Natural de Fuertes Pendientes (13,34 ha). Además, presenta siete tipos de cobertura vegetal antrópica: Sistema Agroforestal (2,9 ha), Sistema Agrosilvopastoril (0,51 ha), Sistema Silvopastoril (2,1 ha), Pastizal (26,3 ha), Plantación Forestal (1,4 ha), Jardín botánico (3,9 ha) y Cultivos temporales (3,8 ha).

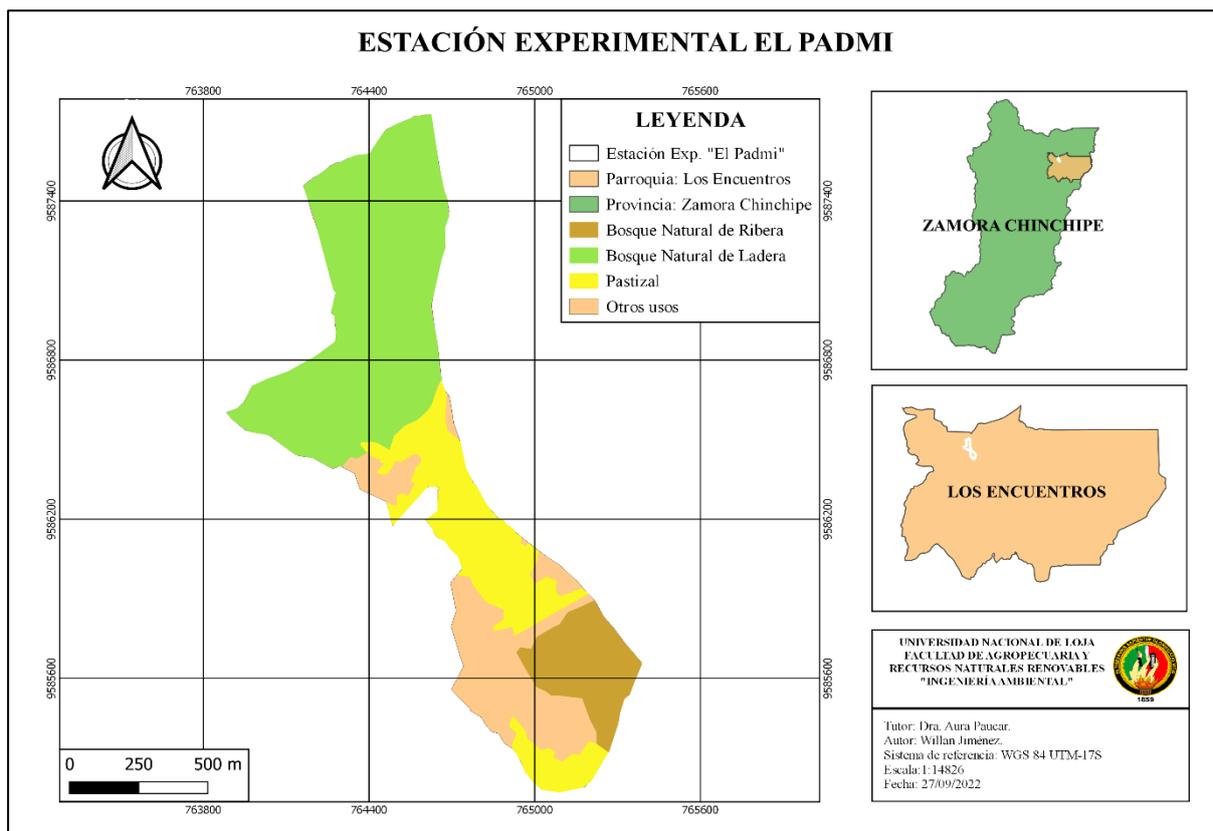


Figura 3. Zona de estudio "Estación Experimental El Padmi", ubicada en la provincia de Zamora Chinchipe, parroquia Los Encuentros.

Fuente: Elaboración propia

5.2. Diseño de investigación

El presente proyecto de investigación presentó un enfoque mixto (cualitativo-cuantitativo) de tipo descriptivo. Cuantitativo ya que se emplearon variables cuantificables (abundancia y distancias recorridas) y cualitativo debido a que se analizaron variables como la edad y el sexo de los individuos; además, presentó un enfoque deductivo, y con base en los resultados obtenidos se emitieron los razonamientos respectivos. Por otra parte, el estudio presentó un alcance descriptivo, ya que se pretendió conocer el estado actual de una especie de escarabajo pelotero en un determinado período de tiempo y se determinó si la edad y el sexo de la especie inciden en su movilidad. Para ello, se implementó un diseño de investigación estratificado al azar, debido a que se requirió coleccionar datos en tres tipos de coberturas vegetales.

De igual forma, la investigación implementó un diseño no experimental, sin emplear ningún grado de manipulación a las variables independientes. La población de estudio estuvo representada por una especie de escarabajo pelotero presente en la zona de estudio, coleccionada por medio de cuadrantes de 150 x 150 m por cada tipo de cobertura vegetal (Bosque Natural de

Ladera, Bosque Natural de Ribera y Pastizal), donde se establecieron 16 puntos de muestreo. A continuación, se detalla la metodología para cada uno de los objetivos planteados:

5.3. Objetivo 1. Conocer la estructura poblacional de la especie dominante de escarabajo pelotero con potencial restaurador de suelos, en la Estación Experimental El Padmi.

5.3.1. Delimitación de los cuadrantes

Para llevar a cabo el muestreo de los escarabajos, se obtuvo un permiso de investigación otorgado por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), No. MAATE-ARSFC-2022-2572 (Anexo 1) y una guía de movilización de los especímenes colectados para su respectivo traslado desde la Estación Experimental El Padmi hacia el Museo de Zoología LOUNAZ de la Universidad Nacional de Loja (Anexo 2). A partir de ello, se identificaron las coberturas vegetales presentes en la Estación Experimental El Padmi y se seleccionaron tres áreas con diferente estructura de vegetación: Bosque Natural de Ribera, Pastizal y Bosque Natural de Ladera (Figura 4).

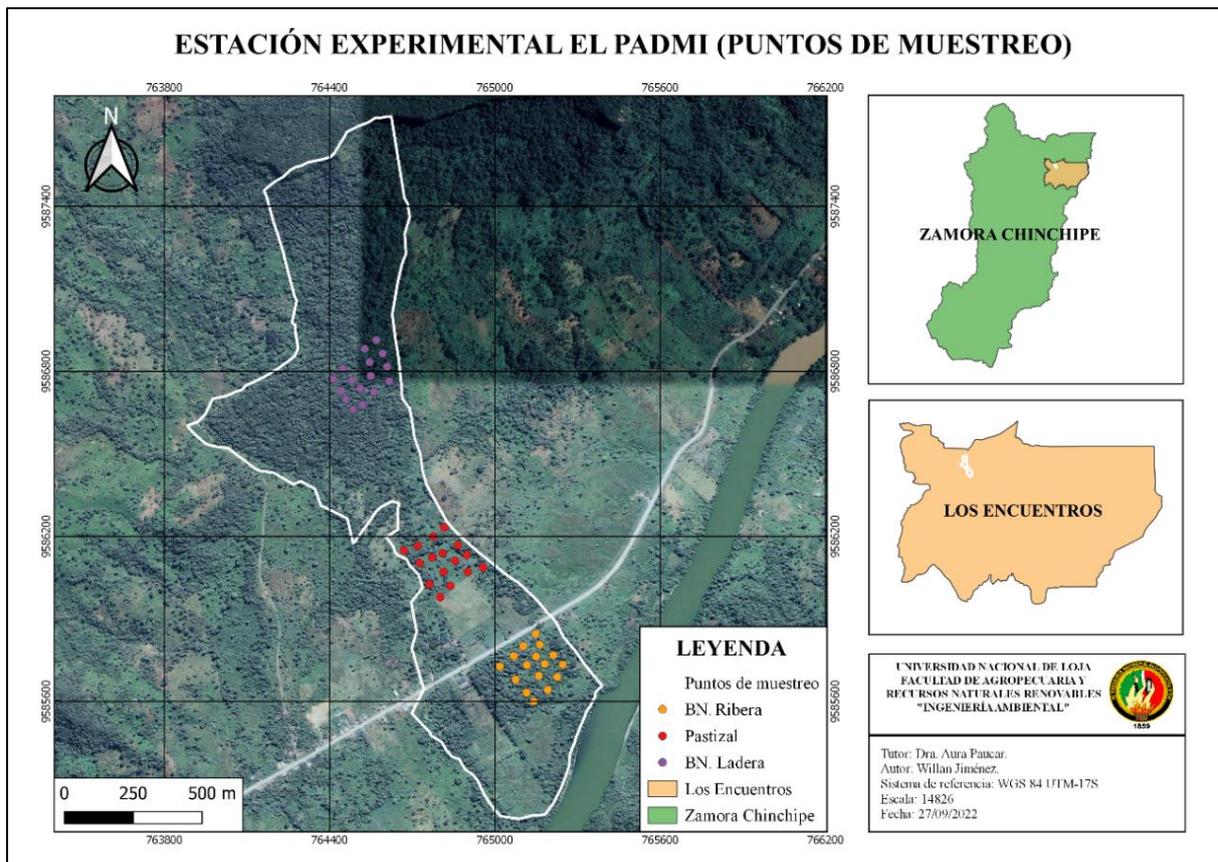


Figura 4. Ubicación de los puntos de muestreo en las tres coberturas vegetales de la Estación Experimental El Padmi: Bosque Natural de Ribera, Bosque Natural de Ladera y Pastizal.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se establecieron los puntos de muestreo en cada cobertura vegetal, en cada cuadrante de 150 x 150 m, dentro de los cuales se dispusieron 16 trampas ubicadas a 50 m entre sí, dando un total de 16 puntos de muestreo por cobertura vegetal y 48 puntos de muestreo en toda el área de estudio (Figura 5). Para la delimitación se utilizó un flexómetro y una piola como línea guía. Cada punto de muestreo fue georreferenciado con la ayuda de la aplicación UTM Geo Map versión 3.7.8 (Abdulmumin et al., 2020), con la finalidad de poder estimar la tasa de movilidad de la especie (Anexo 3). Además, que algunas trampas fueron reubicadas en puntos cercanos debido a que se presentaron inconvenientes para el muestreo como elevadas pendientes del terreno.

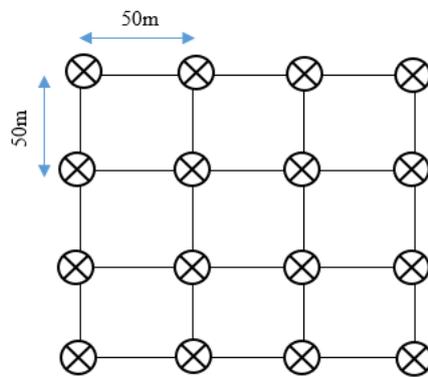


Figura 5. Distribución de los puntos de muestreo para cada una de las coberturas vegetales de la Estación Experimental El Padmi.

Fuente: Elaboración propia

5.3.2. Muestreo de escarabajos peloteros

Para el marcaje-recaptura de los escarabajos se empleó el método sugerido por Escobar y Chacón de Ulloa (2000) que consiste en utilizar trampas de caída “pitfall” modificadas, construidas con recipientes de plástico de 500 ml enterrados al ras del nivel de suelo. A cada vaso de plástico se le agregó tierra con la finalidad de que cuando los escarabajos caigan en la trampa, se entierren y no se lastimen entre ellos, y para que no escapen se colocó un embudo en la boca del vaso. El cebo que se utilizó fue excremento humano, el cual se colocó en un vaso plástico de una onza y se ató dentro de la trampa para evitar que los insectos lo manipulen. Cada trampa estuvo protegida de las precipitaciones y de la desecación con un plato de plástico ubicado en la parte superior (Figura 6). La ventaja fundamental de esta técnica es que se reduce la mortalidad al eliminar el alcohol y otros aditivos utilizados habitualmente para la captura y conservación de los ejemplares, lo que permite su cuantificación, marcaje y recaptura. Todas las trampas se cebaron por períodos de 24 horas, dejando un día de descanso (sin excremento y

trampas cerradas) esto permitió que individuos puedan movilizarse dentro del bosque evitando los sesgos en el muestreo, al día siguiente se cebó nuevamente según lo sugerido por Barretto et al. (2018). El muestreo se llevó a cabo durante 24 días, distribuidos en tres meses (septiembre, octubre y noviembre del 2022) (Anexo 4).



Figura 6. Trampa pitfall modificada para la colecta de escarabajos. A. Instalación de la trampa, B. Colocación del cebo, C. Protección de la trampa, D. Trampa pitfall cerrada.

