



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

EFECTO DE UN INCENDIO FORESTAL SOBRE LA DIVERSIDAD DE ESCARABAJOS COPRONECRÓFAGOS (COLEOPTERA: SCARABAEINAE) EN LA RESERVA MADRIGAL DEL PODOCARPUS, LOJA

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

AUTOR:

María Belén Cordero Jiménez

DIRECTOR:

Blg. Aura Paucar Cabrera, Ph.D

Loja – Ecuador

2022

Educamos para Transformar

Certificación de directora del Trabajo de Titulación

Loja, 05 de agosto de 2022

Blga. Aura Paucar Cabrera, M.Sc., Ph.D.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **EFFECTO DE UN INCENDIO FORESTAL SOBRE LA DIVERSIDAD DE ESCARABAJOS COPRONECRÓFAGOS (COLEOPTERA: SCARABAEINAE) EN LA RESERVA MADRIGAL DEL PODOCARPUS, LOJA**, previo a la obtención del título de título de **Ingeniera en Manejo y Conservación del Medio Ambiente**, de la autoría de la estudiante **María Belén Cordero Jiménez**, con **cédula de identidad Nro.1950008407**, 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, M.Sc., Ph.D.

Directora del Trabajo de Titulación.

Autoría

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



Autora: María Belén Cordero Jiménez

Cédula de identidad: 1950008407

Fecha: 02/11/2022

Correo electrónico: maria.cordero@unl.edu.ec

Teléfono: 098925577

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

Yo, **María Belén Cordero Jiménez**, declaro ser autora del Trabajo de Titulación titulado: **EFFECTO DE UN INCENDIO FORESTAL SOBRE LA DIVERSIDAD DE ESCARABAJOS COPRONECRÓFAGOS (COLEOPTERA: SCARABAEINAE) EN LA RESERVA MADRIGAL DEL PODOCARPUS, LOJA**, como requisito para optar por el título de Ingeniera en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

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

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

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



Firmado electrónicamente por:

**MARIA
BELEN
CORDERO
JIMENEZ**

Autora: María Belén Cordero Jiménez

Cédula de identidad: 1950008407

Dirección: Loja, Espíndola

Correo electrónico: maria.cordero@unl.edu.ec

Teléfono: 098925577

Datos complementarios:

Directora del Trabajo de Titulación:

Bлга. Aura Paucar Cabrera, M.Sc., Ph.D.

Dedicatoria

El presente trabajo es dedicado primero a Dios por darme vida y salud, a mi familia, especialmente a mi mamita Rosa Maria Jiménez y a mi papito Julio Hernán Cordero, quienes siempre han sido mis mejores guías de vida, a mis hermanos Diego, Manuel, Magaly y Richar, a mi sobrina Arleth Catalina, por haber sido mi principal fuente de inspiración, por apoyarme siempre, por darme sus palabras de ánimo cuando el camino se tornaba difícil, convirtiéndose en un motivo para no rendirme y cumplir esta etapa maravillosa de mi vida. Hoy cuando concluyo mis estudios, les dedico a ustedes este trabajo, como una meta más conquistada.

A mis amigos José, Alexandra y Alejo, por darme constantemente palabras de aliento, porque ningún triunfo se siente real si no sufres en el camino, gracias por acompañarme en la lucha, con su paciencia, valentía, amor y por siempre estar a mi lado, a todas las personas que formaron parte de este arduo proceso de aprendizaje, mi sincero agradecimiento.

María Belén Cordero Jiménez

Agradecimiento

Agradecimiento a la Secretaría de Educación Superior, Ciencia y Tecnología e Innovación por ser mi entidad auspiciante en calidad de estudiante, así mismo a la Universidad Nacional de Loja por brindarme la oportunidad de formar mi carrera universitaria, en especial a los docentes de la carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, en especial a la Blga. Aura del Carmen Paucar Cabrera, Ph.D., quien como directora de tesis me guió constantemente en el desarrollo de la tesis, sin usted y sus virtudes, su paciencia y constante trabajo no lo hubiese logrado. Sus directrices fueron siempre una herramienta útil cuando no salían de mi pensamiento las ideas para escribir lo que hoy se ha logrado. Usted formó parte importante de esta historia con sus aportes profesionales que lo caracterizan. Muchas gracias por sus múltiples palabras de aliento, cuando más las necesite; por estar allí cuando mis horas de trabajo se hacían confusas.

