



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente

**“Diversidad de escarabajos copronecrófagos (Coleoptera:
Scarabaeidae) en tres estados de sucesión del bosque de la Reserva
Tapichalaca del Cantón Palanda”**

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

Autor:

Fausto Alejandro Paladines Hurtado

Directora:

Bлга. Aura Paucar Cabrera, Ph.D.

Loja – Ecuador

2022

Certificación

Loja, 30 de agosto de 2022

Blga. Aura Paucar Cabrera, Ph.D.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: “**Diversidad de escarabajos copronecrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en tres estados de sucesión del bosque de la Reserva Tapichalaca del Cantón Palanda**”, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente**, de la autoría del estudiante **Fausto Alejandro Paladines Hurtado**, con cédula de identidad **Nro.1104822174**, 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 Paucar Cabrera, Ph.D.

DIRECTORA DE TESIS

Autoría

Yo, **Fausto Alejandro Paladines Hurtado**, declaro ser autor de presente Trabajo de Titulación: “**Diversidad de escarabajos copronecrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en tres estados de sucesión del bosque de la Reserva Tapichalaca del Cantón Palanda**” 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 tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



C.I.: 1104822174

Fecha: 7 de diciembre de 2022

E-mail: fausto.paladines@unl.edu.ec

Teléfono: 0985384589

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

Yo, **Fausto Alejandro Paladines Hurtado**, declaro ser autor del trabajo de titulación denominado: “**Diversidad de escarabajos copronecrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en tres estados de sucesión del bosque de la Reserva Tapichalaca del Cantón Palanda**”, como requisito para optar por el título de **Ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Digital 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 de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los siete días del mes de diciembre del dos mil veintidós.

Firma:



Autor/ Fausto Alejandro Paladines Hurtado

Cédula de identidad: 1104822174

Dirección: Loja, Ciudadela Sarzas, Calle principal Abrahán y Moisés

Teléfono: 0985384589

Correo electrónico: fausto.paladines@unl.edu.ec

DATOS COMPLEMENTARIOS

Directora del Trabajo de Titulación: Blga. Aura Paucar Cabrera, Ph. D

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación va dedicado con mucho amor a Dios, La Virgen María, mis padres, mis hermanos y mis amigos que fueron parte fundamental para culminar esta etapa tan linda como lo es la formación profesional, por los valores enseñados por el cariño, aprecio y apoyo que recibí de una u otra manera de todos ustedes que siempre han estado ahí para mí.

A mi padre Fausto Paladines por ser quien me enseñó que a pesar de que la vida se ponga difícil, se la debe vivir igual, por los consejos, la confianza, el respeto a mis decisiones y las enseñanzas brindadas desde pequeño, por formar una persona humilde y honrada, gracias por ser el pilar fundamental de mi vida y nunca abandonarme padre mío.

Fausto Alejandro Paladines Hurtado

Agradecimiento

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja por brindar las condiciones necesarias para el aprendizaje de los conocimientos adquiridos a lo largo de mi formación como profesional, a los docentes de la carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente.

Un agradecimiento especial a la Blga. Aura del Carmen Paucar Cabrera, Ph.D., directora de tesis, por ser guía y apoyarme con sus conocimientos durante el proceso de desarrollo de mi estudio para la identificación de especies de escarabajos copronecrófagos.

Al Ing. Christian Mendoza León por el apoyo brindado en cuanto a estadía y alimentación, acompañamiento en la fase campo y desarrollo de los procesos de elaboración de tesis.

Al Museo de Zoología de la Universidad Nacional de Loja (LOUNAZ) por proporcionarme las instalaciones y materiales, para el montaje, identificación, y resguardo de los especímenes colectados en campo en la investigación.

Fausto Alejandro Paladines Hurtado

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	ix
Índice de Anexos	x
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract.....	3
3. Introducción.....	4
4. Marco Teórico	6
4.1. El bosque y sus cambios debido a la presencia antrópica	6
4.2. La subfamilia Scarabaeinae	9
4.3. Los escarabajos copronecrófagos como bioindicadores de cambios ambientales y de bosques restaurados	12
5. Metodología.....	16
5.1. Área de estudio	16
5.2. Diversidad de escarabajos copronecrófagos presentes en tres tipos de sucesión de bosque de la Reserva Tapichalaca	17
5.3. Cambios en la riqueza y abundancia de escarabajos copronecrófagos entre los tres estados de sucesión de la Reserva Tapichalaca	21
5.4. Identificación de especies indicadoras en los tres estados de sucesión de bosque de la Reserva Tapichalaca	22
6. Resultados	23

6.1. Evaluación de la diversidad de especies de escarabajos copronecrófagos presentes en los tres tipos de sucesión de bosque de la Reserva Tapichalaca	23
6.2. Cuantificación de los cambios en la riqueza y abundancia de escarabajos copronecrófagos entre los tres estados de sucesión de la Reserva Tapichalaca.....	26
6.3. Identificación de especies indicadoras en los tres estados de sucesión de bosque de la Reserva Tapichalaca	30
7. Discusión	31
8. Conclusiones	37
9. Recomendaciones	38
10. Bibliografía	39
11. Anexos	46

Índice de Tablas

Tabla 1. Abundancia de escarabajos copronecrófagos colectados en relación a los tipos de sucesión de bosque (bosque natural, bosque restaurado, pastizal) y tipo de trampas (excremento, carroña) de la Reserva Tapichalaca.	24
Tabla 2. Índice de Pielou J para los estados de sucesión de bosque de la reserva Tapichalaca, analizado en la plataforma INEXT4.	26
Tabla 3. IndVal para las especies de escarabajos de los tres estados de sucesión de bosque de la reserva Tapichalaca.....	31

Índice de Figuras

Figura 1. a) Ejemplo de escarabajo pelotero, b) cuernos en la cabeza y protórax, c) ejemplo de colores iridiscentes, d) ejemplos de patas de rodadores y cavadores.	10
Figura 2. Mapa de ubicación de la Reserva Tapichalaca a) ubicación en referencia a la Provincia de Zamora Chinchipe.	16
Figura 3. Mapa de ubicación de unidades de muestreo a) ubicación en referencia a la Provincia de Zamora b) Reserva Tapichalaca.....	17
Figura 4. Modelo de etiquetas para registro en campo.	19
Figura 5. Curva de acumulación de especies para los escarabeinos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) de la Reserva Tapichalaca basada en la relación entre en el número de especies y número de trampas.	25
Figura 6. Gráfico de rarefacción/ interpolación, de la diversidad de especies sobre el número de individuos en Bosque Natural y Bosque Restaurado de la reserva Tapichalaca, en la plataforma INEXT. $q=1$. entropía de Shannon. $q=2$. El inverso al exponencial de Simpson.	26
Figura 7. Número de especies registradas en los tres estados de sucesión de bosque de la Reserva Tapichalaca.	27
Figura 8. Curva de rarefacción – extrapolación para los tres estados de sucesión de la reserva Tapichalaca, desarrollados con el paquete INEXT.....	28
Figura 9. Abundancias de especies de escarabajos copronecrófagos para los tres estados de sucesión de bosque de la Reserva Tapichalaca.....	28

Figura 10. Abundancia de individuos colectados en la Reserva Tapichalaca.....	29
Figura 11. Representación gráfica de la curva rango abundancia de los tres estados de sucesión de bosque a) Bosque Natural. b) Bosque Restaurado c) Pastizal de la Reserva Tapichalaca.....	30

Índice de Anexos

Anexo 1. Permiso de investigación para recolecciones de especies, otorgado por el MATE .	46
Anexo 2. Guía de movilización para el transporte de especies colectadas	47
Anexo 3. Colecta de escarabajos copronecrófagos del género <i>Deltochilum</i>	48
Anexo 4. Trampa pitfall activa en el bosque restaurado	49
Anexo 5. Colecta de especímenes en fundas Ziploc	50
Anexo 6. Certificación de traducción del Resumen (Abstract)	51

1. Título

“Diversidad de escarabajos copronecrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en tres estados de sucesión del bosque de la Reserva Tapichalaca del Cantón Palanda”

2. Resumen

Las actividades antrópicas como la ganadería y la agricultura han transformado los ecosistemas, los cuales por esfuerzos privados han intentado restaurar y se encuentran en diferentes estados de sucesión. Para conocer el avance de las restauraciones se pueden usar especies bioindicadoras como los escarabajos copronecrófagos para evaluar el estado de conservación de estas áreas. En este estudio se estimó la diversidad de escarabajos copronecrófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en tres estados de sucesión de bosque, bosque natural, bosque restaurado (22 años de conservación), y pastizal (14 años de conservación) de la Reserva Tapichalaca del cantón Palanda de la Provincia de Zamora Chinchipe. Se utilizaron 3 transectos lineales de 250 m, y se ubicaron 162 trampas pitfall con cebos intercalados de excremento humano y vísceras de pollo. Se desarrollaron 3 repeticiones en los meses de noviembre, diciembre y enero. Se colectaron 465 especímenes, donde se registraron seis géneros y 10 especies, el bosque natural y el bosque restaurado presentaron diversidad y uniformidad media y son comparables entre sí, el pastizal presentó menor diversidad. En cuanto a la riqueza y abundancia, el bosque natural contó con ocho especies y 161 individuos en general, el bosque restaurado presentó siete especies, pero mayor abundancia de individuos (n=217), el pastizal registró tres especies y 85 individuos. Con el análisis por el método IndVal, se determinó que la especie indicadora para el bosque natural y bosque restaurado fue *Eurysternus caribaeus*. La diversidad de escarabajos copronecrófagos de la reserva Tapichalaca, se encuentra en un nivel medio, la edad de recuperación de cada estado de sucesión puede influir en la riqueza y abundancia de los escarabajos copronecrófagos.

Palabras clave: Escarabajos peloteros, bioindicadores, restauración, gradiente de conservación.

2.1. Abstract

Anthropogenic activities such as cattle and agriculture have modified ecosystems, which private efforts have attempted to restore and are in different stages of succession. Bioindicator species such as copronecrophagous beetles can be used to evaluate the conservation status of these areas. In this study we estimated the diversity of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in three stages of forest succession, natural forest, restored forest (22 years of conservation), and pasture (14 years of conservation) of the Tapichalaca Reserve in the canton of Palanda in the Province of Zamora Chinchipe. Three 250 m linear transects were used, and 162 pitfall traps were placed with baits interspersed with human excrement and chicken viscera. Three repetitions were carried out in November, December and January. A total of 465 specimens were collected, where six genera and 10 species were recorded. The natural forest and the restored forest presented average diversity and uniformity and are comparable to each other; the pasture presented lower diversity and uniformity. In terms of richness and abundance, the natural forest had the highest number of species (8) and 161 individuals, the restored forest had seven species, but a higher abundance of individuals (n=217), and the pasture had three species and 85 individuals. The analysis by the IndVal method determined that the indicator species for the natural forest and restored forest was *Eurysternus caribaeus*. The diversity of dung beetles in the Tapichalaca reserve is at a medium level; the age of recovery of each successional stage may influence the richness and abundance of these beetles.

Key words: Dung beetles, bioindicators, restoration, conservation gradient.

3. Introducción

A nivel mundial, los cambios y sustituciones en los ecosistemas de bosques naturales se han propuesto como el factor principal de la pérdida de biodiversidad, el crecimiento y expansión de la frontera agrícola, ganadera, industria mecanizada, deforestación y fragmentación provocan un impacto significativo en la biodiversidad, generando cambios radicales en las condiciones y recursos del lugar, afectando la disponibilidad espacial y temporal de los recursos como alimento, refugio para los individuos de diferentes grupos taxonómicos (Culot et al., 2013). Estos cambios están relacionados con la disminución de las poblaciones y compromete el bienestar de todos los ecosistemas, especialmente en bosques tropicales y subtropicales, en los cuales albergan e interactúan un alto porcentaje de especies de flora y fauna (Giménez et al., 2019).

Los bosques tropicales y subtropicales a menudo son destruidos para ser utilizados para sembríos, pero luego de agotarse su fertilidad, los terrenos son abandonados y consecuentemente repoblados por bosques secundarios como sucesión natural, aquí se da una serie de procesos a lo largo del tiempo para su recuperación (Ordoñez y Buele, 2013), pero es evidente que hay alteraciones en los patrones de las condiciones de suelo, micro y macro fauna, la vegetación secundaria se cuela en espacio del bosque primario, altera condiciones de pH, aumenta la materia orgánica, ocurre una pérdida de minerales y de la capacidad de retención; factores que afectan todo un ecosistema (Gutiérrez et al., 2003).

Entre la fauna afectada por los factores del deterioro de los ecosistemas, están los invertebrados, especialmente los insectos, 3 de cada 4 especies en el mundo son insectos, es decir, que conforman el 73,6% de todas las especies que coexisten en la tierra (Martínez y Suárez, 2011). Dentro del grupo de insectos, el 50% son coleópteros (escarabajos) y son los más numerosos en todos los ambientes (Gomis, 2003).

En Ecuador, los escarabajos copronecrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) que dependen de algunos recursos como el excremento y la carroña, se ven afectados por las distintas actividades antrópicas, fragmentación de hábitats, minería, contaminación lumínica urbana o por mecheros petroleros que actúan como trampas de luz y conllevan a la muerte de éstos y otros insectos de la zona amazónica (Chamorro et al., 2018). La conservación de estos

escarabajos tiene varios problemas asociados al poco conocimiento sobre la importancia biológica y servicios ecosistémicos que cumplen y su papel como bioindicadores (Carvajal et al., 2011). Para Ecuador se han registrado un total de 37 géneros y 265 especies de escarabajos de la subfamilia Scarabaeinae (Chamorro et al., 2019).

Constituyen un grupo taxonómico clave a ser estudiado según (Otavo et al. 2013), dada su fragilidad a las perturbaciones antrópicas sobre poblaciones, comunidades y procesos ecosistémicos. Para la restauración de los ecosistemas, los escarabajos sirven para monitorizar y evaluar el éxito a largo plazo de los procesos de restauración, ya que se presentan como una metodología económica para Latinoamérica (Ibarra et al., 2015). Este grupo taxonómico juega un papel indispensable dentro de los ecosistemas ya que son parte de las especies recicladoras de materia orgánica al usar las heces de animales (principalmente mamíferos) como fuente de alimento, disgregan los excrementos y dispersan semillas de manera secundaria, eliminan parásitos y gérmenes por medio del rodamiento y aportan al ciclo de nutrientes al suelo (Mariategui et al., 2020). Además, para suelos ganaderos aportan en la reducción de gas metano que está contenido en las excretas de los rumiantes (Cambra, 2006). Algunas especies cavadoras ayudan a la aireación de suelos, así como en la filtración de agua y aire; y, son recicladores más eficientes porque al alimentarse y anidar en las fecas de los mamíferos, impiden la volatilización del nitrógeno y al contrario lo mineralizan, incluyéndolo al suelo directamente (Alburqueque et al., 2015). También sirven como alimento para otros grupos faunísticos y así permiten mantener la sostenibilidad de un medio (Sulca y Huamantínco, 2016).