Fuente: Elaboración propia

Los especímenes colectados fueron depositados en recipientes de plástico con suelo húmedo, ventilados y con hojarasca, cada uno con su respectivo código de campo asignado (Anexo 5). Al final del muestreo se desmontaron las trampas.

Los escarabajos colectados en el primer día de muestreo fueron limpiados e identificados. Con base en el estudio realizado por Cuenca (2023), se sabía que las posibles especies a estudiar eran *Coprophanaeus telamon*, *Deltochilum orbigny amazonicum* y *Dichotomius prietoi*, debido a su abundancia, tamaños grandes y facilidad para distinguir entre hembras y machos por sus caracteres sexuales secundarios. Dada la presencia y/o abundancia en el momento del presente estudio se seleccionó a *Dichotomius prietoi*. Para la identificación de las especies se utilizó la colección de referencia disponible en el Museo de Zoología LOUNAZ de la Universidad Nacional de Loja. Además, al final del muestreo, algunos de los ejemplares capturados fueron sacrificados en frascos con acetato de etilo y colocados en fundas Ziploc con su respectiva etiqueta. Los especímenes fueron conservados en alcohol al 75 %, para su posterior traslado al laboratorio y su respectivo montaje y codificación (Anexo 6). Para ello

se obtuvo un certificado de tenencia y depósito de los especímenes colectados en la Estación Experimental El Padmi otorgado por el Museo de Zoología LOUNAZ-UNL (Anexo 8).

5.3.3. *Marcaje y recaptura de escarabajos peloteros*

El marcaje se realizó solamente en los individuos de *Dichotomius prietoi*. Esta especie fue seleccionada debido a ciertos criterios: a) los individuos de esta especie son de tamaño relativamente grande (10-35 mm); b) tienen un cuerpo robusto, lo que facilita el marcaje; c) son abundantes; d) presentan un dimorfismo sexual bien marcado. Cada escarabajo se marcó con una combinación numérica de perforaciones en los élitros con la ayuda de una aguja entomológica (Figura 7). Esta técnica no es invasiva, no causa daños a la integridad de los escarabajos y puede perdurar por varios años (Da Silva y Medina, 2015). Los individuos marcados fueron llevados inmediatamente a recipientes de plástico con suelo húmedo, ventilados y con hojarasca, para ser liberados al día siguiente en el mismo sitio de captura. Se llevó un registro del sexo, la edad de cada individuo, el tipo de cobertura, el número y ubicación de la trampa donde cada individuo fue capturado y recapturado (Anexo 7).

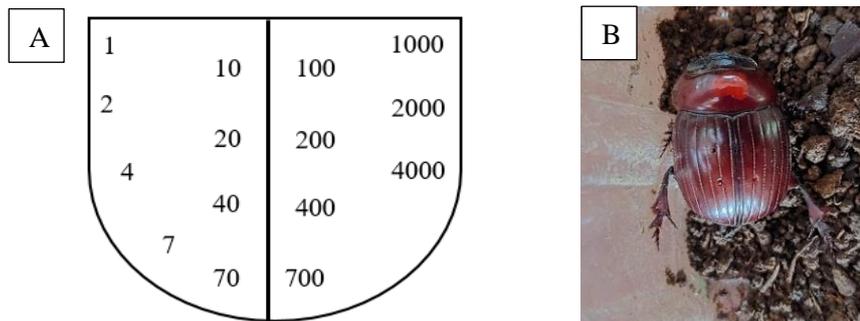


Figura 7. Código numérico para el marcaje de escarabajos peloteros. A. Serie del código número, B. Individuo de *Dichotomius prietoi* marcado con el número 460.

Fuente: Ruiz (2014).

Otros aspectos que se consideraron fueron el sexo de cada individuo capturado y la edad en estado adulto. Para la identificación del sexo se consideró el dimorfismo sexual bien marcado de *Dichotomius prietoi*. Los machos presentan cuernos y estrías de los élitros bien producidas, mientras que las hembras no poseen estos rasgos (Chamorro et al., 2021; Figueroa y Alvarado, 2011). Para determinar la edad se tomó en cuenta rasgos morfológicos como el grado de esclerotización del exoesqueleto y se dividió en dos categorías: 1) tenerales o recién emergidos, aquellos que presentan un exoesqueleto suave y de color café; 2) adultos no tenerales, aquellos con el exoesqueleto duro y de color oscuro (Barretto et al., 2018).

5.3.4. *Cuantificación de la abundancia y estimación del tamaño y densidad poblacional en tres coberturas vegetales de la Estación Experimental El Padmi.*

Se cuantificó la abundancia de *Dichotomius prietoi*, en cada área de la Estación Experimental El Padmi, tomando en cuenta el número de individuos capturados en cada trampa. Estos datos obtenidos fueron procesados mediante diagramas de barras y líneas en los softwares Excel 2019 versión 2111 (Simonyi, 1985) e InfoStat versión 2020e (Di Rienzo et al., 2011) con la finalidad de presentar gráficamente los resultados. Esto permitió observar claramente la distribución de los datos a lo largo del período de muestreo y sus principales características.

Adicionalmente, para poder estimar el tamaño poblacional de una especie se utiliza comúnmente el método de Lincoln Petersen que se basa únicamente en dos ocasiones de muestreo y es fácil de aplicar (Nichols, 1992). Sin embargo, tiene un inconveniente, tiende a sobreestimar el tamaño de la población (Nichols, 1992). Debido a que este estudio se basó en múltiples capturas y recapturas, además, que requiere estimaciones más precisas, se utilizó el método de Schnabel (Schnabel, 1938). La principal diferencia es que permite más de dos encuentros de captura-recaptura. Este método se representa con la Ecuación 1:

$$N = \frac{\sum_{i=1}^m M_i C_i}{\sum_{i=1}^m R_i} \quad [Ec. 1]$$

donde:

M_i = número total de individuos marcados previamente en el momento i .

C_i = número de individuos capturados en el momento i

R_i = número de individuos marcados capturados en el momento i .

Además, este modelo se basa en cuatro supuestos: 1) las marcas no se pierden, 2) la captura no influye a la probabilidad de recaptura, 3) no hay aumento de la población (nacimiento o inmigración) o pérdidas (mortalidad o emigración) y 4) todos tienen la misma posibilidad de ser capturados (Seber, 1982). Finalmente, la densidad poblacional se calculó mediante la siguiente relación: número de individuos por unidad espacial (superficie o volumen) (Martella et al., 2012).

5.4. Objetivo 2. Estimación de la tasa de movilidad de la especie en estudio en la Estación Experimental El Padmi.

Para estimar la movilidad de la especie seleccionada en el área de estudio, se empleó los datos de capturas y recapturas, los cuales fueron analizados en el software QGIS versión 3.14.16 (QGIS Development Team, 2016), debido a que permite medir longitudes geodésicas (basadas en la curvatura de la Tierra) (Ruiz, 2014). Con estos datos, se estimó la distancia mínima, media y máxima que un individuo puede movilizarse durante un determinado período de tiempo. Además, para determinar las diferencias estadísticas en los valores de las distancias recorridas teniendo en cuenta la edad y el sexo de la especie, primeramente se comprobó la normalidad de los datos. En base a los datos de naturaleza no paramétrica, se utilizó la prueba U de Mann-Whitney debido a que se contaba con dos muestras independientes (Berlanga y Rubio, 2012). Esta prueba se basa en dos hipótesis: Ho: las medianas son iguales; y, H1: al menos una de las medianas es diferente (Herrera y Carse, 2000). Adicionalmente, se elaboró un mapa de movilidad de la especie.

6. Resultados

6.1. Objetivo 1. Conocer la estructura poblacional de una especie dominante de escarabajo pelotero con potencial restaurador de suelos, en la Estación Experimental El Padmi.

En el premuestreo, se obtuvo que una de las especies dominantes en la Estación Experimental El Padmi fue *Dichotomius prietoi* con 87 individuo. Luego de elegir la especie a estudiar, se llevaron a cabo muestreos por tres meses consecutivos (septiembre, octubre y noviembre del 2022) donde se realizaron 9 eventos de marcaje-recaptura (los eventos de marcaje-recaptura se refieren a cuántas veces se marcaron a los escarabajos durante todo el muestreo) en los que se marcaron un total de 671 individuos de *Dichotomius prietoi* pertenecientes a la subfamilia Scarabaeinae, de los cuales 466 eran machos y 205 hembras. En cuanto a su edad, se registraron 576 individuos no tenerales y 95 tenerales. Además, durante los meses de muestreo se recapturaron 67 ejemplares, lo que representa el 9,9 % del total de los individuos marcados. De éstos, 47 fueron machos y 20 hembras, de los cuales 60 individuos fueron no tenerales y 7 tenerales. Con respecto a las recapturas, 62 individuos fueron recapturados únicamente en una ocasión, 4 individuos en dos ocasiones, mientras que un ejemplar se recapturó en tres ocasiones durante el muestreo (Anexo 7).

6.1.1. Abundancia

El mayor número de individuos de *Dichotomius prietoi* se registró en el Bosque Natural de Ladera, seguido del Bosque Natural de Ribera, mientras la menor abundancia se registró en el Pastizal (Figura 8).

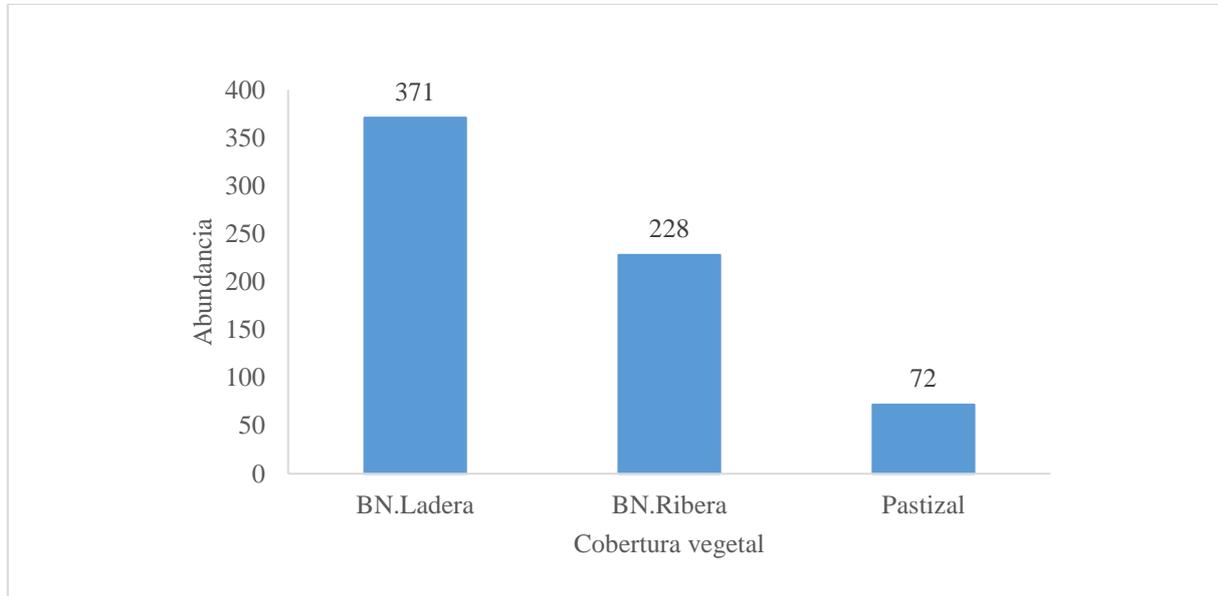


Figura 8 . Abundancia de *Dichotomius prietoi* en las tres coberturas vegetales de la Estación Experimental El Padmi.

De acuerdo al sexo de la especie, se logró evidenciar que existe mayor abundancia de machos con respecto a las hembras en toda el área de estudio, con 466 y 205 individuos, respectivamente. Cabe recalcar que el Bosque Natural de Ladera presentó una abundancia notable de machos con 281 individuos con respecto a las hembras, mientras que en el Pastizal y en el Bosque Natural de Ribera también existe dominancia de machos, pero en menor proporción (Figura 9B). Además, el mayor número de machos y hembras se registró en el mes de septiembre, mientras que para los meses de octubre y noviembre éste disminuyó (Figura 9A).