Un agradecimiento especial al Ing. Christian Mendoza León Mg. Sc. por ser parte importante en el proceso del desarrollo de mi tesis, gracias por sus orientaciones, al Blgo. Marek David Castel Tapia quien con su ayuda me oriento en la planificación de puntos de muestreo en campo, a Fernando Vaz de Melo, Ph.D., quien aportó con identificación de especímenes, así mismo al Ing. Jorge Loarte, Ing. Bryan Carrión y David Villamagua por ser parte fundamental en la fase de campo, gracias por su paciencia, por compartir sus conocimientos de manera profesional e invaluable, por su dedicación perseverancia y tolerancia.

María Belén Cordero Jiménez.

Índice de Contenidos

Portada	i
Certificación de directora del Trabajo de Titulación	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	xi
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract.....	3
3. Introducción	4
4. Marco Teórico	6
4.1. Los Escarabajos copronecrófagos (Coleoptera: Scarabaeinae).....	6
4.2. Escarabajos copronecrófagos (Coleoptera: Scarabaeinae), su diversidad en Ecuador y estudios destacados.....	7
4.3. Amenazas hacia los escarabajos copronecrófagos.....	8
4.4. Escarabajos y el fuego.....	9
5. Metodología	11
5.5. Área de estudio.....	11
5.6. Muestreo e Identificación de las Especies de Escarabajos Copronecrófagos.....	13
5.7. Cuantificación de la Riqueza y Abundancia de Escarabajos Copronecrófagos en las tres Coberturas Vegetales.....	16
5.8. Comparación de la Diversidad de Escarabajos Copronecrófagos entre las Coberturas Vegetales de Estudio.....	17
5.9. Análisis de datos.....	17
6. Resultados	18

6.1. Cuantificación de la riqueza y abundancia de escarabajos copronecrófagos en las tres coberturas vegetales en la Reserva del Madrigal del Podocarpus.....	18
6.2. Comparación de la composición de escarabajos copronecrófagos entre las coberturas vegetales de estudio	24
7. Discusión.....	25
8. Conclusiones.....	30
9. Recomendaciones.....	30
10. Bibliografía.....	32
11. Anexos.....	40

Índice de Tablas

Tabla 1. Número de individuos por especie colectados en coprotrampas y necrotrampas dentro de las tres coberturas vegetales (incendio forestal, pastizal, bosque natural).	18
Tabla 2. Riqueza observada (S. Obs.) y riqueza estimada con estimadores No paramétricos (Chao 1 y ACE) en las tres áreas de muestreo: área de pastizal (AP), bosque natural, (BN) y área de incendio forestal (IF).	21

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio: A) Reserva Privada Madrigal del Podocarpus; B) Ubicación en referencia a la provincia de Loja; C) Ubicación con referencia al cantón Loja.....	12
Figura 2. Mapa de ubicación de transectos en los tres tipos de vegetación de la zona de estudio de la Reserva Privada Madrigal del Podocarpus.....	14
Figura 3. Modelo de la etiqueta con datos de colecta.	15
Figura 4. Modelo de etiqueta con codificación sobre los transectos y trampas	15
Figura 5. Modelo sobre el número único del LOUNAZ.	15
Figura 6. Número de individuos por especie.....	19
Figura 7. Especies registradas en la Reserva Madrigal del Podocarpus: a) <i>Dichotomius cotopaxi</i> (Guérin-Méneville, 1855); b) <i>Deltochilum morbillosum</i> Burmeister, 1848; c) <i>Homocopris buckleyi</i> (Waterhouse, 1891); d) <i>Onthophagus curvicornis</i> Latreille, 1812; e) <i>Uroxys rugatus</i> Boucomont, 1928; f) <i>Uroxys frankenbergeri</i> Balthasar, 1940; g) <i>Canthidium aurifex</i> Bates, 1887.....	20
Figura 8. Curva de acumulación de especies.....	21
Figura 9. Comparación de la riqueza y abundancia de la comunidad de escarabajos copronecrófagos en tres coberturas vegetales en la Reserva Madrigal del Podocarpus. Líneas sombreadas representan los intervalos de confianza de 95%, en las tres áreas de muestreo: área de pastizal (AP), bosque natural (BN) y área de incendio forestal (IF).....	22
Figura 10. Abundancia por área de muestreo en la Reserva del Madrigal del Podocarpus, pastizal (AP), bosque natural (BN) y área de incendio forestal (IF).....	22

Figura 11. Abundancia de individuos por género en la Reserva del Madrigal del Podocarpus.....	23
Figura 12. Rango-abundancia de especies en las tres coberturas vegetales: pastizal, bosque natural y área de incendio forestal.....	24
Figura 13. Representación 2D del escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), con el uso del índice de Bray-Curtis, para la comparación de riqueza y abundancia de escarabajos copro-necrófagos entre las áreas de coberturas vegetales: IF: incendio forestal, AP: área de pastizal, BN: área de bosque natural.....	25