En la presente investigación se obtuvo datos de diversidad media entre los estados de sucesión del bosque natural y restaurado. El pastizal registra baja riqueza y abundancia y no es comparable estadísticamente. Se encontraron 10 especies de escarabajos copronecrófagos, con una abundancia de 483 individuos en toda el área de estudio, registrándose dos especies indicadoras dentro de la Reserva Tapichalaca, específicamente en el bosque natural y bosque restaurado.

En base a este contexto el presente trabajo tuvo como objetivo general establecer la relación entre los estados de sucesión de un bosque y la diversidad de los escarabajos copronecrófagos (Coleoptera: Scarabainae) en la Reserva Tapichalaca del Cantón Palanda, y se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- (1) Evaluar la diversidad de las especies de escarabajos copronecrófagos (Coleoptera: Scarabainae) en tres estados de sucesión de bosque de la Reserva Natural Tapichalaca.
- (2) Cuantificar los cambios en la riqueza, abundancia de escarabajos copronecrófagos entre los tres tipos sucesión de la Reserva Tapichalaca.
- (3) Identificar especies indicadoras de los tres estados de sucesión de bosque de la Reserva Tapichalaca.

4. Marco Teórico

4.1. El bosque y sus cambios debido a la presencia antrópica

Los bosques montanos que existen en la región Andina, son ecosistemas que contienen el mayor porcentaje de endemismos y diversidad mundial, gracias a sus estribaciones y microclimas que permiten la adaptación de nuevas especies de gran importancia biológica para la conservación, pero paradójicamente son los menos estudiados y los más devastados por los cambios antrópicos (Noriega et al., 2007). El bosque es un recurso indispensable para generar variedad de servicios ecosistémicos, algunos de estos son, el ciclo de nutrientes para las plantas, mantenimiento de la estructura del suelo, regulación del clima, entre otros (Tapia et al., 2016). Los servicios ecosistémicos son los beneficios que las sociedades obtienen de los ecosistemas, es una interdependencia del bienestar humano y el mantenimiento del correcto funcionamiento de los ecosistemas y se pueden diferenciar tres tipos de servicios, los recursos naturales, los recursos tangibles y no tangibles y los servicios de recreación. Algunos de estos servicios son, la producción de leña, carbón vegetal, control de la erosión, regulación hídrica, protección y conservación de la fauna y flora, medicina, alimento, agua, fuente de energía, madera, lugares donde realizar asentamientos, donde cultivar, conservación del paisaje y bienestar de la sociedad humana (Balvanera, 2012).

Los bosques nublados o bosques de niebla, son bosques montanos húmedos, que existen en zonas altitudinales estrechas, albergando una diversidad biológica muy poco estudiada y protegida. La principal característica de estos bosques es la presencia de neblina a nivel de la vegetación y las constantes lluvias durante todo el año, siendo una fuente captadora de agua y prestando servicios ecosistémicos para las partes bajas del mismo (Alburqueque et al., 2015).

La pérdida de hábitats se da principalmente por la fragmentación o sucesión de bosques para usos antrópicos, como tala clandestina para elaboración de productos maderables y no maderables, quema, roza y apertura de nuevos espacios para la agricultura, minería ilegal, pastizales para ganado vacuno e, infraestructura (Rangel y Martínez, 2017). La modificación de bosques para este tipo de actividades cambia la cobertura vegetal, transforma el entorno y altera las variables ambientales e interviene en los cambios en la composición y estructura de las comunidades biológica. La modificación de los bosques producto de la necesidades humanas ha provocado la pérdida y fragmentación de ecosistemas naturales cambiando la estructura general del entorno (Rangel y Hernández, 2017). El Neotrópico y sus zonas boscosas, que poseen una alta diversidad de especies de flora y fauna, que coexisten y se interrelacionan para formar ecosistemas únicos, son las más afectadas por el cambio de sucesión de bosque para actividades humanas, debido a la fertilidad de sus terrenos, condiciones climáticas y áreas relativamente planas para desarrollar agricultura y ganadería (Derroire et al., 2016).

Los estudios de cambio de uso de suelo y de vegetación son indispensables para conocer los procesos y cambios relacionados con la degradación y perturbación de los bosques, erosión, desertificación, y degradación del suelo. Estos procesos de transformación de las coberturas vegetales han sido identificados como los principales factores de los problemas ambientales. En la actualidad, las actividades antrópicas son las responsables de la contaminación ambiental, por encima de los fenómenos naturales (Camacho et al., 2015).

El remplazo del bosque por actividades antrópicas modifica la cobertura vegetal, transforma el uso del suelo, altera las condiciones ambientales y afecta la composición y estructura de las comunidades biológicas. A pesar de lo cambios, existen fragmentos de bosque que se convierten en matrices complejas donde se preserva la diversidad biológica y aún se mantienen la funciones y servicios ecosistémicos que se daban antes de la modificación (Rangel y Martínez 2017). Estos fragmentos de bosque natural permiten que ciertas especies puedan circular libremente y acceder a la matriz en busca de alimento o apareamiento y más importante, la conservación de un fragmento de bosque es indispensable para aquellas especies que no son capaces de adaptarse a los cambios y necesitan de recursos y condiciones únicas de bosque natural (Villamarín y Paredes, 2016).

El desarrollo de investigaciones relacionadas a los cambios de uso de suelo en los bosques y sus modificaciones, requiere del uso de herramientas cartográficas, como los mapas para evidenciar los cambios que se están generando en el ecosistema de un bosque que se quiera estudiar y sirve para que las autoridades puedan evidenciar y proponer estrategias de conservación y políticas para preservar (Hilmers et al., 2018). La conservación de fragmentos de bosque nativos son esenciales para preservar la biodiversidad de ciertas especies que no son capaces de adaptarse a un entorno modificado o estén pasando por un proceso de sucesión, ya que tienen requerimientos especiales de recursos, hábitat y condiciones ambientales (Rangel y Martínez, 2017).

La restauración ecológica es el proceso que se realiza para ayudar a la recuperación de un ecosistema que ha sido intervenido de manera antrópica, por medio de la sucesión se recupera la cobertura boscosa que se perdió anteriormente por causas antrópicas o naturales, la cual con el paso del tiempo va reteniendo el carbono de la atmosfera, recupera hábitats para la biodiversidad y provee de los bienes y servicios ecosistémicos, mejorando el bienestar humano y ecológico en paisajes degradados a través de la recuperación de la productividad y el capital natural (Celentano et al., 2011). La restauración de los bosques tropicales y su pronta recuperación depende de la localidad, la cercanía al bosque nativo, la intensidad con la cual fue perturbado, la flora y la fauna presente, la topografía y el clima que determina la velocidad de regulación de los bosques tropicales y su recuperación total se puede dar en décadas o en siglos (Yepes et al., 2010). Para comprender el proceso de la sucesión de un bosque es importante conocer las cualidades fisiológicas y ecológicas de las especies que están presentes en cada estadio, y también las condiciones abióticas del sitio y las interacciones entre las distintas especies que habitan dentro de un ecosistema.

La sucesión es un proceso continuo donde los factores importante son aquellos que colonizan el sitio, como el tipo de sustrato, presencia de semillas viables en el suelo, presencia de rebrotes, acción natural del fuego, hasta llegar a instancia donde la habilidad competitiva de las especies y la propia selección natural, permitan a estas especies llegar a la madurez y adaptabilidad para un nuevo y regenerado ecosistema (Guariguata y Ostertag, 2014). Existen dos tipos de sucesión, la sucesión ecológica pasiva o natural que es cuando se detiene la perturbación hacia el sitio afectado, lo que permite que el ecosistema se recupere por sí solo por sus propios medios. Y está la sucesión asistida o activa, que es un proceso donde interviene

el ser humano para ayudar en la pronta regeneración del ecosistema. Esta última es viable en cuanto a lo económico, pero tiene sus limitaciones como los suelos infértiles, erosionados, presencia de especies invasora, semillas no viables, falta de dispersores de semillas, etc (Guevara et al., 2012).

Las aves son indispensables en un proceso de sucesión de bosque natural, ya que ingieren frutos, defecan y regurgitan las semillas en espacios abiertos mediante el vuelo diario que realizan, dentro de estas semillas dispersadas se encuentran especies pioneras, las cuales permiten la llegada y establecimiento de nuevas especies vegetales. Cuando ya existe presencia de mamíferos hay presencia de desechos orgánicos, aquí intervienen dispersores de semillas secundarios tales como los escarabajos copronecrófagos que mediante la alimentación, anidación y rodamiento del excremento dispersan semillas, contribuyen a la reintegración de nutrientes al suelo y así a la regeneración del ecosistemas (Carpio, 2011).

4.2.La subfamilia Scarabaeinae

Los coleópteros constituyen el grupo más rico en especies de cualquier taxon de seres vivos, en el mundo se han descrito más de 350 000 especies. Los escarabajos conocidos como rinocerontes, elefantes, de oro, peloteros o ciervos voladores, pertenecen a la superfamilia Scarabaeoidea, en general son un grupo muy amplio con más de 31 000 especies descritas (Villamarín y Paredes, 2016). Dentro de esta superfamilia, se encuentra la familia Scarabaeidae, que es una de las familias más grandes de escarabajos del mundo, con aproximadamente más de 27 000 especies, siendo una de las más diversas del Orden Coleóptera, no solamente en morfología sino también en biología, ecología y comportamiento (Ratcliffe y Jameson, 2016). Una de las subfamilias de este grupo es Scarabainae, los cuales son conocidos como escarabajos estercoleros, coprófagos o copronecrófagos por sus relaciones alimenticias y de anidación con el excremento de vertebrados, en especial de mamíferos. Estos escarabajos presentan las siguientes características que los diferencian de otras especies: 9 o 10 antenómeros, mandíbulas semi membranosas, escutelo parcialmente visible de manera dorsal, pigidio expuesto y reconocidos por su forma generalmente ovalada (aunque existen especies aplanadas y rectangulares), con cabeza en forma de pala. La mayoría de escarabajos andinos tienen colores oscuros, cafés, y en las tierras bajas se pueden encontrar especies de colores iridiscentes, los

machos se pueden diferenciar por los cuernos en la cabeza y en algunas especies en el protórax (Aguilar y Ramirez, 2015). (Figura 1).

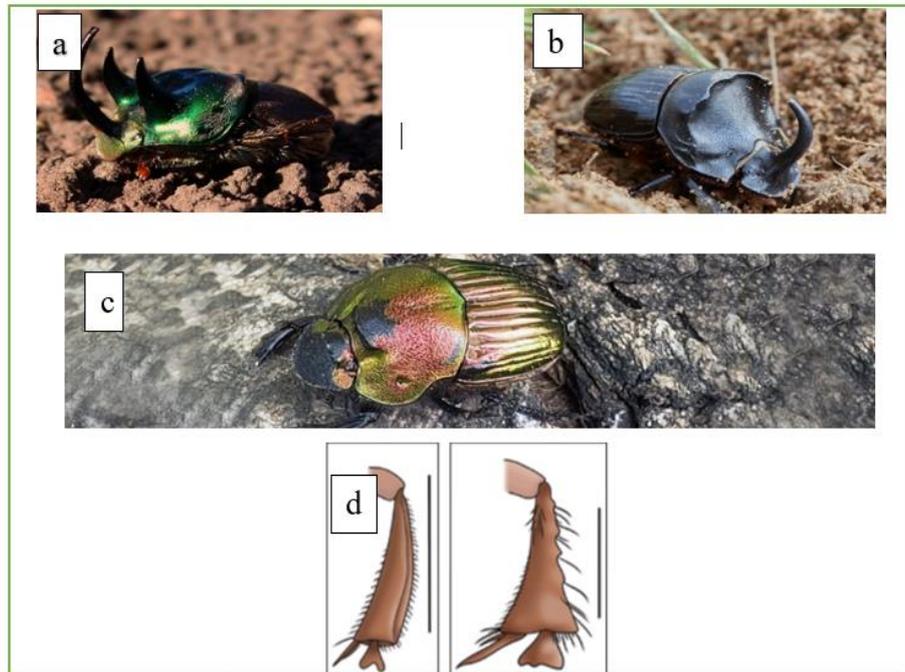


Figura 1. a) Ejemplo de escarabajo pelotero, b) cuernos en la cabeza y protórax, c) ejemplo de colores iridiscentes, d) ejemplos de patas de rodadores y cavadores.

En los sistemas terrestres los insectos cumplen un papel importante en varios procesos ecológicos, como el aporte de nutrientes al suelo, dispersión de semillas, bioturbación y polinización. Los escarabajos peloteros de la subfamilia de coleópteros Scarabaeinae llamados también escarabajos copronecrófagos, estercoleros, rodadores, escarabeinos y recicladores, se desempeñan en varios de estos procesos (Nichols et al., 2008). Son reconocidos por su importancia para desarrollar estudios de biodiversidad, conservación y ecología de ecosistemas, gracias a la facilidad de recolección, reconocimiento e identificación de géneros y especies, y además están presentes en casi todos los ambientes posibles, existen guías muy prácticas para reconocimiento y trabajar con estos individuos resulta económico en comparación con otras especies (Chamorro et al., 2019). Es uno de los grupos más utilizados por su fragilidad ante las perturbaciones antrópicas, como cambios en la estructura vegetal de los bosques, recursos tróficos y variaciones en el clima, como productos de la fragmentación de hábitats y conservación biológica (Rangel et al., 2016). Según Noriega et al. (2015), la subfamilia Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) es un gremio taxonómico bien definido que comprende aproximadamente 5900 especies distribuidas en 250 géneros a nivel mundial. En

Ecuador, se han registrado 37 géneros y 220 especies (Chamorro et al., 2018). La importancia ecológica de los escarabajos estercoleros, se define por el trabajo que desempeñan en el ecosistema, al reincorporar nutrientes al suelo, generando aireación y reduciendo proliferación de patógenos (Santiago et al., 2014). Presentan eficacia en el reciclaje de materia orgánica proveniente de la heces y partes de vertebrados, frutos en descomposición, los cuales son removidos del suelo para ser incorporados al ciclo de nutrientes. La biomasa de estos organismos se obtiene de los excrementos y existe una correlación entre las heces de los mamíferos y la productividad del ecosistema (Farias et al., 2014). La mayoría de los escarabeinos son coprófagos en su etapa adulta y larvaria, ciertas especies son saprófagos o necrófagos y raramente son depredadores. Los adultos pueden llegar a crear de 3 a 20 bola de estiércol para que la hembra deposite un huevo en cada bola construida y enterrada. Al alimentarse de heces eliminan parásitos que pueden afectar a mamíferos, eliminan huevecillos de moscas que pudieran convertirse en vectores de enfermedades para animales de mayor tamaño (Cambra, 2006).