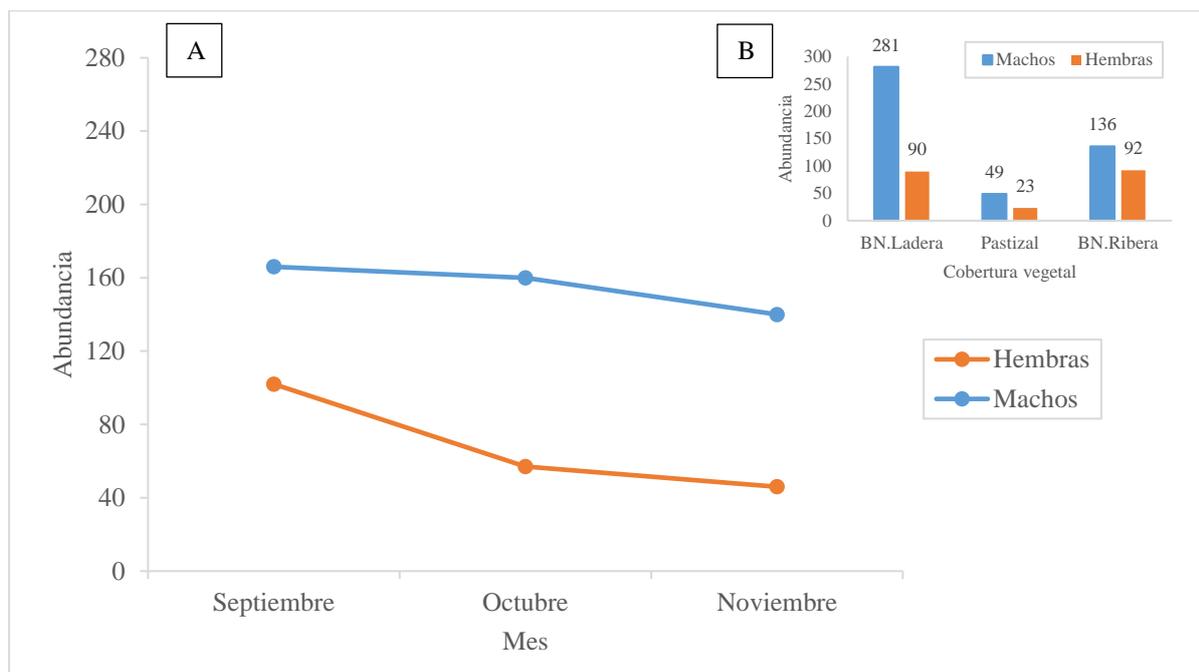


Figura 9. Variación del número de machos y hembras de *Dichotomius prietoi* en la Estación Experimental El Padmi. A. Variación temporal (meses) de machos y hembras, B. Variación espacial de machos y hembras en tres tipos de cobertura vegetal: Bosque Natural de Ladera, Bosque Natural de Ribera y Pastizal.

En el caso de la distribución de edades de *Dichotomius prietoi* en la Estación Experimental El Padmi se evidenció que en las tres áreas con diferente estructura vegetal se presentó una mayor abundancia de individuos no tenerales con respecto a la abundancia de tenerales. Donde los individuos no tenerales representan el 86 % (576 individuos), mientras que los tenerales el 14 % (95 individuos) (Figura 10B). Del mismo modo, se demostró que el número de individuos tenerales y no tenerales tuvo una tendencia a disminuir en cada período de muestreo; sin embargo, únicamente en el Bosque Natural de Ladera y Bosque Natural de Ribera, en el mes de noviembre, el número de individuos no tenerales y tenerales aumentó de forma leve, respectivamente (Figura 10A).

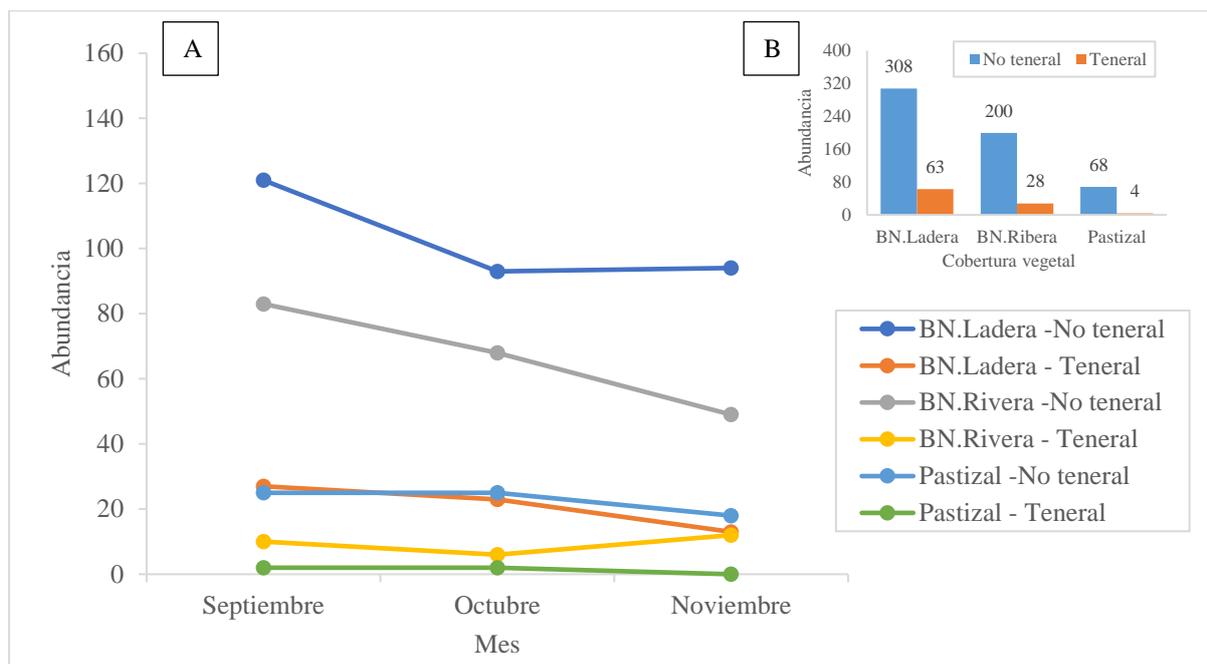


Figura 10. Variación del número de individuos tenerales y no tenerales de *Dichotomius prietoi* en tres tipos de cobertura vegetal: Bosque Natural de Ladera, Bosque Natural de Ribera y Pastizal de la Estación Experimental El Padmi. A. Variación temporal (meses), B. Variación espacial (coberturas vegetales).

6.1.2. Tamaño y densidad poblacional

Según el método de Schnabel el tamaño poblacional estimado para *Dichotomius prietoi* dentro de la Estación Experimental El Padmi fue de 3 149 individuos, de los cuales, 2 187 fueron machos y 962 fueron hembras. La densidad poblacional fue aproximadamente de 3 individuos/km².

6.2. Objetivo 2. Estimación de la tasa de movilidad de la especie en estudio en la Estación Experimental El Padmi.

En cuanto a la movilidad de *Dichotomius prietoi* se evidenció que la mayor parte de individuos capturados se desplazan entre 0-50 y 100-150 metros. Además, pueden llegar a desplazarse a distancias mayores a los 1 000 metros (machos). La distancia media recorrida por un individuo es de 138 metros, mientras que la máxima es de 1 445 metros (Figura 11 y 14).

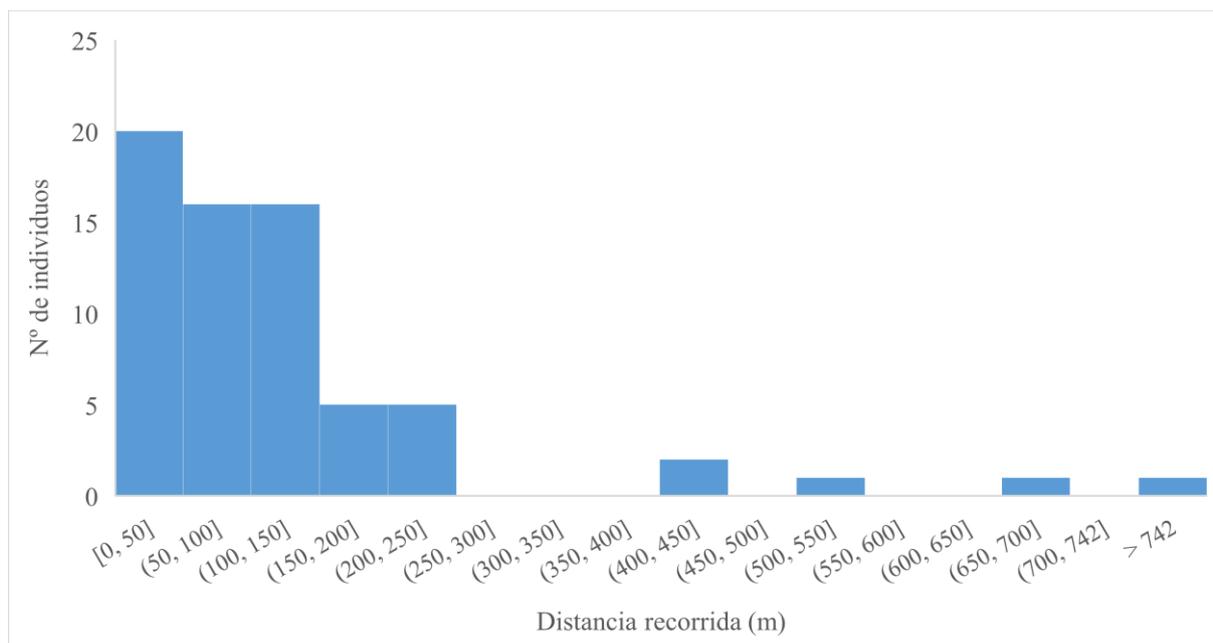


Figura 11. Tasa de movilidad de *Dichotomius prietoi* en las tres coberturas vegetales de la Estación Experimental El Padmi.

Los machos y las hembras representan el 71,6 % y 28,3 %, respectivamente, del total de individuos recapturados. Las hembras pueden movilizarse a una distancia media de 133 metros, con una tendencia a variar de $\pm 118,2$ metros, mientras que los machos logran recorrer una distancia media de 209 metros, la cual puede variar $\pm 166,1$ metros. En cuanto a la edad de los organismos, los individuos no tenerales logran recorrer distancias mayores con respecto a los tenerales, esto se deriva de la distancia (mínima y máxima) y de la desviación estándar obtenidas. Además, la distancia mínima de desplazamiento fue de 50 metros tanto para la edad y el sexo de la especie (Tabla 1). Las trampas fueron colocadas a 50 metros de separación entre ellas, y los individuos colectados fueron liberados junto a las trampas donde fueron capturados, pero como se indica en la metodología, se esperó un período de 24 horas para volver a abrir y cebar las trampas.

Tabla 1. Distancia recorrida por *Dichotomius prietoi*, respecto a su sexo y edad.

Distancia recorrida (m)				
	Atributo	Media	Máxima	Desviación estándar
Sexo	Hembra	132,6	446,5	118,2
	Macho	208,9	1445,2	166,1
Edad	No teneral	190,2	1445,2	246,8
	Teneral	128,7	249,1	89,9

Mediante la prueba U de Mann-Whitney se logró mostrar que no existe una diferencia significativa ($p= 0,2008 > 0,05$) entre las distancias recorridas de machos y hembras de *Dichotomius prietoi*. De igual forma, la edad no incide en la movilidad de la especie debido a que el valor de $p= 0,6162 > 0,05$; sin embargo, los machos y los individuos no tenerales tienen un mayor rango de desplazamiento. Los mismos resultados se pueden apreciar de una mejor forma en las Figuras 12 y 13.

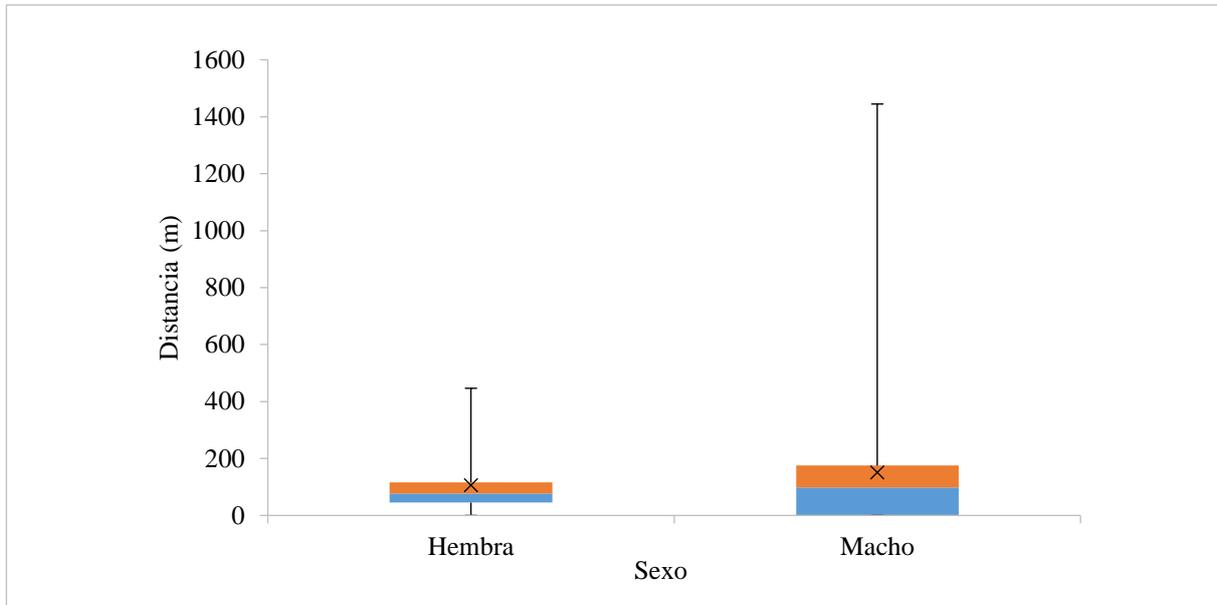


Figura 12. Diagrama de caja y bigote para la distancia recorrida según el sexo de *Dichotomius prietoi*.