Índice de Anexos

Anexo 1. Autorización de recolección de especímenes otorgada por el MAATE.....	40
Anexo 2. Muestra de las hojas de registro de especímenes de la subfamilia Scarabaeinae colectados en la Reserva Madrigal del Podocarpus.	41
Anexo 3. Tabla de localización de trampas en la Reserva Madrigal del Podocarpus.....	43
Anexo 4. n = número de individuos observados en la muestra de referencia (tamaño de la muestra); S_{obs} = número de especies observadas en la muestra de referencia; C_{hat} = estimador de la cobertura muestral de la muestra de referencia.	46
Anexo 5. Rango de tamaño (largo y ancho) de los individuos colectados y clasificados por especie de escarabajos copronecrófagos de la Reserva Madrigal del Podocarpus.....	47
Anexo 6. Certificación de traducción del Resumen (Abstract).....	48

1. Título

EFFECTO DE UN INCENDIO FORESTAL SOBRE LA DIVERSIDAD DE ESCARABAJOS
COPRONECRÓFAGOS (COLEOPTERA: SCARABAEINAE) EN LA RESERVA
MADRIGAL DEL PODOCARPUS, LOJA

2. Resumen

La Reserva Madrigal del Podocarpus, en Loja-Ecuador, fue afectada por un incendio forestal en noviembre de 2016, algunos estudios muestran que este incendio tuvo consecuencias negativas tanto en flora como en fauna. En este estudio se investigó la incidencia del incendio forestal sobre la riqueza y abundancia de escarabajos copronecrófagos. La mayor abundancia se presentó en el área de pastizal con 341 individuos, seguida del área de incendio forestal con 114 individuos y el área de bosque natural con 46 individuos, aunque la riqueza de especies es similar entre áreas, el análisis de similitud (ANOSIM) mostró que hay diferencias significativas entre la composición de especies de las comunidades de Scarabaeinae entre áreas de cobertura vegetal, siendo más evidente en bosque natural (BN); ya que en esta se encuentran 5 especies de las cuales *Canthidium aurifex* y *Homocopris buckley* solo se registraron en esta área, marcando una diferencia en la composición de especies entre las áreas. En el área de pastizal la especie *Deltochilum morbillosum* se registró solo en esta área, además se registró la dominancia de especies de escarabajos pequeños, *Canthidium aurifex*, *Onthophagus curvicornis*, *Uroxys frankenbergeri* y *Uroxys rugatus*, en su mayoría consideradas generalistas lo que podría restar eficiencia a las funciones ecológicas mediadas por los escarabajos, como el ciclo de nutrientes y dispersión secundaria de semillas

Palabras clave: copronecrófagos, áreas de cobertura vegetal, riqueza, abundancia, especies generalistas.

2.1. Abstract

Madrigal del Podocarpus private reserve in Loja-Ecuador was affected by a forest fire in November 2016, several studies show that this event had negative consequences on both flora and fauna. This research studied the incidence of forest fires on the richness and abundance of dung beetles. The highest abundance was found in the grassland area with 341 individuals, followed by the forest fire area with 114 individuals and the natural forest area with 46 individuals. Although the species richness is similar between areas, the similarity analysis (ANOSIM) showed that there are significant differences between the species composition of the Scarabaeinae communities between areas of different vegetation cover, being more evident in natural forest (BN); since in this area, there are 5 species of which *Canthidium aurifiex* and *Homocopris buckleyi* were recorded in this area only, marking a difference in the composition of species between the areas. Only in the grassland, the species *Deltochilum morbillosum* was recorded, in addition, there is dominance of small-sized species such as *Onthophagus curvicornis*, *Uroxys frankenbergeri* and *Uroxys rugatus*, mostly considered generalists, which could reduce the efficiency of ecological functions mediated by dung beetles, such as nutrient cycling and secondary seed dispersal.

Keywords: copronecrophages, vegetation cover, richness, abundance, generalist species.

3. Introducción

Los ecosistemas a través del tiempo han sido sometidos a perturbaciones de origen natural y artificial (Fernández et al., 2010), en la actualidad los seres humanos mediante sus actividades diarias producen alteración en los ecosistemas, e influyen de manera negativa en la composición de especies y en los servicios ecológicos que estos proporcionan (Huerta et al., 2013). Los incendios forestales se han convertido en presiones antrópicas que provocan graves impactos sobre la biodiversidad (Pereira et al., 2012), ya que comprometen severamente la resiliencia de los ecosistemas, debido a que modifican la organización y estructura de especies, afectando las dinámicas de sucesión, y alterando las distintas interacciones ecológicas (Fernández et al., 2010).