Según Carvajal et al. (2011) en los bosques siempre verde montanos existe una alta diversidad estacional de escarabajos coprófagos y necrófagos. Los autores mencionan que en el tipo de vegetación matorral húmedo montano se encuentran especies endémicas de escarabajos, las cuales también aportan como recurso trófico a otros animales como aves, raposas y zorrillos. En el bosque matorral seco montano, los escarabajos se han adaptado a menores condiciones de humedad y aportan al ecosistema constituyéndose como alimento de murciélagos y rapaces.

Los hábitos alimenticios de los escarabajos estercoleros se clasifican en saprófagos, coprófagos y necrófagos, unos de los grupos predominantes de recicladores de restos orgánicos y de desechos de mamíferos, y de otros vertebrados, de los bosques donde se desarrollan, impidiendo la volatilización de nitrógeno y devolviéndolo al suelo. Desarrollan un papel importante por el entierro y degradación del material fecal de los vertebrados que habitan en su entorno y como resultado indirecto de su actividad, generan un variedad de servicios ecológicos que son indispensables para mantener el buen estado de un ecosistemas (Rodríguez et al., 2019).

Algunas especies coprófagas suelen enterrar la materia fecal y anidan en ellas, varios estudios demuestran que pueden llegar a fijar un 15% de N₂ contenido en el estiércol, fijando

al año aproximadamente 9kg de N₂ por pareja de escarabajos (Carvajal et al., 2011). En un estudio sobre los servicios ambientales que cumplen los escarabajos copronecrófagos en Tobar Donoso en la Provincia del Carchi, Ecuador, se registró que ciertos grupos funcionales realizan sus actividades diarias con mayor eficiencia, incorporando al suelo nitrógeno en 2290,5 kg en 2009 y 2925 kg en 2010, representando valores económicos de \$5039,1 y \$6435 por año (Celi y Dávalos, 2001). Además, estos son muy importantes en las selvas donde los suelos son muy pobres en nutrientes y las plantas requieren de nitrógeno para crear biomasa. Los escarabajos estercoleros desarrollan un papel fundamental en los suelos de los bosques tropicales, participan en el reciclaje de nutrientes para el buen funcionamiento del ecosistema (Carvajal et al., 2011).

Los servicios que los escarabajos prestan han sido estimados en varios lugares del mundo y su valor es elevado. Por ejemplo, en los terrenos de Veracruz, es de un ahorro de millones de pesos ya que entierran, se alimentan y anidan en el 90% de los 125 millones de Kg de estiércol bovino que se produce diariamente, favoreciendo a la fertilización, control de plagas, incorporación de nutrientes al suelo, etc (Miranda et al., 2020). Mediante los servicios ecosistémicos como el control de plagas, la reincorporación de nutrientes, fertilización de suelos, mejora en el crecimiento de las plantas, se ha estimado que estos servicios ambientales de los escarabajos peloteros, provocan un ahorro de 18 millones de dólares al año en México, mientras que en Estados Unidos, al no contar con estos servicios en sus terrenos, se estiman que invierten 380 millones de dólares al año para fertilizar suelos (Celi y Dávalos, 2001). En Reino Unido los escarabajos peloteros son indispensables para la ganadería a gran escala que se desarrolla en estos sitios, mediante los servicios ecosistémicos como: reducción de plagas de mosca, parásitos gastrointestinales, reducción del ensuciamiento de los pastizales y el aumento e incorporación de nutrientes al suelo (Beynon et al., 2015).

4.3.Los escarabajos copronecrófagos como bioindicadores de cambios ambientales y de bosques restaurados

Los bosques tropicales son de suma importancia ya que albergan hasta un 90% de las especies de flora y fauna mundial, con una lenta recuperación frente a la fragmentación de estos ecosistemas, se vuelve imprescindible analizar nuevos y eficaces métodos para validar el estado actual y futuro de la recuperación de estos bosques mediante la utilización de especies bioindicadoras, registrando la presencia ausencia y abundancias de ciertos grupos taxonómicos

para luego tomar acciones correctivas sobre estos ambientes (Granados et al., 2010). Con la poca información autoecológica que se cuenta sobre especies, gremios o comunidades, es un factor que limita el empleo de nuevas estrategias de conservación, son pocos los grupos taxonómicos con los que se puede contar para verificar el estado de un ecosistema o los cambios de sucesión que han sufrido. Los escarabajos copronecrófagos de la subfamilia Scarabaeinae, por su relación alimenticia y de anidación con el excremento de vertebrados, los escarabajos copronecrófagos son reconocidos como excelentes bioindicadores del grado de perturbación ambiental en sistemas naturales y modificación de los ecosistemas (Noriega, 2015).

Los escarabajos copronecrófagos son un taxon diverso, muy estudiado como bioindicadores ecológicos de modificaciones antrópicas. Esto se debe a que muchas especies dependen de las características únicas que solo puede brindar un bosque nativo sin alteraciones (Aguilar y Ramirez, 2015). Este grupo es ampliamente utilizado, gracias a que han permitido evidenciar los cambios que sufren los ecosistemas por los efectos de actividades antrópicas (Rangel y Martínez, 2017). Son considerados buenos bioindicadores por su bajo costo de captura, taxonomía bien definida, adaptación a varios ecosistemas y distribución geográfica muy alta (Chamorro et al., 2018). Cumplen un rol importante como bioindicador del estado de un ecosistema que está pasando un proceso de sucesión, por lo tanto contribuyen a la evaluación de los efectos causados por las perturbaciones antrópicas y permiten emplear medidas de conservación según sea el caso y el grado de perturbación (Santos et al., 2018).

Varios estudios sobre ensamblajes de escarabajos coprófagos, muestran que, en bosques maduros, estos sufren cambios en su estructura y composición por la sucesión y modificación de bosques a sectores para la agricultura (Rangel y Martínez, 2017). Estudios realizados en bosques que tienen pastos abiertos, es decir sin presencia de árboles, muestran variaciones negativas en la diversidad y abundancia de escarabajos peloteros. En cambio en sistemas de pastizales ganaderos existe mucha abundancia de esta familia con similitud de un bosque nativo, debido a la gran cantidad de materia orgánica presente en estos suelos como resultado de la deposición de desechos del ganado presente en estos terrenos (Gómez et al., 2019).

Los escarabajos coprófagos como bioindicadores del estado de sucesión de tres estadios de 50, 5 y 1 años de recuperación en un bosque de galería en los Llanos de Colombia demuestran que estos especímenes tienen similitud en cuanto a diversidad en los tres estados de sucesión,

corroborando que no siempre el estado con más años de recuperación tiene mayor diversidad. En aquella investigación se capturaron 2358 individuos de 22 especies y 12 géneros. En el bosque con 5 años de sucesión se registró el mayor número de especies ($n=16$), en comparación a las 15 y 14 especies registradas en los estadíos de 1 y 50 años, donde los valores de homogeneidad fueron altos en los tres (Noriega et al., 2007) concluyeron que en el bosque de 5 años existe un ensamble compuesto con un recambio normal y existe mayor disponibilidad espacial de recursos para las diferentes especies que coexisten allí.

La comparación de diversidad entre especies de escarabajos copronecrófagos es muy importante para determinar diversidad alfa (α) y beta (β) en altas extensiones de terrenos y determinar cuáles son las especies que están dominando los distintos espacios fragmentados dentro de un bosque (Rangel y Martínez, 2017). Existen varios estudios donde se usan escarabajos copronecrófagos como indicadores del estado de conservación de bosques, como el realizado por Santiago et al. (2014), en la zona de Totoapan en el estado de Veracruz, México, donde realizaron una comparación entre la riqueza, abundancia, y biomasa de escarabajos copronecrófagos según el alimento disponible en suelos fragmentados en la selva baja caducifolia modificada para la ganadería. Entre otros estudios que apoyan a estos beneficios de los escarabajos copronecrófagos está el que se desarrolló en el bosque atlántico de Argentina y otros bosques tropicales y subtropicales, donde demuestran que los cambios en el ambiente generan cambios a nivel de población y comunidad en escarabajos copronecrófagos (Giménez et al., 2019). Generalmente se relaciona con cambios en la cobertura y estructura vegetal, microclima de la zona, disponibilidad de recursos y, cambios estructurales en el suelo (Nichols et al., 2008). Una de las consecuencias de estos sistemas ganaderos dentro del bosque es el incremento de materia orgánica en el suelo por medio de las heces. Los escarabajos peloteros se alimentan y eliminan estos desechos de acuerdo a sus patrones evolutivos que son: cavadores, rodadores, moradores (Gómez et al., 2015). El enterramiento de materia orgánica e incorporación de varios nutrientes por parte de los escarabajos genera cambios significativos en el pH del suelo, lo fertilizan, elevan su calidad (Nichols et al., 2008). En un estudio realizado sobre escarabajos peloteros como bioindicadores en un gradiente de uso de la tierra, dentro de un punto caliente de Sulawesi, Indonesia donde se utilizaron trampas de caída, con cebos de excremento humano y estiércol de ganado vacuno, se midieron parámetros ambientales, como microclima, estructura de la vegetación, temperatura y humedad relativa. Se colectaron 1996

individuos, evidenciando los cambios en la composición de especies en los diferentes tipos de vegetación que se muestrearon: bosque, plantación de cacao y cultivo. En cuanto a la riqueza, éstas tienden a ser similares, pero significativamente mayores al área de cultivo. En base a ello, se dice que el bosque secundario y el sistema agroforestal están adaptados para abarcar y prestar las condiciones ideales para una gran parte de especies de escarabajos peloteros tropicales, ya que la tierra cultivada desprovista de sombra, no presta estas condiciones y solo ciertas especies se adaptan al sitio (Shahabuddin et al., 2014).

En una investigación realizada en el neotrópico acerca de la comparación de los ensamblajes de escarabajos copronecrófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) entre fragmentos de bosque seco tropical y la matriz adyacente en el departamento del Atlántico – Colombia donde el área de bosque tiene 113 ha y se encuentra en un estado de sucesión de 15 años y está rodeada de potreros, cercas vivas y, cultivos. Las trampas fueron cebadas con excremento humano y vísceras, se realizaron 6 muestreos, 2 al comienzo de la temporada de lluvias, 2 en las lluvias fuertes, y dos en la temporada seca en los dos lugares. Como resultado se obtuvo 34 170 individuos agrupados en 15 géneros y 32 especies, teniendo un mayor porcentaje de abundancia en la temporada de inicio de lluvias de todas las especies en los fragmentos de bosque seco en relación con la matriz adyacente (Rangel y Martínez 2017).

Existe otro estudio sobre el uso de escarabajos estercoleros como bioindicadores en un proyecto realizado en Ecuador en el año 2011 para conocer los efectos de la aspersión del glifosato sobre la diversidad biológica en la zona fronteriza con Colombia. El muestreo efectivo duró 54 días y se establecieron tres zonas de muestreo (sendero cerca al helipuerto, sendero Awa y sendero Lita), donde se ubicaron 3 transectos de 625 metros con 25 trampas de caída cebadas con heces humanas. Cada zona tuvo bosque natural, bosques secundarios o con cierto grado de afectación para obtener representatividad de los hábitats de las áreas. Se obtuvo 2414 individuos, siendo la zona cercana al helipuerto la de menor riqueza, debido a las talas selectivas que se dan en el lugar; sin embargo, registró la presencia de especies endémicas de la costa del Ecuador. El transecto Awa presentó la mayor diversidad, debido a la estabilidad del área, lo que permite a las especies competir con mayor equidad y ofrece todos los recursos y condiciones óptimas. En el bosque natural y bosque restaurado, se obtuvieron datos mixtos de ecosistemas, produciendo una relación de especies comunes en espacios abiertos y otras que viven en zonas con altas tasas de cobertura vegetal, condiciones que contribuyen a la gran riqueza de este

transecto. En definitiva una diversidad alta debido a la relación con la densa cobertura vegetal lo que permite la sobrevivencia de escarabajos estercoleros, también presenta un patrón normal de dinámica poblacional ya que convergen especies exclusivas de la zona natural y especies que se adaptan a zonas antrópicas o estocásticas (Villamarín y Paredes, 2016).

5. Metodología

5.1. Área de estudio

El estudio se realizó en el Cantón Palanda de la provincia de Zamora Chinchipe, en la Reserva Tapichalaca (Figura 2), que limita al Sur con la parroquia Valladolid y al norte con el Parque Nacional Podocarpus. Esta reserva fue creada en 1998 por la Fundación Jocotoco y, cuenta con una extensión de 3624 hectáreas de bosque nublado primario, bosque altoandino, achaparrado, páramo, bosque intervenido y en regeneración. Tiene un clima templado y temperaturas que van desde los 10 – 20 °C. Su rango altitudinal va desde los 1800 – 3400 msnm, en los cuales existen hasta 1626 mm de lluvias por año. Geográficamente se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas UTM: Latitud: 9559818 a 9545558 N, Longitud: 700740 a 710350 E (BirdLife, 2021).

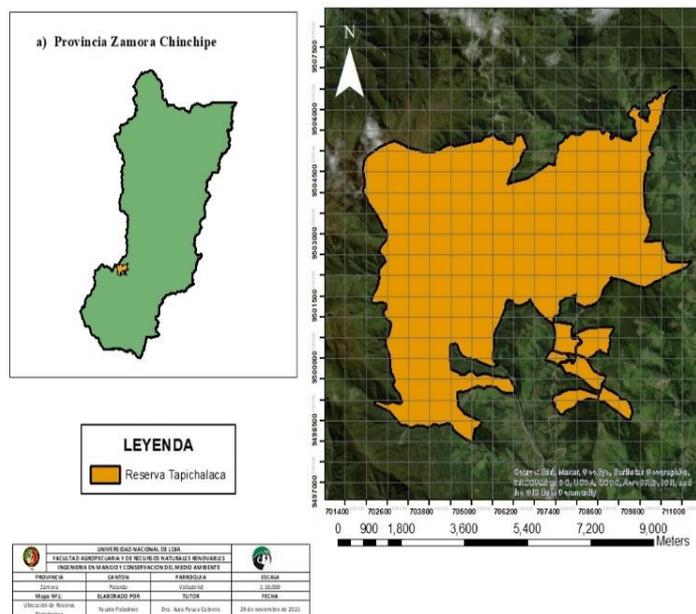


Figura 2. Mapa de ubicación de la Reserva Tapichalaca a) ubicación en referencia a la Provincia de Zamora Chinchipe.