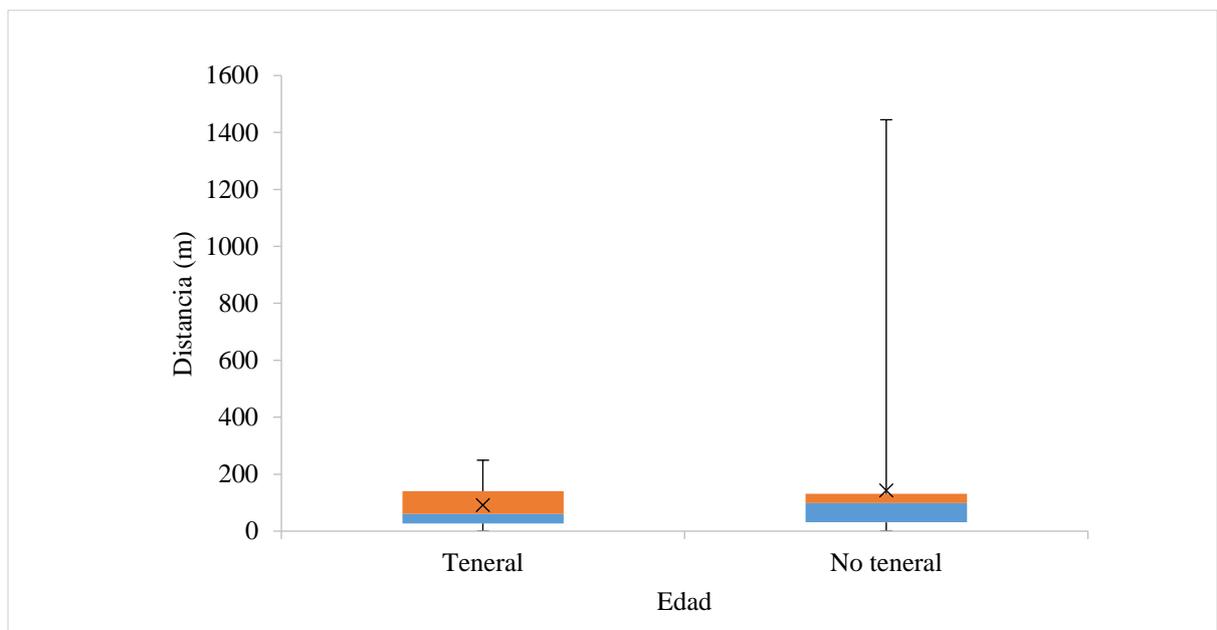


Figura 13. Diagrama de caja y bigote para la distancia recorrida según la edad de *Dichotomius prietoi*.

Además, se puede mencionar que el 3 % de los individuos recapturados se movilizaron del Bosque Natural de Ribera al Pastizal. El mismo porcentaje de ejemplares se trasladaron del Bosque Natural de Ladera al Pastizal y solamente el 1,5 % de los individuos se movilizaron del Bosque Natural de Ladera al Bosque Natural de Ribera. De la misma manera, el 47,8 %, 35,8 % y 9 % se mantuvieron dentro del Bosque Natural de Ladera, Bosque Natural de Ribera y Pastizal, respectivamente (Tabla 2). Por lo tanto, la especie hizo un uso más frecuente de los bosques, con respecto al pastizal. Cabe acotar que un único individuo logró recorrer 1445 metros desde el Bosque Natural de Ladera al Bosque Natural de Ribera.

Tabla 2. Tendencia de *Dichotomius prietoi* en cuanto a su movilidad dentro de las tres coberturas vegetales.

Sitios	# de individuos	Porcentaje (%)
Dentro del BN. R	24	35,8
Dentro del BN. L	32	47,8
Dentro del P	6	9,0
BN. R a P	2	3,0
BN. L a P	2	3,0
BN. L a BN. R	1	1,5
Total	67	100

Nota. Bosque Natural de Ladera (BN. L); Bosque Natural de Ribera (BN. R); Pastizal (P).

Finalmente, en la Figura 14 se presenta el mapa referente a la movilidad de *Dichotomius prietoi*, donde se puede observar tanto la movilidad de los machos como de hembras en las tres coberturas vegetales de la Estación Experimental El Padmi.

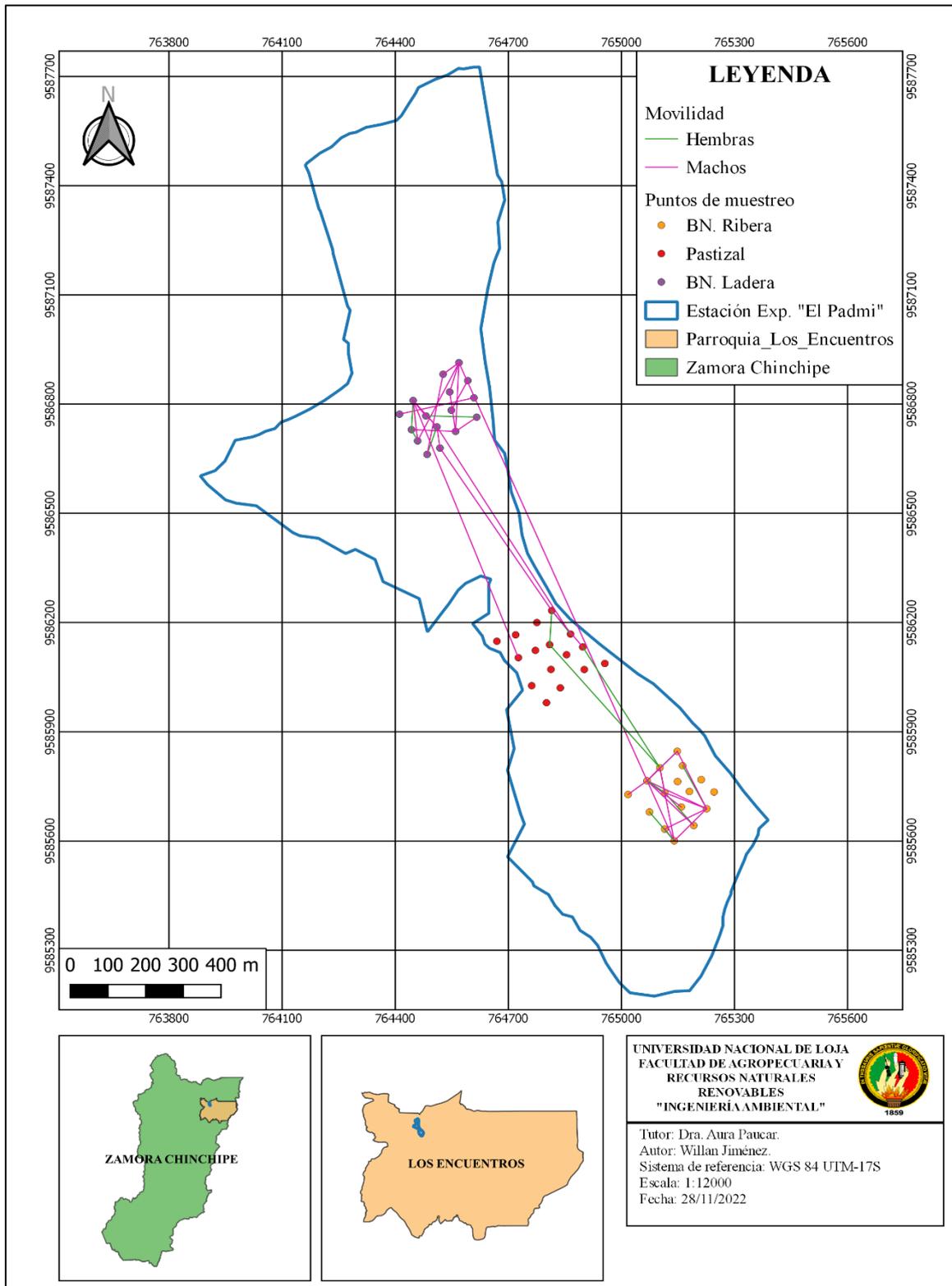


Figura 14. Distancias lineales recorridas por *Dichotomius prietoi* en las tres coberturas vegetales de la Estación Experimental El Padmi: Bosque Natural de Ribera, Bosque Natural de Ladera y Pastizal. Cada segmento de línea representa el movimiento de un escarabajo pelotero entre dos trampas. Además, únicamente a cinco individuos se recapturaron por más de una ocasión.

7. Discusión

La presente investigación da a conocer el tamaño poblacional y la tasa de movilidad de una especie de escarabajo pelotero (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en la Estación Experimental El Padmi. Analizamos la población de *Dichotomius prietoi*, la cual se encuentra presente en las tres coberturas vegetales de la Estación con diferente niveles de abundancia (Cuenca, 2023). Además, presentó ciertos rasgos esenciales para el estudio, por ejemplo, los individuos son de tamaño relativamente grande, tienen un cuerpo robusto y un dimorfismo sexual bien marcado (Chamorro et al., 2021; Figueroa y Alvarado, 2011).

En lo que se refiere a la abundancia de *Dichotomius prietoi* frente a las distintas coberturas vegetales que tiene la Estación Experimental El Padmi, se evidenció que existe una mayor abundancia en el Bosque Natural de Ladera, debido a que es una zona destinada a la conservación, mientras que la menor abundancia se registró en el Pastizal, la cual ha sufrido alteraciones a lo largo del tiempo (Naranjo et al., 2010). Se conoce que el grado de alteración en la estructura de la vegetación y la heterogeneidad del entorno pueden influir en la presencia o ausencia de los escarabeidos; por lo tanto cada hábitat tiene distintas comunidades y diferente rotación o recambio de especies (Cancino et al., 2014). Además, la Estación presenta áreas con intervención media (Naranjo et al., 2010), como es el caso del Bosque Natural de Ribera, que a pesar de haber sufrido alteraciones en su estructura vegetal, a causa de la extracción de madera, de actividades agrícolas y pecuarias (Apolo, 2010), se ha dado una recuperación vegetal con especies secundarias, que ha conllevado a la formación de hábitats para el desarrollo de las poblaciones de escarabajos.

En consecuencia, la abundancia de *Dichotomius prietoi* es mayor en los bosques, a pesar de presentar un cierto grado de alteración, en comparación a la que se presenta en los pastizales (Cuenca, 2023; Villamarín-Cortez, 2010). Las comunidades de escarabajos tienden a permanecer en los bosques, debido a que brindan las condiciones idóneas para su alimentación y nidificación (Naranjo et al., 2010). Por ejemplo, un mayor número de mamíferos, significa un alto recurso alimenticio; una alta cobertura arbórea limita la entrada de la luz solar, manteniendo el excremento de los mamíferos fresco por mayor tiempo (Villamarín-Cortez, 2010); la presencia de hojarasca y trozos de madera en descomposición que son utilizados como refugio; estos factores influyen a mejorar la dinámica poblacional en los bosques (Rangel et al., 2012). Mientras que en los pastizales las condiciones son limitadas, ya que estas zonas han

sufrido una mayor degradación en sus hábitats, lo que provoca una ausencia de mamíferos. A pesar de ser sitios destinados para ganadería, el recurso alimenticio es bajo, dado que al ser zonas a la intemperie se produce una desecación inmediata de las heces, causando daño en los tejidos internos de las larvas, lo que provoca su mortalidad o inhibiendo el desarrollo (Beresford et al., 2013), de lo que se deduce que las poblaciones disminuyen (Alburqueque et al., 2015).

Con respecto a la abundancia según el sexo de *Dichotomius prietoi*, se logró evidenciar que existe una mayor abundancia de machos con respecto a las hembras. Este fenómeno ha sido documentado en varios estudios, donde mencionan que se debe al comportamiento reproductivo (Barretto et al., 2018; Favila et al., 2005; Pomfret y Knell, 2008). Estudios sobre la estructura poblacional de *Dichotomius prietoi* no existen, por lo tanto, no está claro qué factores influyen en la proporción sexual de la especie. Sin embargo, un estudio realizado a dos especies (*Deltochilum mexicanum* y *Dichotomius satanas*), menciona que hay un sesgo entre machos y hembras, y que la principal causa de aquello es el comportamiento reproductivo, sumado a ello las condiciones ambientales que regulan las poblaciones de escarabajos (Barretto et al., 2018). Los machos se caracterizan por ser más activos en la búsqueda de recursos y parejas (competencia intrasexual), y su tiempo de permanencia en el nido es corto, lo que podría redundar en una población altamente segregada en el espacio, mientras que las hembras permanecen su mayor tiempo bajo tierra en sus nidos, por tal razón, su segregación en el espacio es baja (Barretto et al., 2018; Pomfret y Knell, 2008).

Además, se evidenció que en las tres coberturas vegetales se presentaron individuos tanto tenerales como no tenerales. No obstante, se registró una baja abundancia de tenerales, lo que se debe principalmente al ciclo de vida de los escarabajos peloteros (Huerta et al., 2005). Los tenerales después de emerger permanecen enterrados gran parte del tiempo mientras que su cuerpo se quitiniza y experimenta maduración fisiológica (Cultid-Medina et al., 2015; Halffter y Matthews, 1966). Sumado ello, durante los 24 días de muestreo distribuidos en los meses de septiembre, octubre y noviembre (temporada seca), la mayoría de días eran soleados. Esto implica que la actividad de los escarabajos tenerales posiblemente disminuyó, impidiendo que sean capturados. La literatura existente demuestra que, durante estos períodos secos, los escarabajos tenerales probablemente entran en estados de inactividad fisiológica bajo tierra (Bang et al., 2008; Rangel et al., 2016). Por otro lado, se observó que los individuos no tenerales presentaron una tendencia de decrecimiento conforme empieza el período lluvioso (Escobar y Chacón de Ulloa, 2000), donde el mes con mayor precipitación en la estación corresponde a

marzo (Valarezo et al., 2003). Esto se corrobora, con el estudio realizado por Cuenca (2023) en la misma zona de estudio, durante los meses de noviembre, diciembre y enero, donde registró una disminución en el número de individuos capturados en cada período de muestreo. Es decir, a partir del muestreo realizado en esta investigación, de septiembre a noviembre, ya se observa una tendencia a un decrecimiento en el número de escarabajos adultos, que continúa decreciendo, según el muestreo de Cuenca (2023), hacia los meses de diciembre y enero. Por esta razón, es necesario tener en cuenta la variación de los escarabajos en diferentes épocas del año, las circunstancias del muestreo y las variables como la precipitación, temperatura y disponibilidad de alimento que influyen en la dinámica poblacional de los escarabajos (Huerta et al., 2005; Rangel et al., 2012), de esta manera poder comprender los posibles efectos de la variación climática y la alteración del entorno tanto a mediano como a largo plazo.

Otro punto importante fue que el tamaño poblacional estimado (3 149 individuos) y la densidad (3 ind/km²), garantizan la permanencia de *Dichotomius prietoi* en el paisaje a largo plazo, debido a que estudios poblacionales de escarabajos peloteros mencionan que poblaciones (≥ 1000 individuos) pueden considerarse como estables (Barretto et al., 2018; Pulliam y Dunning, 1994). En cambio, teniendo en cuenta la edad de los individuos registrados, los resultados podrían sugerir que la población se encuentre en decadencia, ya que el número de individuos jóvenes fue muy bajo, con respecto a los adultos (Morlans, 2004). Sin embargo, se debe considerar que en los meses de colecta, la población de escarabajos adultos empieza a decrecer, muy posiblemente hasta marzo, por lo que es necesario realizar un estudio complementario en los meses secos (junio, julio, agosto, septiembre) para verificar esta hipótesis. Los resultados de la presente investigación dan una idea del estado actual de la población de *Dichotomius prietoi*; sin embargo, para comprender con mayor exactitud la dinámica poblacional de los escarabajos dentro de la Estación Experimental El Padmi, es necesario realizar estudios por períodos prolongados (> 1 año) (Villada y Cultid-Medina, 2017) y de esta manera aplicar modelos más robustos como el método Cormack-Jolly-Seber que permitan estimar otros parámetros como la tasa de supervivencia y tasa de reclutamiento (Jolly, 1965). A pesar de ello, los hallazgos de este estudio son consistentes con otros estudios de escarabajos peloteros en paisajes modificados, donde los tamaños poblacionales estimados variaron entre 4000 y 25000 individuos (Arellano et al., 2007; Barretto et al., 2018; Noriega y Acosta, 2010; Villada y Cultid-Medina, 2017).

Por otra parte, estos resultados mostraron que la especie aquí estudiada tiene una baja tasa de dispersión, esto se deriva de la distancia media obtenida. Sin embargo, un individuo logró recorrer una distancia mayor a los 1 000 metros (macho), lo que conlleva a la necesidad que para futuros estudios aumentar el esfuerzo de muestreo, con la finalidad de reforzar los resultados obtenidos en cuanto a la movilidad de *Dichotomius prietoi*. No obstante, el número de recapturas fue lo esperado (67 individuos), debido a que en un estudio realizado por Villada y Cultid-Medina (2017) en Los Andes occidentales de Colombia, donde se marcaron un total de 1723 individuos de dos especies, *Dichotomius alyattes* y *Dichotomius satanas*, se logró recapturar, 73 individuos. Este acontecimiento se debe a que algunas especies de escarabajos coprófagos permanecen bajo tierra durante largos períodos de tiempo (Favila, 1993). Todo lo mencionado anteriormente, impide que los individuos sean recapturados con mayor frecuencia. A esto se suma que únicamente se recapturaron 16 individuos en el mismo sitio en donde fueron liberados, de los cuales, 6 fueron recapturados en un período de trapeo a otro. Estudios documentan este mismo fenómeno, donde dan a conocer que los escarabajos pueden permanecer en un mismo sitio durante largos períodos de tiempo (Arellano et al., 2007).

De igual forma, se demostró que los aspectos como el sexo y edad no influyen en la movilidad de la especie. Sin embargo, los machos presentaron un mayor rango de dispersión que las hembras. Una posible explicación es el comportamiento reproductivo, donde los machos son más activos en la búsqueda de pareja (Favila et al., 2005) y su tiempo de permanencia en el nido es corto (Barretto et al., 2018; Favila, 1993). En cuanto a la edad, los individuos no tenerales presentaron de igual forma una mayor distancia recorrida en comparación a los tenerales. Esto está relacionado con lo dicho anteriormente, donde los tenerales permanecen enterrados la mayor parte del tiempo mientras alcanzan su madurez sexual y fisiológica; en cambio, los individuos no tenerales se encuentran en su plena etapa reproductiva (Cultid-Medina et al., 2015; Halffter y Matthews, 1966).

Dichotomius prietoi registró un uso más frecuente de los bosques que los pastizales. Estos sitios proporcionan hábitats idóneos para llevar a cabo su ciclo de vida con normalidad (Naranjo et al., 2010) y permiten que los individuos se movilen sin ningún tipo de sesgo (Delgado et al., 2012). Según Noriega et al. (2012) zonas que se encuentran en conservación, permiten el desarrollo y la movilización de los individuos, a diferencia de las que ya han sido degradadas en gran porcentaje. Generalmente, los escarabajos coprófagos se desplazan de zonas perturbadas y con condiciones extremas a bosques con copas densas (Delgado et al., 2012). Sin

embargo, el 3 % de los individuos recapturados tanto del Bosque Natural de Ladera y del Bosque Natural de Ribera se trasladaron al Pastizal, ante ello, la principal razón de este cambio podría ser que los diversos períodos de vuelo en los escarabajos peloteros pueden haber cambiado en relación con los patrones de defecación de los mamíferos (Sánchez-Hernández et al., 2018), probablemente debido a que en el segundo muestreo se introdujo ganado vacuno al terreno, y es posible que los escarabajos hayan sido atraídos por las boñigas depositadas. A pesar de que, estudios mencionan que la presencia de ganado vacuno disminuye la abundancia de escarabajos, debido a que el ganado posiblemente pisotee los nidos, causando la mortalidad directa de adultos y larvas, lo que conlleva a una disminución gradual en el número de escarabajos coprófagos e incluso a la eliminación de ciertas especies (De la Vega et al., 2014; Lumaret et al., 2022). Además, para la desparasitación del ganado vacuno comúnmente se utiliza la ivermectina, que afecta al sistema sensorial y motor de los escarabajos peloteros, inutilizándolos para encontrar alimento y limitando su capacidad de movimiento (Verdú et al., 2019). Se recomienda que estudios futuros sobre el presente tema aborden factores y rasgos morfológicos, como la carga alar de las especies, que pueden ser útiles para comprender cómo y por qué las especies tienen una distribución espacialmente estructurada (Da Silva y Medina, 2015).

Finalmente, la presente investigación se caracterizó por ser la primera en dar a conocer el estado actual de una de las especies dominantes de la Estación Experimental El Padmi, *Dichotomius prietoi*. Así mismo, permitió explicar el patrón de movimiento de la especie estudiada, que es primordial para comprender la estructuración de las comunidades a nivel local (Da Silva y Medina, 2015). Además, con este trabajo se demostró que a pesar de distintos niveles de perturbación que presenta el área, los escarabajos peloteros tienen la capacidad de movilizarse entre ellos, por lo cual incentivar al cuidado de estas especies es fundamental para restaurar las áreas degradadas como los pastizales. De igual manera, es esencial seguir con los planes de reforestación. Para ello, es imprescindible continuar con las investigaciones de este grupo taxonómico, considerando un mayor tiempo de muestreo y abarcar otras especies. De esta manera establecer comparaciones del grado de alteración que presenta cada una de ellas.

8. Conclusiones

- El tamaño y densidad poblacional estimados mostraron que *Dichotomius prietoi* presenta una población estable en el paisaje. La variación en la proporción según el sexo y edad, del mismo modo su movilidad, están relacionadas directamente a las condiciones ambientales (período seco) y en parte al comportamiento reproductivo de la especie.
- *Dichotomius prietoi* selecciona, en mayor medida, las áreas conservadas (Bosque Natural de Ladera) de la Estación Experimental El Padmi. Esto deriva de la abundancia total obtenida, debido a que esta zona aporta las condiciones indispensables para su desarrollo y reproducción, a diferencia de las otras coberturas.
- *Dichotomius prietoi* presentó una baja tasa de movilidad, sin embargo, se movilizó por todo el paisaje de la estación. Ante ello, puede ser considerada como una especie idónea para la restauración de áreas degradadas.

9. Recomendaciones

- Continuar con las investigaciones de los escarabajos peloteros dentro de la Estación Experimental El Padmi teniendo en cuenta un mayor tiempo de muestreo, diferentes épocas del año y abarcar otras especies, con la finalidad de comparar la variación de abundancia, tamaño poblacional y movilidad entre cada una de ellas.
- No utilizar pinturas para el marcaje de escarabajos debido a que son fácilmente sensibles a perderse o borrarse, especialmente en escarabajos de cutícula lisa y brillante. Lo adecuado es realizar perforaciones en los élitros con una aguja entomológica. Esta técnica se caracteriza por no ser invasiva, no causa daños a la integridad de los individuos y perdura por toda la vida adulta del escarabajo.
- Tener en cuenta rasgos morfológicos de las especies, como la carga alar, que ayude a reforzar los resultados obtenidos en cuanto a la movilidad de los escarabajos. Además, considerar variables propias del lugar como la temperatura, precipitación y dureza del suelo, que pueden influir en la presencia o ausencia de escarabajos coprófagos.
- Continuar con los estudios sobre la dinámica poblacional de escarabajos peloteros, debido a gran variedad de servicios ecosistémicos que aportan y ayudan a mantener el equilibrio ecológico. Además, comprender los procesos de dispersión es fundamental en los escenarios actuales de pérdida de hábitat y cambio climático, es un importante punto de

partida para la planificación de estrategias de conservación de la biodiversidad del Bosque Húmedo Tropical Amazónico.