Fuente: Autoría propia (2021)

La reserva se caracteriza por la conservación y adquisición de terrenos aledaños para realizar la práctica de sucesión de bosques por medio de reforestación de plantas de la localidad, las que sirven como refugio para las especies que esta fundación conserva que son aves principalmente. Previamente dichos terrenos adquiridos fueron modificados a través del tiempo por acciones humanas para satisfacer sus necesidades (cambio de uso de suelo para cafetales, ganadería, canales para sistemas de riego, construcción de vías), lo que ha afectado a la biodiversidad de la zona, (Municipio del Cantón Palanda, 2019).

5.2. Diversidad de escarabajos copronecróforas presentes en tres tipos de sucesión de bosque de la Reserva Tapichalaca

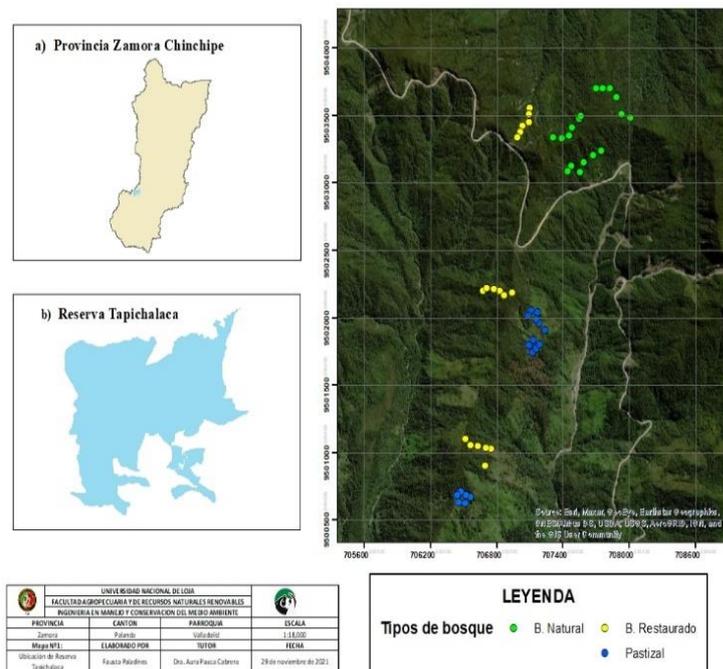


Figura 3. Mapa de ubicación de unidades de muestreo a) ubicación en referencia a la Provincia de Zamora b) Reserva Tapichalaca.

Fuente: Autoría propia (2021).

Este estudio se realizó bajo el permiso de investigación para recolección de especies con fines científicos No. MAAE-ARSFC-2021-1713 (Anexo 1) y con guía de movilización para el transporte de los especímenes colectados desde la Reserva Tapichalaca hacia el museo de Zoología de la Universidad Nacional de Loja LOUNAZ (Anexo 2).

El muestreo se realizó desde noviembre de 2021 a enero de 2022. Mediante una visita técnica y entrevistas con el guardaparque del lugar, se determinó los tres estados de sucesión (bosque natural: zonas que nunca han sido intervenidas por el humano, con alta vegetación y presencia de árboles de crecimiento secundario, arbustos, material vegetal en descomposición, hojarasca y posiblemente condiciones apropiadas para mamíferos, ya que los escarabajos encontrarían recursos óptimos; bosque restaurado: terrenos con 22 años de conservación y presencia pastos, arbustos y árboles de crecimiento secundario, aún con rastros de pastos dentro del mismo; y pastizal: áreas con 14 años sin incursión del ganado, cubierto completamente por pastos y totalmente desprovisto de vegetación secundaria dentro de la Reserva Tapichalaca del Cantón Palanda.

Dentro de cada estado de sucesión se instalaron al azar 3 transectos lineales de 250 m, los cuales están separados por una distancia de 100 metros entre sí. En cada transecto se ubicaron 6 unidades de muestreo (trampas) separados cada 50 m entre sí. En total se establecieron 54 puntos de muestreo para cada tipo de sucesión (Figura 3).

En los meses señalados se realizaron 3 muestreos independientes (uno por mes), en cada tipo de sucesión de bosque, en un período de 3 días ininterrumpidos, con revisión de trampas cada 24 horas para constatar que estén funcionando y sigan activas. Las capturas se desarrollaron mediante trampas de caída (Anexo 4), utilizando cebo de excremento humano y vísceras de pollo para escarabajos copronecrófagos (Ferrer et al., 2013).

Los escarabajos colectados fueron depositados en fundas Ziploc (Anexo 5) codificadas con el estrato y código de transecto, número de trampa y la fecha correspondiente. Los especímenes colectados se conservaron en alcohol al 70% durante el tiempo de transporte al laboratorio, para ser montados, etiquetados (Figura 4) y colocados en las cajas entomológicas.

Ecuador Zamora Chinchipe
R. Tapichalaca 2600 m.s.n.m.
Latitud: 9545558 N
Longitud: 710350 E
16 - 18 NOV2021 A. Paladines
Ex: Pitfall trap
Human faces / carroña

Figura 4. Modelo de etiquetas para registro en campo.

Los individuos fueron identificados con la ayuda de la guía para familias y subfamilias de Scarabaeoidea (Ratcliffe y Jameson, 2016). Para determinar el género, se utilizó la guía de especies y clave de género y subgénero de escarabajos estercoleros (Coleóptera: Scarabaeidae) presentes y presuntos para Ecuador (Chamorro et al., 2018). Para la identificación a nivel de especie se contó con la ayuda de la especialista Aura Paucar-Cabrera, del Museo de Zoología de la Universidad Nacional de Loja (LOUNAZ). La identificación taxonómica fue registrada en una base de datos y los especímenes fueron depositados en la colección de invertebrados del Museo de Zoología de la Universidad Nacional de Loja (LOUNAZ).

Curva de acumulación de especies

Se realizó una curva de acumulación de especies para determinar el número de especies registradas en relación al esfuerzo de muestreo. Cuando mayor sea el esfuerzo de muestreo, se tendrá mayor certeza de haber registrado el mayor número de especies que se encuentren en esa zona de muestreo. La elevación de curva comienza con el conteo de especies comunes, luego cuenta las especies raras o provenientes de otros lugares cercanos, la estabilización de la curva hasta llegar a la asíntota demuestra que probablemente no hay más especies nuevas por registrar en el área estudiada (Jiménez y Hortal, 2003).

Chao1

Sirve para calcular la riqueza esperada y se basa en el número de especies de un muestreo que sólo están representadas por uno o dos individuos, en el caso de abundancias (se denominan singletons y doubletons en el programa), o que se registraron en una o dos muestras, en caso de utilizar presencia-ausencia (uniques y duplicates). Lo anterior se basa en el supuesto

de que en la naturaleza no existen individuos solos, sino poblaciones; por ende, si se tiene singletons o uniques en un muestro, esto indicaría que no se ha censado un número suficiente de individuos o no se han realizado suficientes repeticiones (Escalante, 2003).

$$\mathbf{Chao1} = S \frac{a^2}{2b} \text{ Ecuación 1}$$

Donde:

S: número de especies en una muestra

a: número de especies que están representadas por un solo individuo

b: número de especies representados por dos individuos en la muestra

Estimador ACE

Las especies fueron agrupadas de acuerdo con la ubicación de los puntos de muestreo para aplicar el estimadore no paramétrico ACE (Abundance-Based Coverage Estimator), (Ecuación 2). Este es un estimador de cobertura basado en la abundancia que separa las especies observadas en grupos de especies abundantes y raras, con 10 o menos individuos en la muestra

$$\mathbf{SACE} = \mathbf{Sabund} + \frac{\mathbf{Srare}}{\mathbf{CACE}} \frac{\mathbf{F1}}{\mathbf{CACE}} \mathbf{Y2 ACE} \text{ (Ecuación 2)}$$

Donde

SACE: Estimador de abundancia basado en la cobertura de muestreo

Sabund= número de especies abundantes (>10 individuos en la muestra completa)

Srare= número de especies raras (≤ 10 individuos en la muestra completa)

F 1= número de especies con i individuos

CACE= estimador de la cobertura muestral.

Y2 ACE= coeficiente de variación de la abundancia de las especies

Análisis de rarefacción por cobertura de muestra

Se realizó mediante lo recomendando por Chao 1 y Jost (2012) en el programa iNEXT. Los análisis se realizaron con 100 aleatorizaciones y extrapolando al doble del número de individuos de la comunidad con la menor cobertura de muestra (Chao y Jost, 2012). Este permitió calcular las diversidades para muestras estandarizadas con un tamaño común, utilizando los números de Hill, mismos que son una familia de índices que representan el número de especies igualmente abundantes como son $q=1$ y $q=2$. Las medidas obtenidas fueron

diversidad de Shannon (índices exponenciales de Shannon) y de Simpson (índice de Simpson inverso).

Índice de uniformidad de Pielou J

Permitió determinar si todas las especies de una muestra presentan la misma abundancia o uniformidad (Ecuación 3), decreciendo a cero si las abundancias equitativas muestran diferencias entre sí (Aguirre, 2013).

$$E = \frac{H}{H_{max}} \text{ (Ecuación 3)}$$

Donde

E= equitatividad

H= Índice de Shannon

Hmax= Ln del total de especies

5.3. Cambios en la riqueza y abundancia de escarabajos copronecrófagos entre los tres estados de sucesión de la Reserva Tapichalaca

Comparación de la riqueza y abundancia

Se utilizó iNEXT ya que se obtuvo muestras de tamaño desigual. Este método calcula el número esperado de especies de cada muestra al reducirlas a un tamaño igual para todas, es decir, reduce el tamaño de la muestra mayor para equipararla con la muestra menor.

Para analizar la riqueza de especies en cada estado de sucesión mediante la generación de una curva de rarefacción/extrapolación basada en muestras con datos de incidencia para determinar diversidad al mismo nivel de completitud, se consideraron los perfiles de orden q 0, también llamada diversidad verdadera, La línea continua indica interpolación mientras que la línea punteada indica extrapolación a 150 muestras. La sombra muestra el intervalo de confianza del 95% para cada estado de sucesión (Murillo et al., 2016).

Curva Rango abundancia

Permitió verificar las abundancias de las especies dentro de cada estado de sucesión y en general de toda el área de estudio. La curva de rango abundancia grafica el valor P_i de cada especie y su rango, la cual decrece si los valores encontrados son menores a la variable P_i , pero

si las abundancias y la riqueza de especies son equitativas, éstas se aproximan a que la curva de rango abundancia llegue a un pendiente plano $m = 0$. Pero si las abundancias y la riqueza de especies son escasas, se observará una pendiente más empinada por la dominancia de ciertas especies $m < 0$ (Galindo, 2015).

Se realizó la curva para todas las especies registradas en la reserva de manera general y de manera específica por cada uno de los estados de sucesión de bosque.

5.4. Identificación de especies indicadoras en los tres estados de sucesión de bosque de la Reserva Tapichalaca

Para determinar las especies indicadoras se utilizó el método del Valor Indicador (IndVal) (Martín Regalado, 2019), el cual determina especies indicadoras de manera objetiva y explícita basándose en el grado de especificidad (exclusividad a un hábitat particular), y el grado de fidelidad (frecuencia de ocurrencia o presencia dentro del hábitat), los cuales se miden de manera independiente para cada especie y se expresan como porcentaje (Ecuación 5).

Cuanto mayor sea la especificidad y fidelidad de una especie, su presencia en las muestras de un estado específico se incrementará. Las especies que tuvieron un IndVal mayor a 50 son reconocidas como especies indicadoras, que están en el valor de 50-25 y son consideradas como especies detectoras o exclusivas, y éstas pueden proporcionar información para más de un hábitat. InVal varía entre 0 – 100, las especies con un InVal de 50 o mayor respecto a un hábitat determinado serán considerados como buenos indicadores de dicho sitio.

El cálculo del IndVal se lo realizó con el paquete indicpecies para el programa R v.4.1.1. (Cáceres et al., 2012). El p valor que está incluido en el método IndVal, ayuda a establecer la significancia estadística entonces los resultados de 0,005 o menor significa el registro de especies indicadoras en la presente investigación.

$$\text{IndVal} = \text{Especificidad} \times \text{Fidelidad} \times 100 \text{ (Ecuación 5)}$$

Donde

$$\text{Especificidad} = N_{\text{ind}} / N_{\text{ind}2}$$

$$\text{Fidelidad} = N_{\text{trap}} / N_{\text{trap}2}$$

Nind= número promedio de individuos de la especie en un estado de sucesión

Nind2= suma total del promedio de individuos sobre los tres estados de sucesión

Ntrap= número de trampas en un estado donde está presente la especie dentro del estado de sucesión

Ntrap2= número total de trampas en el estado de sucesión

6. Resultados

6.1. Evaluación de la diversidad de especies de escarabajos copronecrófagos presentes en los tres tipos de sucesión de bosque de la Reserva Tapichalaca

Durante los meses de noviembre del 2021 a enero de 2022, los géneros de escarabajos copronecrófagos registrados fueron los siguientes: *Canthidium*, *Deltochilum*, *Dichotomius*, *Eurysternus*, *Homocopris* y *Ontherus*. De los géneros identificados el que presenta un mayor número de especies fue *Dichotomius*, con 3 especies para la reserva Tapichalaca.

Las especies que presentaron mayor número de individuos fueron *Dichotomius problematicus* (Luederwaldt, 1923) (341 individuos), seguida por la especie *Ontherus howdeni* Génier, 1996 (37 individuos), *Deltochilum spinipes* Paulian, 1938 (32 individuos) y *Eurysternus caribaeus* (Herbst, 1789) (29 individuos). Las especies con menor número de individuos fueron *Ontherus hadros* Génier, 1996 (13 individuos), *Dichotomius divergens* (Luederwaldt, 1923) (7 individuos), *Canthidium aurifex* Bates, 1887 (2 individuos), *Homocopris buckeyi* Waterhouse, 1891 (2 individuos), *Canthidium* sp.2 (1 individuo), y *Dichotomius quinquelobatus* (Felsche 1901) (1 individuo).

La mayor cantidad de individuos fueron colectados en las trampas cebadas con excremento humano con 251 individuos, mientras que en las trampas cebadas con carroña (vísceras de pollo) se colectaron 214 especímenes. En el bosque restaurado hubo mayor eficiencia de colecta de ambos tipos de trampas (113 en excremento, 104 en carroña), el bosque natural presentó menor número de individuos colectados (89 en excremento 72 en carroña,) y el pastizal presenta menor eficiencia de colecta en relación a los otros dos estados de sucesión (49 en excremento 38 en carroña,) (Tabla 2).

Cabe mencionar que se realizó un nuevo muestreo solo para pastizal con la intención de equiparar las muestras y luego comparar la diversidad, pero los resultados de la captura fueron bajos, la muestra sigue siendo baja para analizarla y comparar con los otros dos estados de sucesión de bosque de la Reserva Tapichalaca.

Tabla 1. Abundancia de escarabajos copronecrófagos colectados en relación a los tipos de sucesión de bosque (bosque natural, bosque restaurado, pastizal) y tipo de trampas (excremento, carroña) de la Reserva Tapichalaca.

ESPECIE	TIPO DE ESTADO DE SUCESIÓN					
	BOSQUE NATURAL		BOSQUE RESTAURADO		PASTIZAL	
	CARROÑA	EXCREMENTO	CARROÑA	EXCREMENTO	CARROÑA	EXCREMENTO
<i>Canthidium aurifex</i>	0	2	0	0	0	0
<i>Canthidium_sp.2</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Deltochilum_spinipes</i>	0	0	18	14	0	0
<i>Dichotomius divergens</i>	0	1	1	5	0	0
<i>Dichotomius problematicus</i>	56	59	71	72	34	49
<i>Dichotomius quinquelobatus</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Eurysternus_caribaeus</i>	12	10	5	2	0	0
<i>Homocopris_buckeyi</i>	1	1	0	0	0	0
<i>Ontherus hadros</i>	1	5	2	4	1	0
<i>Ontherus howdeni</i>	1	11	6	16	3	0
Total	72	89	104	113	38	49

La curva de acumulación de especies muestra que no alcanza la asíntota (Figura 5), esto nos indica que si se continua con el muestreo en campo, existe la probabilidad de registrar otras especies diferentes a las ya registradas en esta investigación

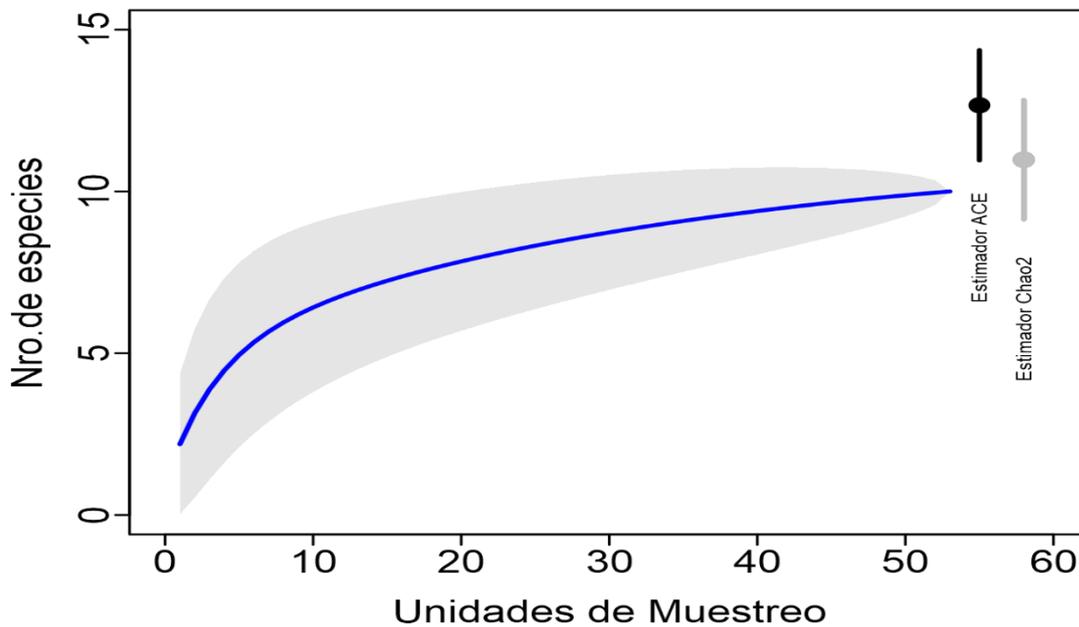


Figura 5. Curva de acumulación de especies para los escarabeinos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) de la Reserva Tapichalaca basada en la relación entre en el número de especies y numero de trampas.

Con la aplicación de los estimadores no paramétricos ACE Y Chao1, se obtuvo una riqueza esperada de 10 especies y una riqueza estimada de 12 especies respectivamente (Tabla 3), la eficiencia de muestreo general para toda el área de estudio en la reserva Tapichalaca es del 80%.

Diversidad por coberturas

Los análisis de rarefacción – interpolación basada en individuos, indican que a 200 individuos los dos estados de sucesión de bosque (Natura y Restaurado) son comparables entre sí (Figura 6). No se realizó el análisis de diversidad para los tres estados de sucesión de bosque debido a que el pastizal no tiene una muestra representativa para diversidad de especies.

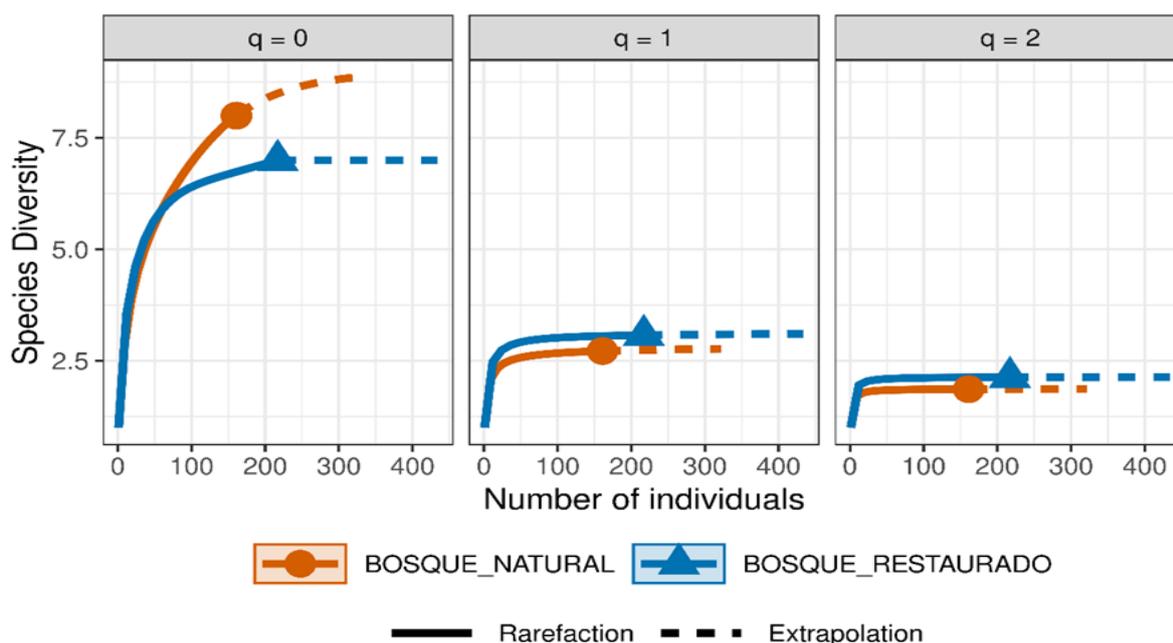


Figura 6. Gráfico de rarefacción/ interpolación, de la diversidad de especies sobre el número de individuos en Bosque Natural y Bosque Restaurado de la reserva Tapichalaca, en la plataforma INEXT. $q=1$. entropía de Shannon. $q=2$. El inverso al exponencial de Simpson.

Tabla 2. Índice de Pielou J para los estados de sucesión de bosque de la reserva Tapichalaca, analizado en la plataforma INEXT4.

TIPO DE BOSQUE	Pielou J'
BOSQUE NATURAL	0.47
BOSQUE RESTAURADO	0.58

El índice de equitatividad de Pielou mostró que el bosque natural (0.47) y el bosque restaurado (0.58) presentaron una equitatividad media, lo que significa que las abundancias en los dos estados de sucesión de bosque no están distribuidas equitativamente (Tabla 5).

6.2. Cuantificación de los cambios en la riqueza y abundancia de escarabajos copronecrófagos entre los tres estados de sucesión de la Reserva Tapichalaca

Riqueza

La riqueza de especies más alta entre los tres estados de sucesión de bosque se presentó en el Bosque Natural con 8 especies, seguida por el Bosque Restaurado con 7 especies, y la

menor riqueza de especies correspondió a Pastizal con un total de 3 especies registradas durante la investigación (Figura 7).

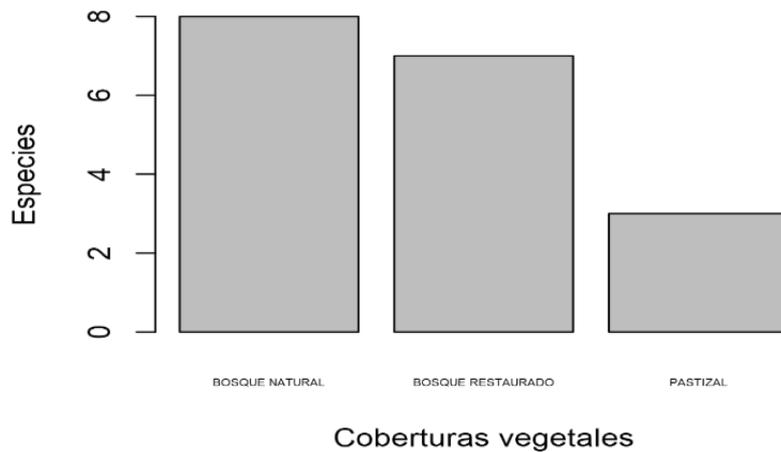


Figura 7. Número de especies registradas en los tres estados de sucesión de bosque de la Reserva Tapichalaca.

Curva de Rarefacción – Extrapolación

La figura indica que la riqueza del bosque natural es mayor que la de bosque restaurado y de pastizal, pero los dos primeros estados no presentan diferencias dentro de un intervalo de confianza de 95% en cuanto a la riqueza, pero el pastizal sí difiere de los estados antes mencionados ya que cuenta con una menor riqueza y abundancia de escarabajos (Figura 8).

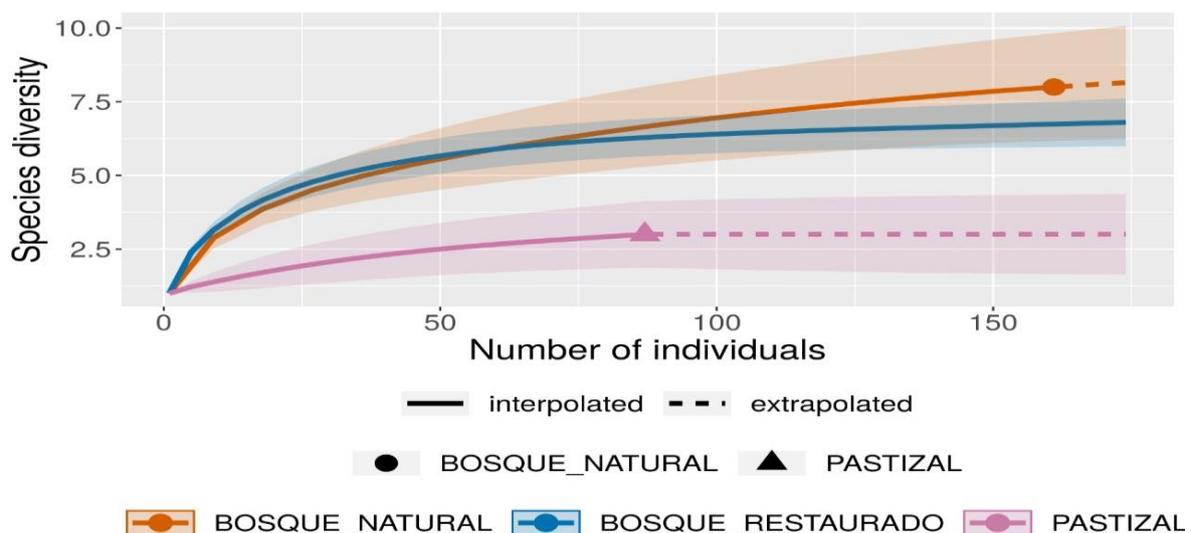


Figura 8. Curva de rarefacción – extrapolación para los tres estados de sucesión de la reserva Tapichalaca, desarrollados con el paquete INEXT.

Abundancia

El Bosque Restaurado presenta mayor abundancia con 47% de los individuos, seguido del Bosque Natural con un 35% y el pastizal con la menor abundancia (18%) (Figura 9).

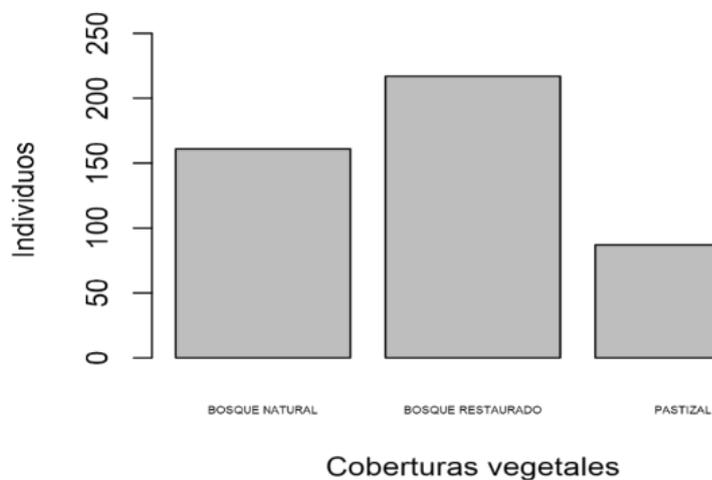


Figura 9. Abundancias de especies de escarabajos copronecrófagos para los tres estados de sucesión de bosque de la Reserva Tapichalaca.

Curva de rango abundancia

Al analizar la abundancia total para la Reserva Tapichalaca por medio de la curva rango abundancia para los tres estados de sucesión se obtuvo que *Dichotomius problematicus* es la más abundante, con 73% de los especímenes registrados y se observa la pendiente empinada por la distribución desigual de individuos de cada especie, seguida por *Ontherus howdeni* con el 8% de abundancia, *Deltochilum bidentatum* con el 7%, *Eurysternus caribaeus* representa el 6%, *Ontherus hadros* tiene el 3%, *Dichotomuis divergens* con el 2%; y, *Homocopris buckeyi*, *Canthidium aurifex*, *Canthidium sp.2* y *Dichotomius quinquelobatus* registraron el 1% de abundancia formando un plano en la curva debido a que las abundancias de las especies restantes no distan en proporción (Figura 10).