10. Bibliografía

- Abdulmumin, L., Isioye, O., Bawa, S., y Muhammed, A. (2020). Exploring the Usability and Suitability of Smartphone Apps for Precise and Rapid Mapping Applications. *Intercontinental Geoinformation Days (IGD)*, 1(1), 36–39. <https://publish.mersin.edu.tr/index.php/igd/article/view/363>
- Alburqueque, D. S., Vaz de Mello, F., Cherre, A., y Timaná, C. (2015). Coleópteros (Coleoptera: Scarabaeidae) de los Bosque de Niebla, Ramos y Chin Chin, Ayabaca-Huancabamba, Piura-Perú. *INDES*, 3(1), 108–116. <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDES/article/view/138>
- Álvarez, O. (2016). Ecología, dinámica de las poblaciones, e interacciones en el ecosistema. *Publicaciones Didácticas*, (72), 168–172. <https://core.ac.uk/download/pdf/235859465.pdf>
- Andresen, E. (2002). Dung beetles in a Central Amazonian rainforest and their ecological role as secondary seed dispersers. *Ecological Entomology*, 27(3), 257–270. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2311.2002.00408.x>
- Apolo, W. (2010). Investigación para proveer servicios ecosistémicos a la población de Zamora Chinchipe, Ecuador. *CEDAMAZ*, 1(1), 26–34. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/298>
- Arellano, L., León-Cortés, J. L., y Ovaskainen, O. (2007). Patterns of abundance and movement in relation to landscape structure: a study of a common scarab (*Canthon cyanellus cyanellus*) in Southern Mexico. *Landscape Ecology*, 23(1), 69–78. <https://doi.org/10.1007/s10980-007-9165-8>
- Armijos-Armijos, C., Paucar-Cabrera, A., y Mendoza-León, C. (2022). Riqueza y abundancia de escarabajos peloteros en un área de conservación periurbana de Loja, Ecuador. *CEDAMAZ*, 12(1), 1–8. <https://doi.org/10.54753/cedamaz.v12i1.1191>
- Armsworth, P. R., Chan, K. M. A., Daily, G. C., Ehrlich, P. R., Kremen, C., Ricketts, T. H., y Sanjayan, M. A. (2007). Ecosystem-service science and the way forward for conservation. *Conservation Biology : The Journal of the Society for Conservation Biology*, 21(6), 1383–1384. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2007.00821.x>
- Arnett, J. R. H., Thomas, M. C., Skelley, P., y Howard, F. (2000). *American Beetles* (1ª ed.). Boca Raton. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781482274325>

- Bang, H.-S., Crespo, C. H., Na, Y.-E., Han, M.-S., y Lee, J.-H. (2008). Reproductive development and seasonal activity of two Korean native Coprini species (Coleoptera: Scarabaeidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 11(4), 195–199. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2008.09.007>
- Barretto, J. W., Cultid-Medina, C. A., y Escobar, F. (2018). Annual Abundance and Population Structure of Two Dung Beetle Species in a Human-Modified Landscape. *Insects*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/insects10010002>
- Benítez-López, A., Alkemade, R., Schipper, A. M., Ingram, D. J., Verweij, P. A., Eikelboom, J. A. J., y Huijbregts, M. A. J. (2017). The impact of hunting on tropical mammal and bird populations. *Science*, 356(6334), 180–183. <https://doi.org/10.1126/science.aaj1891>
- Beresford, G. W., Selby, G., y Moore, J. C. (2013). Lethal and sub-lethal effects of UV-B radiation exposure on the collembolan *Folsomia candida* (Willem) in the laboratory. *Pedobiologia*, 56(2), 89–95. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2012.12.001>
- Berlanga, V., y Rubio, M. (2012). Clasificación de pruebas no paramétricas. Cómo aplicarlas en SPSS. *Revista D'innovació i Recerca en Educació*, 5(2), 101–113. <http://hdl.handle.net/2445/45283>
- Berryman, A. A. (2003). On principles, laws and theory in population ecology. *Oikos*, 103(3), 695–701. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2003.12810.x>
- Biedermann, P. H. W., Müller, J., Grégoire, J.-C., Gruppe, A., Hagge, J., Hammerbacher, A., Hofstetter, R. W., Kandasamy, D., Kolarik, M., Kostovcik, M., Krokene, P., Sallé, A., Six, D. L., Turrini, T., Vanderpool, D., Wingfield, M. J., y Bässler, C. (2019). Bark Beetle Population Dynamics in the Anthropocene: Challenges and Solutions. *Trends in Ecology y Evolution*, 34(10), 914–924. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2019.06.002>
- Bowler, D. E., y Benton, T. G. (2005). Causes and consequences of animal dispersal strategies: Relating individual behaviour to spatial dynamics. *Biological Reviews*, 80(2), 205–225. <https://doi.org/10.1017/S1464793104006645>
- Bustos, F., y Lopera-Toro, A. (2003). Preferencia por cebo de los escarabajos coprofagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de un remanente de bosque seco tropical al norte del Tolima (Colombia). *Sociedad Entomológica Aragonesa*, 3, 59–65. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2203614>

- Cancino, R., Chamé, E., y Gómez, B. (2014). Escarabajos Necrófilos (Coleoptera: Scarabaeinae) en Tres Hábitats del Volcán Tacaná, Chiapas, México. *Dugesiana*, 21(2), 135–142. http://dugesiana.cucba.udg.mx/dugesiana_dic2014/135.pdf
- Carpio, C., Donoso, D. A., Ramón, G., y Dangles, O. (2009). Short term response of dung beetle communities to disturbance by road construction in the Ecuadorian Amazon. *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)*, 45(4), 455–469. <https://doi.org/10.1080/00379271.2009.10697629>
- Celi, J., y Dávalos, A. (2001). *Manual de monitoreo. Los escarabajos peloteros como indicadores de la calidad ambiental* (1ª ed.). Quito (Ecuador). EcoCiencia. https://biblio.flacsoandes.edu.ec/shared/biblio_view.php?bibid=145048ytab=opac
- Chamorro, W., Lopera-Toro, A., y Rossini, M. (2021). A new species and distribution records of *Dichotomius Hope*, 1838 (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) in Colombia. *Zootaxa*, 4942(2), 193–206. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4942.2.3>
- Chamorro, W., Marín-Armijos, D., Granda, V., y Vaz de Mello, F. (2018). Listado de especies y clave de géneros y subgéneros de escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) presentes y presuntos para Ecuador. *Revista Colombiana de Entomología*, 44(1), 72–100. <https://doi.org/10.25100/socolen.v44i1.6545>
- Chase, J. M., y Leibold, M. A. (2003). *Ecological niches: linking classical and contemporary approaches* (1ª ed.). Chicago. University of Chicago Press. <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226101811.001.0001>
- Cheik, S., Harit, A., Bottinelli, N., y Jouquet, P. (2022). Bioturbation by dung beetles and termites. Do they similarly impact soil and hydraulic properties? *Pedobiologia*, 95, 150845. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2022.150845>
- Cuenca, Y. (2023). *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*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional-UNL. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/27495>
- Cultid-Medina, C. A., Martínez-Quintero, B. G., Escobar, F., y Chacón de Ulloa, P. (2015). Movement and population size of two dung beetle species in an Andean agricultural landscape dominated by sun-grown coffee. *Journal of Insect Conservation*, 19(4), 617–626. <https://doi.org/10.1007/s10841-015-9784-3>

- Cultid-Medina, C. A., Medina, C. A., Martínez-Quintero, B. G., Escobar, A., y Betancur, N. (2012). *Escarabajos coprófagos (Scarabaeinae) del Eje Cafetero. Guía para el estudio ecológico* (1^a ed.). Colombia: CENICAFE. <https://programs.wcs.org/databases/doi/ctl/view/mid/33065/pubid/DMX1191100000.aspx>
- Da Silva, P. G., y Medina, M. I. (2015). Spatial patterns of movement of dung beetle species in a tropical forest suggest a new trap spacing for dung beetle biodiversity studies. *PloS ONE*, *10*(5), 1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126112>
- De la Vega, C., Elizalde, H., González, M., y Reyes, C. (2014). *Escarabajos estercoleros para la ganadería de la región de Aysén*. Coyhaique, Chile: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/31880>
- De Moura, R. S., Noriega, J., Cerboncini, R. A. S., Vaz de Mello, F., y Klemann, L. (2021). Dung beetles in a tight-spot, but not so much: Quick recovery of dung beetles assemblages after low-impact selective logging in Central Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, *494*, 119301. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119301>
- Delgado, P., Lopera-Toro, A., y Rangel-Ch, O. (2012). Variación Espacial del Ensamblaje de Escarabajos Coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en Remanentes de Bosque Seco en Chimichagua (Cesar, Colombia). *Colombia Diversidad Biótica XII: La Región Caribe de Colombia*, *1*, 833–849. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/81474>
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., y Robledo, C. W. (2011). *InfoStat* (Version 2011) [Computer software]. Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba. <http://www.infostat.com.ar>
- Escobar, F., y Chacón de Ulloa, P. (2000). Distribución espacial y temporal en un gradiente de sucesión de la fauna de coleópteros coprófagos (Scarabaeinae, Aphodiinae) en un bosque tropical montano, Nariño - Colombia. *Revista de Biología Tropical*, *48*(4), 961–975. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/18988>
- Fahrig, L., Arroyo-Rodríguez, V., Bennett, J. R., Boucher-Lalonde, V., Cazetta, E., Currie, D. J., Eigenbrod, F., Ford, A. T., Harrison, S. P., Jaeger, J. A., Koper, N., Martin, A. E., Martin, J.-L., Metzger, J. P., Morrison, P., Rhodes, J. R., Saunders, D. A., Simberloff, D., Smith, A. C., . . . Watling, J. I. (2019). Is habitat fragmentation bad for

- biodiversity? *Biological Conservation*, 230, 179–186.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.12.026>
- Favila, M. E. (1993). Some ecological factors affecting the life-style of *Canthon cyanellus cyanellus* (Coleoptera Scarabaeidae): an experimental approach. *Ethology Ecology and Evolution*, 5(3), 319–328. <https://doi.org/10.1080/08927014.1993.9523019>
- Favila, M. E., Nolasco, J., Florescano, I. C., y Equihua, M. (2005). Sperm competition and evidence of sperm fertilization patterns in the carrion ball-roller beetle *Canthon cyanellus cyanellus* LeConte (Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 59(1), 38–43. <https://doi.org/10.1007/s00265-005-0006-y>
- Figueroa, L., y Alvarado, M. (2011). Dung beetles (Scarabaeidae: Scarabeinae) from the Reserva Nacional Tambopata, Madre de Dios, Peru. *Revista Peruana De Biología*, 18(2), 209–212. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332011000200013&lng=es&tylng=es.
- Forti, L. C., Rinaldi, I. M. P., Da Camargo, R. S., y Fujihara, R. T. (2012). Predatory Behavior of *Canthon virens* (Coleoptera: Scarabaeidae): A Predator of Leafcutter Ants. *Psyche: A Journal of Entomology*, 2012, 1–5. <https://doi.org/10.1155/2012/921465>
- Fuzessy, L. F., Benítez-López, A., Slade, E. M., Bufalo, F. S., Magro-de-Souza, G. C., Pereira, L. A., y Culot, L. (2021). Identifying the anthropogenic drivers of declines in tropical dung beetle communities and functions. *Biological Conservation*, 256, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109063>
- Granados, J. M., Kohlmann, B., y Russo, R. (2010). Escarabajos del estiércol como bioindicadores del impacto ambiental causado por cultivos en la región atlántica de Costa Rica. *Tierra Tropical*, 6(2), 181–189. <https://repositorio.earth.ac.cr/handle/UEARTH/68>
- Grave, P., y Kealhofer, L. (1999). Assessing Bioturbation in Archaeological Sediments using Soil Morphology and Phytolith Analysis. *Journal of Archaeological Science*, 26(10), 1239–1248. <https://doi.org/10.1006/jasc.1998.0363>
- Groom, M. J., Meffe, G. K., y Carroll, C. R. (2012). *Principles of conservation biology* (3^a ed.). Óxford. Sunderland: Sinauer associates. <https://global.oup.com/academic/?lang=en&cc=bh>
- Hagen, M., Kissling, W. D., Rasmussen, C., Aguiar, M. A. de, Brown, L. E., Carstensen, D. W., Alves-Dos-Santos, I., Dupont, Y. L., Edwards, F. K., Genini, J., Guimarães, P. R., Jenkins, G. B., Jordano, P., Kaiser-Bunbury, C. N., Ledger, M. E.,