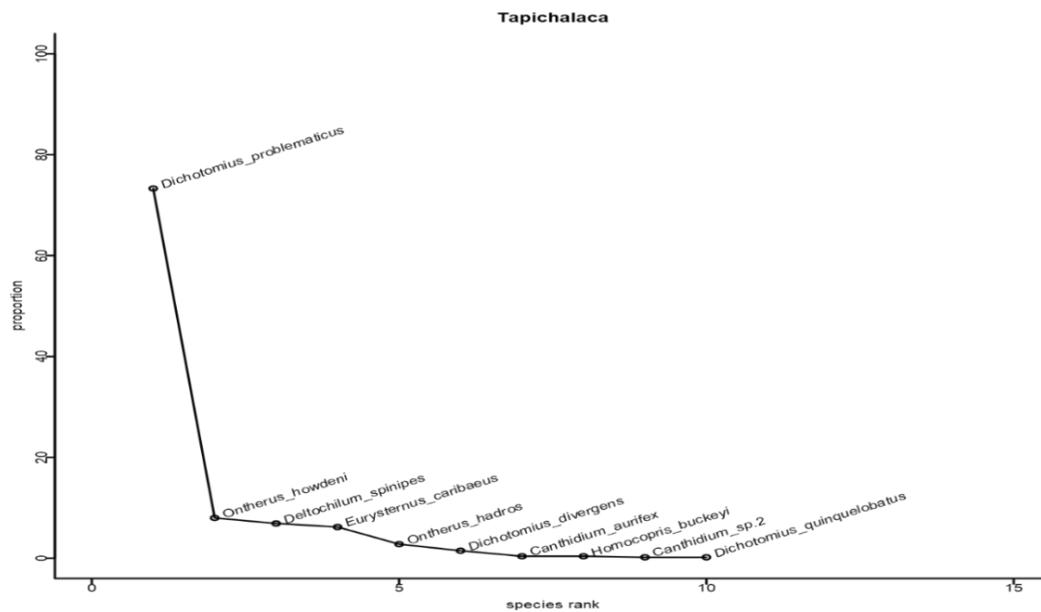


Figura 10. Abundancia de individuos colectados en la Reserva Tapichalaca.

El análisis de curvas de rango-abundancia por estado de sucesión de bosque muestra que en el Bosque Natural se encontraron 8 de las 10 especies registradas en toda la Reserva Tapichalaca. La especie con mayor de abundancia fue *Dichotomius problematicus*, y la que menos porcentaje presentó fue *Dichotomius quinquelobatus*, mientras que en el Bosque Restaurado se encontraron 7 de las 10 especies registradas en la Reserva Tapichalaca, siendo *Dichotomius problematicus* la de mayor abundancia, y *Canthidium sp.2* la de menor. Además, en el Pastizal se encontraron 3 de las 10 especies registradas, siendo *Dichotomius problematicus* la de mayor, abundancia y *Ontherus hadros* la que presentó menor número de individuos (Figura 11 a, b, c).

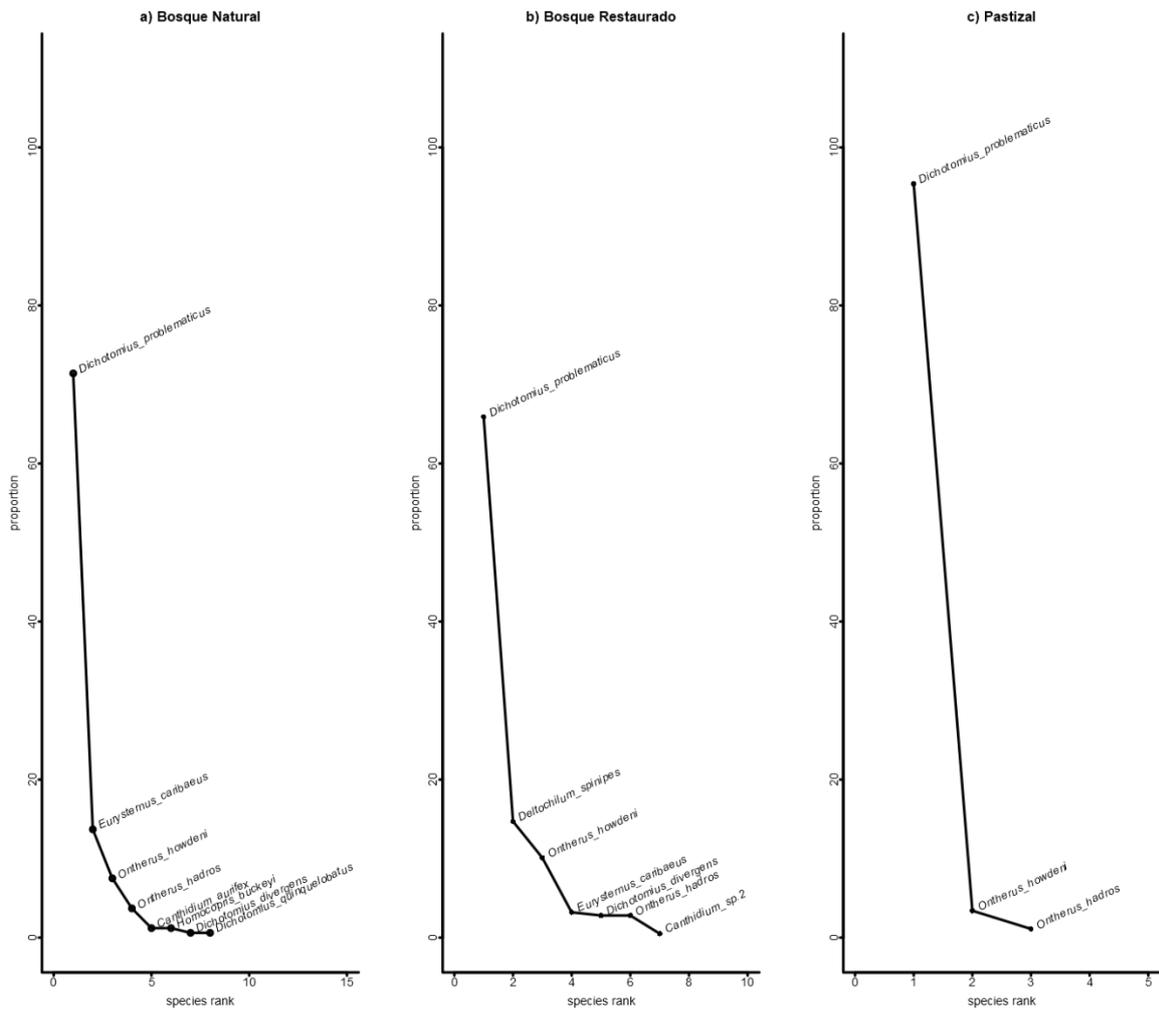


Figura 11. Representación gráfica de la curva rango abundancia de los tres estados de sucesión de bosque a) Bosque Natural. b) Bosque Restaurado c) Pastizal de la Reserva Tapichalaca.

6.3. Identificación de especies indicadoras en los tres estados de sucesión de bosque de la Reserva Tapichalaca

Con el cálculo del Valor Indicador (IndVal) y el valor de p que nos muestra la significancia estadística, se determinó que la especie indicadora del bosque natural y bosque restaurado es *Eurysternus caribaeus*; mientras que en el pastizal no se encontraron especies indicadoras.

Tabla 3. IndVal para las especies de escarabajos de los tres estados de sucesion de bosque de la reserva Tapichalaca.

ESPECIES	BOSQUE NATURAL	BOSQUE RESTAURADO	PASTIZAL	index	stat	IndVal (%)	p. valor
<i>Canthidium aurifex</i>	1	0	0	1	0,577	57,7	1,000
<i>Canthidium sp.2</i>	0	1	0	2	0,577	57,7	1,000
<i>Deltochilium spinipes</i>	0	1	0	2	0,577	57,7	1,000
<i>Dichotomius divergens</i>	1	1	0	4	0,577	57,7	1,000
<i>Dichotomius problematicus</i>	1	1	1	7	1,000	100	NA
<i>Dichotomius quinquelobatus</i>	1	0	0	1	0,577	57,7	1,000
<i>Eurysternus caribaeus</i>	1	1	0	4	1,000	100	0,045
<i>Homocopris buckeyi</i>	1	0	0	1	0,577	57,7	1,000
<i>Ontherus hadros</i>	1	1	0	4	0,877	87,7	0,255
<i>Ontherus howdeni</i>	1	1	0	4	0,782	78,2	0,715

7. Discusión

El presente estudio es el primer trabajo de investigación en la Reserva Tapichalaca del Cantón Palanda de la provincia de Zamora Chinchipe sobre escarabajos copronecrófagos, donde la efectividad de las trampas con cebos de excremento humano fue mayor que las trampas con carroña y se evidenció una mayor presencia de especies generalistas en ambos tipos de trampas. Estos resultados son similares a los presentados por (Sarmiento y Amat, 2009) quienes evidenciaron una mayor eficiencia de las trampas de excremento sobre las trampas con carroña. En otro estudio realizado en el neotrópico también se reporta dicha efectividad, donde 7 de 10 especies fueron colectadas por los dos tipos de trampas, donde se señala igualmente que estas especies son generalistas y no hacen un uso selectivo del alimento. Es por esto que ambos tipos de trampas presentaron niveles altos de colecta (Sulca y Huamantínco, 2016). En otros estudios de escarabajos estercoleros, como aquel realizado en el Bosque Protector Oglan Alto, en Pastaza, se aplicaron 11 métodos de captura y se registraron 10 627 individuos, los cuales pertenecen a 65 especies y 18 géneros. Aquellos autores también aseguran que las trampas mas efectivas fueron las pitfall con excremento humano (Chamorro et al., 2019).

Mediante los análisis de diversidad y equitatividad, se pudo observar que el bosque restaurado a pesar de tener menos especies es mas diverso y equitativo que el bosque natural, debido a la abundancia de ciertas especies. La abundancia presenta distribuciones desiguales, esto puede deberse a las barreras que se generan por la fragmentación de hábitats que impiden el traslado de ciertas especies y la disminución de otras dentro de los parches (Ordoñez y Buele,

2013). Esta mayor diversidad de especies en el bosque restaurado y/o natural en comparación con el pastizal se sustenta en lo dicho por Ampudia et al. (2020), quienes señalan que en las zonas boscosas bien conservadas existe alta cobertura vegetal, presencia de hojarasca y pedazos de madera donde pueden formar microhábitats, para el refugio y conservación de sus alimentos, mientras que el pastizal posiblemente no presenta las condiciones apropiadas para los mamíferos silvestres ni cobertura vegetal para preservar el excremento fresco, factores que inciden en la disminución de especies de escarabajos copronecrófagos (Escobar, 2000).

De manera general se registraron diez especies de las cuales, la mayor riqueza estuvo presente en bosque natural, mientras que en pastizal la riqueza fue menor. La riqueza esperada es similar a la riqueza observada, lo que significa que, a pesar de un mayor esfuerzo de muestreo, no se registraran especies que no se hayan registrado antes. En cuanto a la abundancia en los dos tipos de bosque existió el doble de abundancia que en el pastizal, tal como lo reporta Villamarín. (2010), en su investigación sobre escarabajos estercoleros en un bosque nublado en Perú, quien asegura que la abundancia de escarabajos peloteros de los bosques fue cuatro veces mayor a la del pastizal, donde se observó que éstos se encuentran en coberturas vegetales altas para que exista menor penetración de luz solar y haya tiempo de conservación del excremento para alimento y anidación.

A las características de la estructura vegetal se le suman las condiciones climáticas de la reserva, rango altitudinal (1800- 3400 m), complejidad de cada estado de sucesión y disposición de alimento. Por ejemplo, en cuanto a la influencia de las condiciones climáticas, en el presente estudio, la baja riqueza y abundancia baja podría estar influenciada por el período de muestreo realizado durante la temporada invernal (de noviembre a enero). Se pudo observar que cuando llovía con intensidad los escarabajos tenían baja actividad y bajos registros de capturas en las trampas de colecta. Sin embargo, las colectas en invierno o verano dependen del ecosistema en el que se trabaje; por ejemplo, en bosque seco. En un estudio sobre escarabajos copronecrófagos en diferentes tipos de suelo de la Reserva Campesina la Montaña (en Colombia, departamento Atlántico), se menciona que para tener una mayor riqueza y abundancia se debe muestrear en estación invernal y con bajas temperaturas. También se menciona que para tener una idea clara de diversidad total y real se debe muestrear durante todas las épocas del año (Rangel et al., 2016).

Pero además, la baja riqueza y abundancia registrada en el presente estudio podría deberse a la fragmentación que han sufrido estos hábitats, poca cobertura vegetal, baja presencia de mamíferos y a la desecación del excremento por insolación lo que complica la disponibilidad de este recurso para refugio y alimento, y con ello puede darse mortalidad de las larvas y consecuentemente decrecen sus poblaciones (Alburqueque et al., 2015).

En un estudio en bosque nublado en Perú donde la riqueza y abundancia aumentaba con las precipitaciones y disminuía en los días que no llovía, se mencionó que el factor climático podría ser de los más importantes dentro de los trabajos con las comunidades de escarabeinos (Alburqueque et al., 2015). Y en cuanto a la influencia de la altitud (Alburqueque et al., 2015), en una investigación de este tipo sobre coleópteros de la familia Scarabaeidae en el bosque nublado de Chin Chin y bosque de Ramos al Norte de Perú, a una altitud de 2600 m, la abundancia de especies fue mayor en zonas de menor altitud y mientras aumentaba la altitud, el número de individuos capturados disminuía. Sin embargo, en la Reserva Tapichalaca, los puntos de muestreo tanto en bosque natural como en bosque restaurado están a mayor elevación que los puntos del pastizal, y ambos tienen reportes de mayor riqueza y abundancia. Posiblemente, estos datos actuales indican que, en el área muestreada, es el tipo de vegetación en su estado de sucesión, el factor que tiene influencia sobre la diversidad de escarabajos.

Se observó una dominancia de especies de escarabajos copronecrófagos de tamaño mediano, como *Dichotomius problematicus*, el cual alcanza tallas medianas a grandes y van de los 9,00-27,00 mm. Esto podría deberse a la fragmentación que sufrieron estas áreas en tiempos pasados, según lo afirmado por Pardo, (2015) en un estudio sobre la diversidad de escarabajos copronecrófagos en un bosque de niebla de Colombia a una altitud de 2500 m s.n.m. La presencia y dominancia de especies de tamaño mediano se debe a la fragmentación del hábitat del bosque donde a nivel de individuos se presentan singularidades tanto en la variación del tamaño como en la coloración y etología de ciertas especies en comparación a estudios realizados en el Chocó Colombiano que presentan un ensamble más complejo de escarabajos peloteros.