- Maia, K. P., Marquitti, F. M. D., Mclaughlin, Ó., Morellato, L. P. C., . . . Olesen, J. M. (2012). Biodiversity, Species Interactions and Ecological Networks in a Fragmented World. *Advances in Ecological Research*, 46, 89–210. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396992-7.00002-2>
- Hagler, J. R., y Jackson, C. G. (2001). Methods for marking insects: Current techniques and future prospects. *Annual Review of Entomology*, 46(1), 511–543. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.46.1.511>
- Halffter, G. (1991). Historical and ecological factors determining the geographical distribution of beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Biogeographia – the Journal of Integrative Biogeography*, 15(1), 11–40. <https://doi.org/10.21426/B615110376>
- Halffter, G., y Matthews, E. (1966). *The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae* (1ª ed.). Folia Entomol. Mex.: México, Distrito Federal, México.
- Hamel-Leigue, C., Zagury, Mann, D., Vaz de Mello, F., y Herzog, S. (2006). Hacia un inventario de los escarabajos peloteros (Coleoptera: Scarabaeinae) de Bolivia: primera compilación de los géneros y especies registrados para el país. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación*, 20, 1–18. <https://www.academia.edu/2330055/>
- Hanski, I., y Cambefort, Y. (1991). *Dung Beetle Ecology*. Princeton University Press. New Jersey. Prince ton. <https://doi.org/10.1515/9781400862092>
- Hernández, B., Maes, J. M., Harvey, C., Vílchez, S., Medina, A., y Sánchez, D. (2003). Abundancia y diversidad de escarabajos coprófagos y mariposas diurnas en un paisaje ganadero en el departamento de Rivas, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, 10(39-40), 93–102. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/10051>
- Herrera, J., y Carse, L. (2000). *Guía de aplicación de pruebas estadísticas en el Programa Systat 7.0 para Ciencias Biológicas y Forestal (N.º 86)*. Santa Cruz, Bolivia. Tropical Research and Development y Wildlife Conservation Society. https://rmportal.net/library/content/Forestry_Silviculture_CBNRM
- Huerta, C., Halffter, G., y Halffter, V. (2005). Nidification in *Eurysternus foedus* Guérin-Méneville: Its relationship to other dung beetle nesting patterns (Coleoptera: Scarabaeidae, Scarabaeinae). *Folia Entomológica Mexicana*, 44(1), 74–84. <https://biblat.unam.mx/ca/revista/fovia-entomologica-mexicana>

- Jolly, G. M. (1965). Explicit estimates from capture-recapture data with both death and immigration-stochastic model. *Biometrika*, 52(1-2), 225–248. <https://doi.org/10.1093/biomet/52.1-2.225>
- Jones, M. S., Wright, S. A., Smith, O. M., Besser, T. E., Headrick, D. H., Reganold, J. P., Crowder, D. W., y Snyder, W. E. (2019). Organic farms conserve a dung beetle species capable of disrupting fly vectors of foodborne pathogens. *Biological Control*, 137, 1–39. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104020>
- Kazuhira, Y., Hdeaki, K., Takuro, K., y Toshiharu, A. (1991). Nitrogen mineralization and microbial populations in cow dung, dung balls and underlying soil affected by paracoprid dung beetles. *Soil Biology and Biochemistry*, 23(7), 649–653. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(91\)90078-X](https://doi.org/10.1016/0038-0717(91)90078-X)
- Koike, S., Morimoto, H., Kozakai, C., Arimoto, I., Soga, M., Yamazaki, K., y Koganezawa, M. (2012). The role of dung beetles as a secondary seed disperser after dispersal by frugivore mammals in a temperate deciduous forest. *Acta Oecologica*, 41, 74–81. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2012.04.009>
- Lumaret, J. P., Kadiri, N., y Martínez-M, I. (2022). *The Global Decline of Dung Beetles*. The Encyclopedia of Conservation (Elsevier). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821139-7.00018-0>
- Lupi, V., y Marsiglio, S. (2021). Population growth and climate change: A dynamic integrated climate-economy-demography model. *Ecological Economics*, 184, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107011>
- Martella, M. B., Trumper, E., Bellis, L. M., Renison, D., Giordano, P. F., Bazzano, G., y Gleiser, R. M. (2012). Manual de Ecología. Poblaciones: Introducción a las técnicas para el estudio de las poblaciones silvestres. *Reduca (Biología)*, 5(1), 1–31. <http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/905>
- Martínez-Quintero, B. G., Cultid-Medina, C. A., y Rudas-Grajales, J. C. (2013). Marking method for dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) and its implementation in Colombian Andes. *Acta Zoológica Mexicana*, 29(2), 448–451. <https://doi.org/10.21829/azm.2013.2921126>
- Mayfield, M. M., Bonser, S. P., Morgan, J. W., Aubin, I., McNamara, S., y Vesk, P. A. (2010). What does species richness tell us about functional trait diversity? Predictions and evidence for responses of species and functional trait diversity to land-use change. *Global*

- Ecology and Biogeography*, 19, 423–431. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00532.x>
- McGeoch, M. A., Van Rensburg, B. J., y Botes, A. (2002). The verification and application of bioindicators: a case study of dung beetles in a savanna ecosystem. *Journal of Applied Ecology*, 39(4), 661–672. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2002.00743.x>
- Medina, C. A., Lopera-Toro, A., Vítolo, A., y Gill, B. (2001). Escarabajos Coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de Colombia. *Biota Colombiana*, 2(2), 131–144. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49120202>
- Montaño, D. (2021, March 18). Nuevo estudio: en los últimos 26 años Ecuador ha perdido más de 2 millones de hectáreas de bosque. *Mongabay Latam*. <https://es.mongabay.com/2021/10/bosques-deforestacion-ecuador/>
- Mora, L. (2016). *Influencia del manejo de zonas de captación de agua sobre los escarabajos coprófagos en las comunidades Shaime y Héroes del Cóndor del cantón Nangaritza*, [Tesis de grado, Universidad Técnica Particular de Loja]. Repositorio Institucional de la UTPL. <https://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/14697>
- Morlans. (2004). *Introducción a la ecología de las poblaciones*. Científica Universitaria - Universidad Nacional de Catamarca. ISSN: 1852-3013.1–16. <http://www.editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/Ecologia/imagenes/pdf/012-poblacion.pdf>
- Naranjo, E., Ramirez, T., y Aguirre, Z. (2010). Flora y endemismo del Bosque Húmedo Tropical de la Quinta El Padmi, Zamora Chinchipe. *Revista Ecología Forestal*, 1(1), 61–65. <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/347>
- 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, E., Spector, S., Louzada, J., Larsen, T., Amezquita, S., y Favila, M. E. (2008). Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation*, 141(6), 1461–1474. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.04.011>
- Nichols, J. D. (1992). Capture-Recapture Models. *BioScience*, 42(2), 94–102. <https://doi.org/10.2307/1311650>

- Noriega, J., y Acosta, A. (2010). Population size and dispersal of *Sulcophanaeus leander* (Coleoptera: Scarabaeidae) on riverine beaches in the Amazonian region. *Journal of Tropical Ecology*, 27(1), 111–114. <https://doi.org/10.1017/S0266467410000581>
- Noriega, J., Palacio, J. M., Monroy-G., J. D., y Valencia, E. (2012). Estructura de un ensamblaje de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en tres sitios con diferente uso del suelo en Antioquia, Colombia. *Actualidades Biológicas*, 34(96), 43–54. <https://doi.org/10.17533/udea.acbi.14241>
- Palacios, B., Aguirre, Z., y Lozano, D. (2015). Experiencias de enriquecimiento forestal en bosque secundario en la microcuenca “El Padmi”, Zamora Chinchipe Ecuador. *CEDAMAZ*, 5(1), 5–11. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/40>
- Paucar-Cabrera, A., y Jameson, M. (2010). *Ciclo de vida de los escarabajos*. Estados Unidos. University of Nebraska-Lincoln. <https://unsm-ento.unl.edu/Escarabajos-para-Ninos/ciclo.html>
- Pearce, J. L., y Venier, L. A. (2006). The use of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and spiders (Araneae) as bioindicators of sustainable forest management: A review. *Ecological Indicators*, 6(4), 780–793. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2005.03.005>
- Peck, S., y Forsyth, A. (1982). Composition, structure, and competitive behaviour in a guild of Ecuadorian rain forest dung beetles (Coleoptera; Scarabaeidae). *Canadian Journal of Zoology*, 60(7), 1624–1634. <https://doi.org/10.1139/z82-213>
- Pomfret, J. C., y Knell, R. J. (2008). Crowding, sex ratio and horn evolution in a South African beetle community. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 275(1632), 315–321. <https://doi.org/10.1098/rspb.2007.1498>
- Pulliam, H. R., y Dunning, J. (1994). *Demographic Processes: Population dynamics on Heterogeneous Landscape. Principles of Conservation Biology* (1ª ed.). Estados Unidos. Sinauer Associates. pp. 180–182.
- QGIS Development Team. (2016). *QGIS Geographic Information System* (Version 3.14.16.) [Computer software]. Open-Source Geospatial Foundation Project. <https://qgis.org>
- Radtke, M. G., Da Fonseca, C. R. V., y Williamson, G. B. (2007). The Old and Young Amazon: Dung Beetle Biomass, Abundance, and Species Diversity. *Biotropica*, 39(6), 725–730. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2007.00324.x>
- Rangel, J. L., Blanco, O. R., Gutiérrez, B. P., y Martínez, N. J. (2012). Coleópteros coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) asociados a excrementos de mamíferos en la Reserva

- Natural Luriza (RNL), Departamento del Atlántico, Colombia. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.)*, (50), 409–419. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4005662>
- Rangel, J. L., Blanco, O. R., Ricardo, y Martínez Hernández, N. J. (2016). Escarabajos copronecrófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en diferentes usos del suelo en la reserva campesina La Montaña (RCM) en el departamento del Atlántico, Colombia. *Boletín Científico Centro de Museos de Historia Natural*, 20(1), 78–97. <https://doi.org/10.17151/bccm.2016.20.1.7>
- Rodríguez, B., Sánchez, J., y Villarreal, D. (2015). Dinámica de los servicios ambientales de los bosques secos deciduos del Ecuador. *Dominio de las Ciencias*, 1(1), 62–74. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5761663>
- Roslin, T., y Viljanen, H. (2011). Dung Beetle Populations: Structure and Consequences. *Ecology and Evolution of Dung*, 220–244. <https://doi.org/10.1002/9781444342000.ch11>
- Ruiz, Z. (2014). *Movilidad y estructura poblacional de Digitonthophagus gazella (Fabricius, 1787) en un paisaje costero de Chiapas (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae)*. [Tesis de grado, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. Repositorio institucional-BUAP. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/6005>
- Sánchez, F., y Wyckhuys, K. A. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*, 232, 8–27. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>
- Sánchez-Hernández, G., Gómez, B., Delgado, L., Rodríguez, M., y Chamé, E. (2018). Diversidad de escarabajos copronecrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, Chiapas, México. *Caldasia*, 40(1), 144–160. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v40n1.68602>
- Schnabel, Z. E. (1938). The Estimation of Total Fish Population of a Lake. *The American Mathematical Monthly*, 45(6), 348–352. <https://doi.org/10.2307/2304025>
- Seber, G. (1982). *The Estimation of Animal Abundance and Related Parameters*. Macmillan Publishing, New York. <https://val.serc.iisc.ernet.in/rvhqna83xzh2/10-ashly-murazik-1/1930665555-the-estimation-of-animal-abundance-and-related-p-th.pdf>
- Simonyi, C. (1985). *Software Excel 2019 (Version 2111)* [Computer software]. Microsoft. <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-365/excel>

- Solís, Á., y Kohlmann, B. (2012). Checklist and distribution atlas of the Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) of Costa Rica. *Zootaxa*, 3482(1), 1–32. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3482.1.1>
- Tapia, A., y Fierro, M. (2011). *Caracterización florística y estructura de la vegetación natural de la Quinta El Padmi, Provincia de Zamora Chimchipe*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional-UNL. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/5351>
- Ter Steege, H., Pitman, N. C. A., Phillips, O. L., Chave, J., Sabatier, D., Duque, A., Molino, J.-F., Prévost, M.-F., Spichiger, R., Castellanos, H., Hildebrand, P. von, y Vásquez, R. (2006). Continental-scale patterns of canopy tree composition and function across Amazonia. *Nature*, 443(7110), 444–447. <https://doi.org/10.1038/nature05134>
- Valarezo, C., Aguirre, Z., Gonzáles, R., Guaya, P., Maza, H., Valarezo, J., Vallejo, T., Vásquez, R., y Ramírez, P. (2003). *Planificación Integral de la Estación Experimental "El Padmi" de la Universidad Nacional de Loja*. Universidad Nacional de Loja., pp. 1–43.
- Vaz de Mello, F. (2000). Estado actual de conocimientos dos Scarabaeidae s. str. (Coleoptera: Scarabaeoidea) do Brasil. *Sociedad Entomológica Aragonesa*, 1, 183–195. <http://entomologia.rediris.es/sea>
- Verdú, J. R., Sánchez-Piñero, F., Lobo, J. M., y Cortez, V. (2019). Evaluating long-term ivermectin use and the role of dung beetles in reducing short-term CH₄ and CO₂ emissions from livestock faeces: a mesocosm design under Mediterranean conditions. *Ecological Entomology*, 45(1), 1–12. <https://doi.org/10.1111/een.12777>
- Villada, S., y Cultid-Medina, C. A. (2017). Estructura poblacional de dos especies de *Dichotomius Hope*, 1838 (Coleoptera: Scarabaeoidea) en un paisaje cafetero de los andes occidentales de Colombia, Risaralda. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 21(1), 188–198. <https://doi.org/10.17151/bccm.2017.21.1.16>
- Villamarín-Cortez, S. (2010). Escarabajos Estercoleros (Coleoptera: Scarabaeinae) de El Goaltal, provincia de Carchi, Ecuador: lista anotada de especies y ecología. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 2(3), 98–103. <https://doi.org/10.18272/aci.v2i3.52>
- Vulinec, K. (2002). Dung Beetle Communities and Seed Dispersal in Primary Forest and Disturbed Land in Amazonia1. *Biotropica*, 34(2), 297–309. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2002.tb00541.x>