En cuanto a las especie indicadora, se presentó una sola especie para el Bosque Natural y para el Bosque Restaurado, *Eurysternus caribaeus* es de fácil reconocimiento en campo y de taxonomía e historia natural bien conocidas (Regalado, 2019). Está presente en dos tipos de bosques y distribuidas ampliamente dentro del bosque natural. Los individuos de esta especie son de tamaño relativamente mediano, de coloración café oscuro y son propios de bosque naturales no intervenidos (Damborsky et al., 2015). Los hábitos de esta especie con el excremento para alimento y anidación indican que es una especie tuneladora, es decir, facilita la devolución de los nutrientes al suelo como beneficio para el ecosistema. Mediante dichos hoyos que construye bajo el excremento donde lleva este material para usarlo como bolas nido, permite la aireación del suelo y su fertilización, aportando a la conservación y equilibrio de los bosques (Uribe y Vallejo, 2013). Encontrar esta especie en el bosque restaurado, podría indicar la recuperación y el buen estado de conservación de estas áreas de bosque con 22 años de sucesión. Se espera que cuando el pastizal llegue al estado del bosque restaurado pueda presentar esta especie indicadora u otras más, y así determinar cómo se está dando el proceso de sucesión. Se requiere determinar si es a la misma velocidad o si tardará más años en el pastizal, teniendo en cuenta otros factores como la vegetación, tipo de suelo, temperatura, humedad relativa, y otros parámetros ambientales (Regalado, 2019). Posiblemente cuando el pastizal tenga los mismos años de recuperación que el bosque restaurado, no sería similar ni presentaría las especies y composición de escarabajos que tienen dicho bosque, por la complejidad, la presencia de fauna y vegetación secundaria. No obstante, el pastizal podría tomar varios años más en su proceso de sucesión y recuperación, y tendría que realizar una intervención asistida, para recuperar estas áreas por medio de la reforestación con especies endémicas y de esta manera, llegar a formar un ecosistema similar al bosque natural que preste las condiciones y recursos que necesitan los escarabajos peloteros y otras especies dentro de esta reserva privada.

En lo que respecta a las especies que conforman el ensamble de peloteros en la Reserva Tapichalaca, se encuentran las especies del género *Dichotomius*, en las cuales se observan varios escenarios. Por ejemplo, hay una alta abundancia de *Dichotomius problematicus*, en los tres estados de sucesión. Esto puede deberse a su alta plasticidad ecológica y a la disposición de alimentos, ya que son generalistas, de tamaño mediano, y se desarrollan en los bordes de los bosques, con una fácil movilidad hacia los otros estados de sucesión por alimento y

apareamiento. Además es endémica de los bosques suramericanos y su actividad es netamente nocturna (Sarmiento y Amat, 2009). Hubo presencia de *Dichotomuis problematicus* en los dos tipos de trampas, las cuales fueron colocadas cerca al sendero turístico, cercanas al bosque natural y en el pastizal cercanas al bosque restaurado, siempre guardando distancia para evitar el efecto de borde. El que hayan sido registrados en todas estas áreas podría indicar la gran facilidad de locomoción de esta especie por toda el área de estudio y su gran abundancia dentro de la Reserva Tapichalaca.

Otra especie del género es *D. divergens*, generalista de actividad diurna y nocturna. En este estudio fue registrada en bosque natural y bosque restaurado, por su gran capacidad de movimiento y de penetración entre los dos estados de sucesión de bosque (Ordoñez, 2013). Por último, *D. quinquelobatus* presentó 1 solo individuo en esta investigación, posiblemente por la altitud en la que se encuentra la Reserva Tapichalaca (1800 – 3400 m), lo que concuerda con lo mencionado por Villamarín, (2013) quien asegura que la especie es propia de bosques nublados, pero es más exitosa en tierras bajas de la amazonía.

Los individuos de *Deltochilium spinipes* (Anexo 3), presentan una coloración verde azulada. Son de actividad diurna, hábitos alimenticios tanto coprófagos como necrófagos se adapta a estados bien conservados, y es de rara presencia en espacios abiertos o en excremento de animales domésticos (Pardo, 2015). Los individuos de esta especie son organismos de fácil detección, fáciles de reconocer en el campo, abundantes, adaptados a hábitats bien conservados (Regalado, 2019). Debido a su dependencia del excremento y la carroña para alimentación y anidación, son vulnerables a la modificación de hábitats (González et al., 2009). Es una especie de tamaño grande (10,00 – 35,00 mm de longitud), rodadora que traslada el excremento y la carroña en forma de bolas hacia otros lugares para enterrarlas, lo que permite la dispersión secundaria de semillas, la distribución de residuos orgánicos de manera uniforme dentro del bosque restaurado que sirven como alimentos para otros organismos degradadores y crecimiento de nuevas especies vegetales para el buen estado del ecosistema y recuperación del bosque (Uribe y Vallejo, 2013). Esto indica una posible alta recuperación del bosque restaurado con 22 años de conservación, donde posiblemente existe una comunidad saludable de mamíferos que proveen el recurso alimenticio, indispensable para esta especie. Cabe mencionar que solo se encontró esta especie en un solo transecto, en un área estrecha del bosque restaurado. La alta fragilidad de estas especies copronecrófagas a los cambios en su hábitat y la necesidad de

extensiones de bosque o recursos y necesidades específicas explicaría la exclusividad de esta especie a cada estado de sucesión de bosque (Noriega et al., 2007).

El género *Ontherus* registró dos especies *O. howdeni* y *O. hadros*, que registran presencia en los tres estados de sucesión de bosque de la reserva Tapichalaca, ya que estas especies son propias de bosques nublados con plantaciones de crecimiento primario y secundario, de preferencias coprófagas (Génier, 1996).

También se registraron especies con baja abundancia, pero con exclusividad de hábitat como *Canthidium aurifex* y *Homocopris buckeyi*. *Canthidium. aurifex*, de coloración verde metálico, tamaño relativamente pequeño no está presente en los pastizales. Esto podría deberse a que es propia de los bosques naturales, su actividad se da en la superficie de la hojas, siendo muy frágiles a las perturbaciones (Pardo y Camero, 2014). En esta investigación y mediante el análisis estadístico, se la puede considerar como especie exclusiva ya que presenta fidelidad al bosque natural pero la baja abundancia (2 individuos), lo que no permite establecerla como una especie indicadora, propiamente. Quizá con mayores repeticiones en los muestreos se podría determinar la abundancia real de esta especie. Esto concuerda con Villamarín.(2010), quien en su estudio sobre escarabajos estercoleros en la localidad de El Goaltal, en la provincia de Carchi, en un bosque nublado registró a *C. aurifex* pero en pastizales sino en bosque no intervenido, donde parece ser más exitosas, frecuentemente asociadas a excremento de danta (*Tapirus bairdii*) [Gill, 1865], y mono Congo (*Alouatta palliata*) [Gray, 1849], que son individuos de actividad diurna, con mayor acción en los picos del inicio y final del día, y son más abundantes en bosques nativos de tierras bajas a una altura de 200 m.s.n.m. En cuanto a *H. buckeyi*, se registraron dos individuos. Es posible que la baja presencia de esta especie se deba a que son exclusivas de zonas boscosas de altitudes bajas (Ordoñez y Buele, 2013). A menor altitud se registra mayor abundancia de esta especies en los bosques nublados, conforme aumenta la altitud, el número de individuos va decreciendo (Alburqueque et al., 2015).

8. Conclusiones

- La diversidad en los estados de sucesión de bosque natural y bosque restaurado fue media y presentaron la mayoría de las especies registradas en la reserva, mientras que el pastizal, desprovisto de vegetación secundaria y con edad de conservación menor a los otros dos estados, registró una baja diversidad. Esta mediana o baja diversidad responde a que los fragmentos de bosque restaurado entre los pastizales, pueden estar generando que las especies de escarabajos se estén movilizandando hacia estos fragmentos por refugio, alimento, y mayor duración y conservación de sus alimentos ya que la luz solar no penetra directamente hacia el suelo debido a la densidad de la vegetación del bosque restaurado en relación con la del pastizal que está desprovista de vegetación.
- La edad de regeneración de cada estado de sucesión del bosque, influye directamente en una mayor riqueza y abundancia de escarabajos copronecrófagos, dados los resultados obtenidos en esta investigación y varios estudios similares que lo confirman. El bosque natural presentó el mayor número de especies, entre las cuales se registraron especies rodadoras, cavadoras, residentes generalistas, coprófagas, necrófagas y actividad diurna y nocturna. De igual manera, el bosque (con 22 años de restauración), presentó las mismas especies que el bosque natural. Por último y el pastizal con 14 años de conservación presentó una diversidad baja de 3 especies que podría deberse al tipo de vegetación. Durante las visitas a la reserva no se evidenció presencia de excremento de mamíferos en esta zona, y solo se registraron especies de actividad nocturna, generalistas y cavadoras. La penetración de rayos solares directamente al pastizal también puede ser una condición para tener menor riqueza y abundancia de escarabajos, los alimentos se degradan a mayor velocidad, y en consecuencia se presentan terrenos más permeables y duros a causa de los rayos del sol.
- Se determinó a *Eurysternus caribaeus* como especie indicadora para el bosque natural y el bosque restaurado, lo que demuestra los avances en la recuperación del bosque restaurado, que en 22 años de recuperación ya cuenta con especies cuya presencia se da mayoritariamente en bosques más conservados. En varios años más, este bosque podría llegar a tener las características que tiene el bosque natural y la presencia de la especie indicadora lo estaría garantizando demostrando.

9. Recomendaciones

- Continuar con el estudio en cuanto a la diversidad de escarabajos copronecrófagos en la Reserva Tapichalaca, para así obtener nuevos datos que podrían servir para comparar con lo presentado en esta investigación.
- La eficiencia de los dos tipos de cebos en las trampas en los dos bosques, natural y restaurado fue muy buena, se recomienda emplear diferentes tipos de cebos como mariscos en putrefacción y otros, para evidenciar si hay algún aumento o disminución en la colecta de escarabajos
- En los pastizales se ha dejado de realizar actividades extractivas de ningún tipo por 14 años; no obstante, esto no ha sido suficiente para el registro de especies o individuos, por lo que se recomienda trabajar con otras opciones dentro de la Reserva como, evaluar la diversidad mediante el rango altitudinal, otros tipos de bosque, efectos de borde.
- No se conoce si el bosque restaurado ha recuperado su diversidad funcional, para ello se deben hacer estudios para conocer qué tan eficientes han sido los esfuerzos de restauración.

10. Bibliografía

- Aguilar, M., y Ramirez, W. (2015). *Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres* (Número August 2016).
- Aguirre, Z. (2013). Guía de Metodos para medir la Biodiversidad. *Universidad Nacional de Loja*.
- Alburqueque, D., 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. <https://doi.org/10.25127/indes.201501.00>
- Ampudia, C., Estrella, R., y Pérez, P. (2020). Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en bosques sobre arena blanca de la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana, en la Amazonía peruana. *Ciencia Amazónica (Iquitos)*, 8(1), 53–70. <https://doi.org/10.22386/ca.v8i1.280>
- Balvanera, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Revista Ecosistemas*, 21(Mea 2005), 136–147.
- Beynon, S., Wainwright, W., y Christie, M. (2015). The application of an ecosystem services framework to estimate the economic value of dung beetles to the U.K. cattle industry. *Ecological Entomology*, 40(S1), 124–135. <https://doi.org/10.1111/een.12240>
- Cáceres, M., Legendre, P., Wisser, S., y Brotons, L. (2012). Using species combinations in indicator value analyses. *Methods in Ecology and Evolution*, 3(6), 973–982. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2012.00246.x>
- Camacho, J., Pérez, J., Jaimes, N., Vargas, E., Peña, L., y López, M. (2015). Coverage/land use changes in a portion of the mountainous mexican transition zone. *Madera y Bosques*, 21(1), 93–112. <https://doi.org/10.21829/myb.2015.211435>
- Cambra, R. (2006). Diversidad de escarabajos peloteros (coleoptera: scarabaeidae: scarabaeinae) del parque nacional darién, panamá. *Scientia*, 21(1), 105–111.
- Carpio, C. (2011). Rol funcional de la diversidad de los escarabajos peloteros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en el bosque lluvioso amazónico de Yasuní. *Pontificia Universidad Católica del Ecuador facultad de ciencias exactas y naturales escuela de ciencias biológicas rol*, Turnbull 1986, 6–17.
- Carvajal, V., Villamarin, S., y Ortega, A. (2011). ESCARABAJOS DEL ECUADOR:

Principales Géneros. En *Instituto de Ciencias Biológicas Escuela Politécnica Nacional* (Vol. 1).

- Celentano, D., Zahawi, R. A., Finegan, B., Casanoves, F., Ostertag, R., Cole, R., y Holl, K. (2011). Restauración ecológica de bosques tropicales en Costa Rica: Efecto de varios modelos en la producción, acumulación y descomposición de hojarasca. *Revista de Biología Tropical*, 59(3), 1323–1336. <https://doi.org/10.15517/rbt.v0i0.3402>
- Celi, J., y Dávalos, A. (2001). *Manual de monitoreo, los escarabajos peloteros: como indicadores de la calidad ambiental*.
- Chamorro, W., Gallo, F., Delgado, S., Enríquez, S., Guasumba, V., y López, G. (2019). Los escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) del Bosque Protector Oglán Alto, Pastaza, Ecuador. *Biota Colombiana*, 20(1), 34–49. <https://doi.org/10.21068/c2019.v20n01a03>
- Chamorro, W., Marín, 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>
- Chao, A., y Jost, L. (2012). Coverage-based rarefaction and extrapolation: Standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93(12), 2533–2547. <https://doi.org/10.1890/11-1952.1>
- Culot, L., Bovy, E., Zagury, F., Guevara, R., y Galetti, M. (2013). Selective defaunation affects dung beetle communities in continuous Atlantic rainforest. *Biological Conservation*, 163, 79–89. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.04.004>
- Damborsky, M., Bohle, A., Ibarra, P., Porcel, E., y Fontana, J. (2015). Spatial and Temporal Variation of Dung Beetle Assemblages in a Fragmented Landscape at Eastern Humid Chaco. *Neotropical Entomology*, 44(1), 30–39. <https://doi.org/10.1007/s13744-014-0257-2>
- Derroire, G., Balvanera, P., Castellanos, C., Decocq, G., Kennard, D., Lebrija, E., Leiva, J., Odén, P. C., Powers, J., Rico, V., Tigabu, M., y Healey, J. (2016). Resilience of tropical dry forests – a meta-analysis of changes in species diversity and composition during secondary succession. *Oikos*, 125(10), 1386–1397. <https://doi.org/10.1111/oik.03229>
- Escalante, T. (2003). ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. *Elementos: Ciencia y cultura*, 53–56.