- Weed, A. S., Ayres, M. P., y Bentz, B. J. (2015). *Population Dynamics of Bark Beetles*.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417156-5.00004-6>
- Zhang, Z. Q. (2013). Phylum Athropoda. In: Zhang, Z.-Q. (Ed.) *Animal Biodiversity: An Outline of Higher-level Classification and Survey of Taxonomic Richness (Addenda 2013) and Survey*. *Zootaxa*, 3703(1), 17–26. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3703.1.6>

11. Anexos

Anexo 1. Permiso de recolecta de especímenes otorgado por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE)



AUTORIZACIÓN DE RECOLECCION DE ESPECIMENES DE ESPECIES DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA No. 2572

ESTUDIANTES E INVESTIGADORES (SIN FINES COMERCIALES)

1.- AUTORIZACIÓN DE RECOLECTA DE ESPECÍMENES DE ESPECIES LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

2.- CÓDIGO

MAATE-ARSFC-2022-2572

3.- DURACIÓN DEL PROYECTO

FECHA INICIO	FECHA FIN
2022-10-07	2023-10-07

4.- COMPONENTE A RECOLECTAR

Animal

El Ministerio del Ambiente y Agua, en uso de las atribuciones que le confiere la Codificación a la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre autoriza a:

5.- INVESTIGADORES /TÉCNICOS QUE INTERVENDRÁN EN LAS ACTIVIDADES DE RECOLECCION

Nº de C.I/Pasaporte	Nombres y Apellidos	Nacionalidad	Nº REGISTRO SENESCYT	EXPERIENCIA	GRUPO BIOLÓGICO
1105273534	JIMENEZ JIMENEZ WILLAN SAMUEL	Ecuatoriana	No aplica	Colectar escarabajos.	Insecta
1712734829	PAUCAR CABRERA AURA DEL CARMEN	Ecuatoriana	7241143118		Insecta

6.- PARA QUE LLEVEN A CABO LA RECOLECCION DE ESPECIMENES DE ESPECIES LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA:

Nombre del Proyecto: Tamaño poblacional y tasa de movilidad de escarabajos peloteros Coleoptera Scarabaeidae Scarabaeinae en la Estación Experimental El Padmi Zamora Chinchipe.

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica

Dirección: Calle Madrid 1159 y Andalucía
Código postal: 170525 / Quito-Ecuador
Teléfono: +593-2 398 7600
www.ambiente.gob.ec



Anexo 2. Guía de movilización otorgado por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE)



GUILLERMO LASSO
PRESIDENTE

**AUTORIZACION DE MOVILIZACIÓN DE ESPECÍMENES DE ESPECIES DE LA DIVE
AUTORIZACION DE RECOLECTA**



GUÍA N°: 01079
CÓDIGO: MAATE-ARSFC-2022-2572

DATOS DEL SOLICITANTE

N. Identificación: 1105273534
Nombres: JIMENEZ JIMENEZ WILLAN SAMUEL

DATOS DEL RESPONSABLE DE LAS MUESTRAS O ESPECÍMENES A TRANSPORTAR

N° de C.I / Pasaporte	Nombres y Apellidos	Nacionalidad	Transportista
1105273534	JIMENEZ JIMENEZ WILLAN SAMUEL	Ecuatoriana	Si
1712734829	PAUCAR CABRERA AURA DEL CARMEN	Ecuatoriana	No

ORIGEN

Provincia
ZAMORA CHINCHIPE

Tipo de Transporte: Terrestre

DESTINO

Provincia	Cantón	Parroquia
LOJA	LOJA	LOJA

Centro de Tenencia: Museo de la Universidad Nacional de Loja

FECHA DE MOVILIZACIÓN

Desde: 2023-02-09	Hasta: 2023-02-09
-------------------	-------------------

MATERIAL BIOLÓGICO A MOVILIZAR

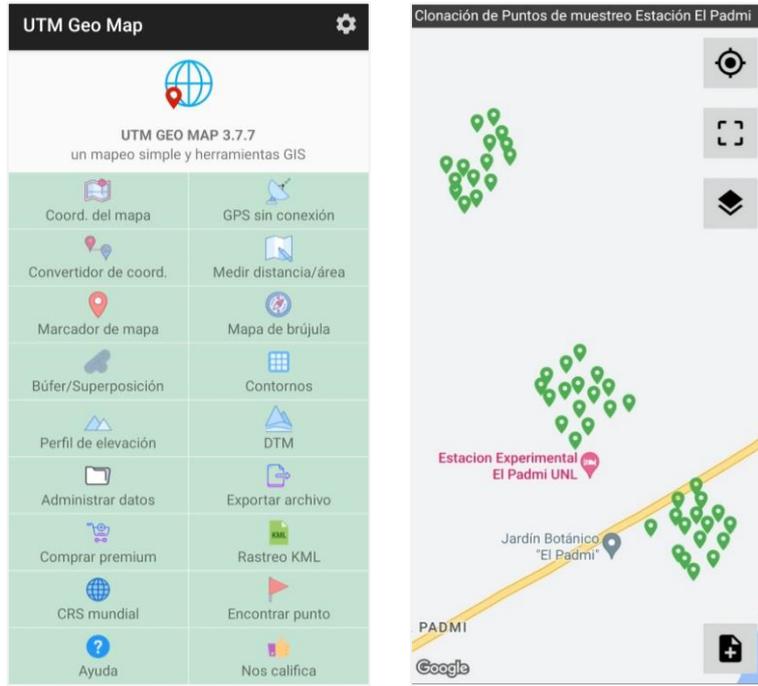
Especie	Tipo de Muestra	Número Muestra	Lote Muestra
Animal-Arthropoda-Insecta-Coleoptera-NA-NA-NA	muestreo aleatorio	500	N/A

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica

Dirección: Calle Madrid 1159 y Andalucía
Código postal: 170525 / Quito-Ecuador
Teléfono: +593-2 398 7600
www.ambiente.gob.ec



Anexo 3. Aplicación para la toma de datos en campo UTM Geo Map



Anexo 4. Fase de campo





Anexo 5. Código de campo

Hora:	
Fecha:	
Coordenadas:	
N.º de trampa:	
Cobertura vegetal:	
Cuadrante:	

Anexo 6. Montaje y etiquetado de especímenes



Anexo 7. Muestra de la base de datos de especímenes de *Dichotomius prietoi* de la subfamilia Scarabaeinae marcados en la Estación Experimental El Padmi

La base datos completa se encuentra disponible en el siguiente enlace:
<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Kf2ZLz63jfpnpnglpC6Hyg013uCJ1zJ/edit?usp=sharingyouid=114656690930694387615yrtpof=trueysd=true>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA														
FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES														
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL														
<i>Dichotomius prietoi</i>			Fecha:		RECAPTURA (N° de trampa donde fue recapturado)								MES	Dia de colecta
N° DE TRAMPA	COBERTURA VEGETAL	CODIGÓ NÚMÉRICO	EDAD	SEXO	11/09/2022	14/09/2022	04/10/2022	07/10/2022	10/10/2022	11/11/2022	14/11/2022	17/11/2022		
6	BN Ladera	1	No teneral	Hembra		16							Septiembre	07/09/2022
6	BN Ladera	2	No teneral	Hembra									Septiembre	07/09/2022
6	BN Ladera	4	No teneral	Hembra									Septiembre	07/09/2022
6	BN Ladera	7	No teneral	Hembra									Septiembre	07/09/2022
6	BN Ladera	11	No teneral	Hembra									Septiembre	07/09/2022
5	BN Ladera	12	No teneral	Hembra									Septiembre	07/09/2022
5	BN Ladera	14	No teneral	Hembra									Septiembre	07/09/2022
5	BN Ladera	20	No teneral	Hembra									Septiembre	07/09/2022
5	BN Ladera	40	No teneral	Hembra									Septiembre	07/09/2022
2	BN Ladera	70	No teneral	Hembra									Septiembre	07/09/2022
2	BN Ladera	74	No teneral	Hembra									Septiembre	07/09/2022
3	BN Ladera	102	No teneral	Hembra									Septiembre	07/09/2022
10	BN Ladera	124	No teneral	Hembra									Septiembre	07/09/2022
12	BN Ladera	142	No teneral	Hembra									Septiembre	07/09/2022
12	BN Ladera	147	No teneral	Hembra									Septiembre	07/09/2022
13	BN Ladera	202	No teneral	Hembra									Septiembre	07/09/2022
15	BN Ladera	210	Teneral	Hembra									Septiembre	07/09/2022
16	BN Ladera	220	No teneral	Hembra									Septiembre	07/09/2022
1	BN Ladera	443	No teneral	Hembra									Septiembre	11/09/2022
3	BN Ladera	444	No teneral	Hembra		2							Septiembre	11/09/2022
3	BN Ladera	447	No teneral	Hembra						5			Septiembre	11/09/2022

Anexo 8. Certificado de tenencia de los especímenes de la subfamilia Scarabaeinae colectados en la Estación Experimental El Padmi



Of. No. 002-2023-LOUNAZ-FARNR-UNL

Loja, 10 de febrero de 2023

Willan Samuel Jiménez Jiménez

Loja-Ecuador

CERTIFICADO DE TENENCIA

De mis consideraciones,

Por medio de la presente confirmo la recepción de 112 escarabajos de la subfamilia Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae), que fueron colectados bajo el permiso de investigación N° 2572 MAATE-ARSFC-2022-2572, y con la guía de movilización N° 01079 MAATE-ARSFC-2022-2572.

Estas muestras han sido depositadas en el Museo de Zoología LOUNAZ de la Universidad Nacional de Loja, bajo normas museológicas estándar. Los números de ingreso de los especímenes recibidos van desde el LOUNAZ-I 0012391 al 0012502.

Atentamente,



Blga. Aura Paucar Cabrera, Ph.D.

MUSEO DE ZOOLOGÍA LOUNAZ-UNL

Patente: MAATE-DZ7L-2022-001



CC

Ing. Vinicio Andrés Escudero Armijos

TÉCNICO-DOCENTE DEL MUSEO DE ZOOLOGÍA LOUNAZ-UNL

Anexo 9. Certificación de traducción del resumen (Abstract)



Mg. Yanina Quizhpe Espinoza
Licenciada en Ciencias de Educación mención Inglés
Magister en Traducción y mediación cultural

Celular: 0989805087
Email: yaniges@icloud.com
Loja, Ecuador 110104

Loja, 24 de febrero de 2023

Yo, Lic. Yanina Quizhpe Espinoza, con cédula de identidad 1104337553, docente del Instituto de Idiomas de la Universidad Nacional de Loja, y certificada como traductora e interprete en la Senescyt y en el Ministerio de trabajo del Ecuador con registro **MDT-3104-CCL-252640**, certifico:

Que tengo el conocimiento y dominio de los idiomas español e inglés y que la traducción del resumen de trabajo de integración curricular **Tamaño poblacional y tasa de movilidad de escarabajos peloteros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en la Estación Experimental El Pادمي, Zamora Chinchipe**, cuya autoría del estudiante Willan Samuel Jiménez Jiménez, con cédula 1105273534, es verdadero y correcto a mi mejor saber y entender.

Atentamente

YANINA
BELEN
QUIZHPE
ESPINOZA
Firmado digitalmente por
YANINA BELEN
QUIZHPE
ESPINOZA
Fecha: 2023.02.24
11:19:32 -0500

Yanina Quizhpe Espinoza.

Traductora