- Escobar, F. (2000). Diversidad De Coleópteros Cropófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) En Un Mosaico De Habitats En La Reserva Natural Nukak, Guaviare, Colombia. En *Acta Zoológica Mexicana: Vol. n.s.* (Número 79, pp. 103–121).
- Farias, P., Zampronio, J., y Medina, M. (2014). DIVERSIDAD DE ESCARABAJOS ESTERCOLEROS EN PASTIZALES EN EL SUR DE BRASIL. *Entomología Mexicana*, 1, 396–401.
- Ferrer, J., Sánchez, A., y Rodríguez, J. (2013). Optimización del muestreo de invertebrados tropicales: Un ejemplo con escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 61(1), 89–110. <https://doi.org/10.15517/rbt.v61i1.10941>
- Galindo, V. (2015). La Diversidad De Los Análisis De Diversidad. *Bioma*, 14(November), 54–71.
- Génier, F. (1996). A revision of the neotropical genus *Ontherus* Erichson (Coleoptera : Scarabaeidae , Scarabaeinae). *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, November.
- Giménez, V., Verdú, J., y Zurita, G. (2019). Factores claves que afectan a la preferencia trófica y diversidad de coleópteros copro-necrófagos del bosque Atlántico de Argentina: una propuesta de conservación. *Cuadernos de Biodiversidad*, 56(56), 26–47. <https://doi.org/10.14198/cdbio.2019.56.03>
- Gómez, A., Giménez, V., Moreno, C., y Zurita, G. (2019). Tree retention in cattle ranching systems partially preserves dung beetle diversity and functional groups in the semideciduous Atlantic forest: The role of microclimate and soil conditions. *Basic and Applied Ecology*, 34, 64–74. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2018.10.002>
- Gómez, A., Gimenez, V., Munevar, A., y Zurita, G. (2015). Estructura y composición de las comunidades de escarabajos estercoleros (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en diferentes sistemas ganaderos del bosque atlántico de Argentina. *Entomología Mexicana*, 2(July), 588–594.
- Gomis, E. (2003). LA SEXTA EXTINCIÓN. *Revista de la Asociación Cultural “ Monte Irago”*, 10(4), 32–34.
- González, F., Molano, F., y Medina, C. (2009). Los subgéneros *Calhyboma*, *Hybomidium* y *Telhyboma* (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae: Deltochilum) en Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 35(2), 253–274.

- Granados, 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, January*, 181–189.
- Guariguata, M. R., y Ostertag, R. (2014). *Sucesión secundaria. January*.
- Guevara, I. H. L., Rojas, O., López, F., Puebla, F., y Díaz, C. (2012). Dispersión de semillas por aves en un paisaje de bosque mesófilo en el centro de Veracruz, México: Su papel en la restauración pasiva. *Revista Chilena de Historia Natural*, 85(1), 89–100. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2012000100007>
- Gutiérrez, C., Bautista Cruz, A., y Castillo, R. (2003). Patrones de desarrollo del suelo asociados con sucesión secundaria en un área originalmente ocupada por bosque mesófilo de montaña. *Ecosistemas: Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente*, 12(3), 15. <https://doi.org/10.7818/re.2014.12-3.00>
- Hilmers, T., Friess, N., Bäessler, C., Heurich, M., Brandl, R., Pretzsch, H., Seidl, R., y Müller, J. (2018). Biodiversity along temperate forest succession. *Journal of Applied Ecology*, 55(6), 2756–2766. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13238>
- Ibarra, M., Damborsky, M., y Porcel, E. (2015). Escarabajos copronecrófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) de la Reserva Natural Educativa Colonia Benítez, Chaco, Argentina. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86(3), 744–753. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.05.011>
- Jiménez, A., y Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista ibérica de arcnología*, 8, 151–161.
- Mariategui, G., Speycis, C., Tarelli, G., Franciga, G., Benavidez, C., y Martínez, R. (2020). Beneficios asociados a la presencia de escarabajos estercoleros en sistemas pastoriles de producción bovina en Argentina Guillermo Mariategui , Claudio Speycis , Guillermo Tarelli , Gonzalo Franciga , Carlos. *Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental*, 7(2), 48–54.
- Martín Regalado, N. (2019). Detección de especies indicadoras de condiciones de hábitats. *La Biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio, February*, 223–235.
- Martinez, I., Cruz, M., Montes de Oca, E., y Suarez, T. (2011). *La función de los escarabajos del estiércol en los pastizales ganaderos*.

- Miranda, K., Chamorro, I., Favila, M., Alanís, J. L., y Ortiz, M. (2020). Landscape diversity and removal of manure by dung beetles in pastures of northern Veracruz. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 91, 10. <https://doi.org/10.22201/IB.20078706E.2020.91.2792>
- Municipio del Canton Palanda. (2019). Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Palanda. *Gad Palanda*, 2013, 399–404.
- Murillo, L., Ayazo, R., y Medina, C. (2016). Diversidad de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en un remanente ribereño y un fragmento de bosque húmedo tropical en Córdoba, Colombia. *Ecologia Austral*, 26(1), 17–26. <https://doi.org/10.25260/ea.16.26.1.0.200>
- Nichols, E., Spector, S., Louzada, J., Larsen, T., Amezcuita, S., y Favila, M. (2008). Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation*, 141(6), 1461–1474. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.04.011>
- Noriega, J., Realpe, E., y Fagua, G. (2007). Diversidad de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en un bosque de galería con tres estadios de alteración. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 12, 51–63.
- Noriega, Jorge, Camero, E., Arias, J., Pardo, L., Montes, J., Acevedo, A., Esparza, A., Ordoñez, B., García, H., y Solís, C. (2015). Grado de cobertura del muestreo de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 63(1), 97. <https://doi.org/10.15517/rbt.v63i1.13323>
- Noriega, Jorge, Camero, E., Arias, J., Pardo, L., Montes, J., y Esparza, A. (2015). Grado de cobertura del muestreo de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 63(1), 97. <https://doi.org/10.15517/rbt.v63i1.13323>
- Noriega, Jorge, Solis, C., Escobar, F., y Realpe, E. (2007). Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) de la provincia de la Sierra Nevada de Santa Marta. *Biota Colombiana*.
- Ordoñez, S., y Buele, L. (2013). *Escarabajos coprófagos (Coleoptera) como indicadores de diversidad biológica en Cajanuma (Parque Nacional Podocarpus)*. 105.
- Ordoñez, S. L. B. (2013). *La Universidad Católica de Loja*.
- Otavo, S., Parrado, Á., y Ari, J. (2013). Scarabaeoidea superfamily (Insecta: Coleoptera) as a bioindicator element of anthropogenic disturbance in an amazon national park]. *Revista de biología tropical*, 61(2), 735–752. <https://doi.org/10.15517/rbt.v61i2.11219>
- Pardo, L. (2015). Escarabajos coprófagos (Coleoptera : Scarabaeidae) de las selvas de las selvas

- de niebla de alto río. *Boletín de museo entomológico Francisco Luis Gallego*, 7, 19–33.
- Pardo, L., y Camero, E. (2014). Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabainae) en siete microcuencas del río Dagua, Chocó biogeográfico de Colombia. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 54, 207–224.
- Rangel, J., Blanco, O., y Martínez, N. (2016). Escarabajos copro-necrófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en diferentes usos del suelo en la reserva campesina la montaña (RCM) en el departamento del atlántico, Colombia. *Boletín Científico del Centro de Museos*, 20(1), 78–97. <https://doi.org/10.17151/bccm.2016.20.1.7>
- Rangel, J., y Martínez, N. (2017a). Comparación de los ensamblajes de escarabajos copronecrófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) entre fragmentos de bosque seco tropical y la matriz adyacente en el departamento del Atlántico-Colombia. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(2), 389–401. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.03.012>
- Rangel, J., y Martínez, N. (2017b). Comparación de los ensamblajes de escarabajos copronecrófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) entre fragmentos de bosque seco tropical y la matriz adyacente en el departamento del Atlántico-Colombia. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(2), 389–401. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.03.012>
- Ratcliffe, B., y Jameson, M. (2016). The Revised Classification for Scarabaeoidea : What the Hell is Going On ? University of Nebraska - Lincoln DigitalCommons @ University of Nebraska - Lincoln The Revised Classification for Scarabaeoidea : What the Hell is Going On ? *DigitalCommons@University of Nebraska - Lincoln*, April.
- Regalado, M. (2019). Detección de especies indicadoras de condiciones de hábitats. *La Biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio*, February, 223–235.
- Rodríguez, M., Sánchez, G., y Gómez, B. (2019). Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) in the El Zapotal reserve, Chiapas, Mexico. *Revista Peruana de Biología*, 26(3), 339–350. <https://doi.org/10.15381/rpb.v26i3.16778>
- Santiago, J., Chamorro, I., Amézquita, S., y Pech, J. (2014). Escarabajos copro-necrófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en fragmentos de Selva Baja Caducifolia, Pastizales y Cultivos de Vainilla en San Lorenzo Tajín, Papantla, Veracruz, México. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 2(4), 842–852.
- Santos, C., Andresen, E., Zárate, D., y Escobar, F. (2018). Dung beetles and their ecological functions in three agroforestry systems in the Lacandona rainforest of Mexico.

- Biodiversity and Conservation*, 27(9), 2379–2394. <https://doi.org/10.1007/s10531-018-1542-x>
- Sarmiento, R., y Amat, G. (2009). Escarabajos del género dichotomius Hope 1838 (scarabaeidae: scarabaeinae) en la amazonía colombiana. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 33(127), 285–296.
- Shahabuddin, Hasanah, U., y Elijonahdi. (2014). Effectiveness of dung beetles as bioindicators of environmental changes in land-use gradient in Sulawesi, Indonesia. *Biotropia*, 21(1), 53–63. <https://doi.org/10.11598/btb.2014.21.1.5>
- Sulca, L., y Huamantincó, A. (2016). Variación estacional de la comunidad de escarabajos Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) de un bosque inundable amazónico de Perú. *Ecología Aplicada*, 15(1), 47. <https://doi.org/10.21704/rea.v15i1.582>
- Tapia, S., Teixeira, A., Velásquez, E., y Waldez, F. (2016). Macroinvertebrados del suelo y sus aportes a los servicios ecosistémicos, una visión de su importancia y comportamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 8, 260. <https://doi.org/10.24188/recia.v8.n0.2016.380>
- Uribe, M., y Vallejo, L. (2013). Diversidad de escarabajos carabidae y scarabaeidae de un bosque tropical en el magdalena medio colombiano. *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia natura*, 17(2), 174–196.
- Vaca, D., y Jaramillo, P. (2019). Descentralizado Provincial De Zamora Chinchipe Plan De Desarrollo Y Ordenamiento. *Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial*, 1–258.
- Villamarín, S. (2010). Escarabajos Estercoleros (Coleoptera: Scarabaeinae) de El Goaltal, provincia de Carchi, Ecuador: lista anotada de especies y ecología. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 2(3). <https://doi.org/10.18272/aci.v2i3.52>
- Villamarín, S. (2013). Caracterización Bioecológica de Escarabajos Peloteros del Proyecto Coca Codo Sinclair. *Flora y Fauna Representativas del los Bosques Piemontanos y Montano Bajo del Proyecto Coca Codo Sinclair, August 2013*, 31–40.
- Villamarín, S., y Paredes, P. (2016). Escarabajos Estercoleros De Tobar Donoso : Patrones De Alfa-Beta. *Technical Report, October*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33033.44646>
- Yepes, A., del Valle, J., Jaramillo, S., y Orrego, S. (2010). Recuperación estructural en bosques sucesionales andinos de Porce (Antioquia, Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 58(1), 427–445. <https://doi.org/10.15517/rbt.v58i1.5220>

11. Anexos

Anexo 1. Permiso de investigación para recolecciones de especies, otorgado por el MATE



Ministerio del Ambiente, Agua
y Transición Ecológica

AUTORIZACIÓN DE RECOLECCIÓN DE ESPECIMENES DE ESPECIES DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA No. 1713

ESTUDIANTES E INVESTIGADORES (SIN FINES COMERCIALES)

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

2.- CÓDIGO

MAAE-ARSFC-2021-1713

3.- DURACIÓN DEL PROYECTO

FECHA INICIO	FECHA FIN
2021-12-12	2022-12-12

4.- COMPONENTE A RECOLECTAR

Animal
Bacteria

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

N° de C.I/Pasaporte	Nombres y Apellidos	Nacionalidad	N° REGISTRO SENESCYT	EXPERIENCIA	GRUPO BIOLÓGICO
1104822174	PALADINES HURTADO FALISTO ALEJANDRO	Ecuatoriana	S/N	Estudiante	Insecta
1105256737	JIMENEZ GRANDA HEIOY JANELA	Ecuatoriana	S/N	Estudiante	Bacterioidia, Insecta
1712734829	PAUCAR CABRERA AURA DEL CARMEN	Ecuatoriana	7241143118	Docente Investigadora	Insecta

Anexo 2. Guía de movilización para el transporte de especies colectadas



Ministerio del Ambiente, Agua
y Transición Ecológica

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



GUÍA N°. 00362
CÓDIGO: MAAE-ARSFC-2021-1713

DATOS DEL SOLICITANTE

N. Identificación: 1104822174
Nombres: PALADINES HURTADO FAUSTO ALEJANDRO

DATOS DEL RESPONSABLE DE LAS MUESTRAS O ESPECÍMENES A TRANSPORTAR

N° de C.I / Pasaporte	Nombres y Apellidos	Nacionalidad	Transportista
1104822174	PALADINES HURTADO FAUSTO ALEJANDRO	Ecuatoriana	No
1105256737	JIMENEZ GRANDA HEIDY JANELA	Ecuatoriana	Si
1712734829	PAUCAR CABRERA AURA DEL CARMEN	Ecuatoriana	No

ORIGEN

Provincia
ZAMORA CHINCHIPE

Tipo de Transporte: Terrestre

DESTINO

Provincia	Cantón	Parroquia
ZAMORA CHINCHIPE	PALANDA	VALLADOLID

Centro de Tenencia: Museo de la Universidad Nacional de Loja

FECHA DE MOVILIZACIÓN

Desde: 2021-12-07	Hasta: 2021-12-09
-------------------	-------------------

Anexo 3. Colecta de escarabajos copronecrófagos del género *Deltochilum*



Anexo 4. Trampa pitfall activa en el bosque restaurado



Anexo 5. Colecta de especímenes en fundas Ziploc



Anexo 6. Certificación de traducción del Resumen (Abstract)

CERTIFICACIÓN DE TRADUCCIÓN DEL RESUMEN (ABSTRACT)

**Lic. Mirna Carola Romero Coloma,
MAGISTER EN ENSEÑANZA DE INGLÉS COMO IDIOMA EXTRANJERO
DOCTORA EN EDUCACIÓN**

Certifico:

Que he traducido minuciosamente el Resumen del Trabajo de Titulación titulado: “Diversidad de escarabajos copronecrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en tres estados de sucesión del bosque de la Reserva Tapichalaca del Cantón Palanda” de autoría de **Fausto Alejandro Paladines Hurtado**, egresado de la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente en la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, previa a la obtención del título de Ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente.

Es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad, autorizando al interesado hacer uso del presente en lo que estime conveniente.

Durán, 3 de diciembre del 2022



Firmado electrónicamente por:
**MIRNA CAROLA
ROMERO COLOMA**

Lic. Mirna Carola Romero Coloma
**MAGISTER EN ENSEÑANZA DE INGLÉS COMO IDIOMA EXTRANJERO
DOCTORA EN EDUCACIÓN**
CI: 0919164426
Celular: 0997366437