A nivel mundial, los distintos lugares destinados a la conservación se ven afectados por incendios forestales, los mismos que representan una amenaza significativa sobre la diversidad ecológica (Myers, 2015), uno de los claros ejemplos es la Reserva Privada Madrigal del Podocarpus, la cual es considerada de gran importancia para la conservación de especies, ya que en ella se encuentra gran variedad de flora y fauna, en su mayoría nativa, y pertenece a la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Podocarpus. Esta reserva ha sufrido alteraciones por un incendio forestal causado en el 2016, que provocó cambios en su estructura y composición tanto en flora como en fauna (Aguilar, 2017).

Los incendios pueden causar diferentes efectos negativos sobre la diversidad biológica (Arellano y Castillo, 2014); desde el punto de vista ecológico, son considerados como una perturbación (Rodríguez Vila, 2005), ya que ocasiona la muerte inmediata de individuos de algunas especies, además de ocasionar efectos indirectos como estrés y pérdida de alimentos, hábitat, territorio y cobijo (Boer, 1989). A pesar de todo esto, existen diferentes respuestas al fuego que dependen del tipo de hábitats que existan y las diferentes especies que contengan. Los hábitats pueden restaurarse después de un incendio de diferente manera, ya sea por especies nativas o por medio de la colonización de nuevas especies (Pons, 2001). En el proceso de restauración pueden intervenir organismos como invertebrados, polinizadores y descomponedores, considerados indicadores de la recuperación de un ecosistema (Boer, 1989). Dentro de los descomponedores tenemos a los escarabajos copronecrófagos, de la subfamilia Scarabaeinae, utilizados a nivel mundial en estudios de biodiversidad, conservación y ecología, principalmente porque son de fácil recolección e identificación, estos escarabajos presentan fidelidad ecológica y fragilidad frente a pequeñas perturbaciones, lo que permite relacionar

determinados grupos con hábitats y microhábitats y desarrollar monitoreos a corto plazo por lo que son usados como bioindicadores (Chamorro et al., 2019).

Ecuador es un país megadiverso (Myers et al., 2000), a pesar de ello se han desarrollado escasos estudios sobre temas relacionados a la taxonomía y diversidad de escarabajos copronecrófagos (Chamorro et al., 2019), y la falta de accesibilidad a los pocos datos existentes, dificulta que se lleve a cabo una adecuada conservación, uso sostenible y aprovechamiento de los servicios ecosistémicos brindados por estos escarabajos (Chamorro et al., 2019).

La presente investigación pretende contribuir con información relevante con el cumplimiento del objetivo general que propone evaluar el efecto de un incendio forestal sobre la diversidad de escarabajos copronecrófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) a través del estudio de este grupo de insectos en tres tipos de cobertura vegetal: en un área conservada, en pastizal y en un área en restauración posterior a un incendio forestal, en la Reserva Madrigal del Podocarpus. Para dar cumplimiento a ese objetivo central se cumplieron los siguientes objetivos específicos:

- Cuantificar la riqueza y abundancia de escarabajos copronecrófagos, en las tres áreas estudiadas, y
- Comparar la composición de escarabajos copronecrófagos del área quemada en restauración con los sitios no quemados, para determinar el grado de recuperación.

Este estudio sugiere que la existencia de incendios forestales en la Reserva Madrigal del Podocarpus influye de manera negativa en la riqueza y abundancia de escarabajos con lo que es posible que existan cambios en el funcionamiento del ecosistema, en este estudio el impacto del fuego en la diversidad de escarabajos fue notable, ya que en la parte de incendio forestal la presencia de especies fue menor con respecto a las otras dos áreas estudiadas. Además, en las áreas perturbadas dominan escarabajos peloteros con tamaños pequeños, lo que incide en que exista una menor eficiencia en la remoción del estiércol y en la dispersión secundaria y entierro de las semillas con respecto a la función de escarabajos de mayor tamaño; sin embargo, los escarabajos peloteros de menor tamaño en el pastizal y en el área quemada sí están aportando con servicios ecosistémicos que favorecen la regeneración de suelos.

4. Marco Teórico

4.1. Los Escarabajos copronecrófagos (Coleoptera: Scarabaeinae)

Los escarabajos copronecrófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) cumplen un rol fundamental al aportar al reciclaje de materia orgánica y a la transformación de la misma en nutrientes indispensables para el desarrollo de otras especies, incrementa la diversidad y salud de la vida del suelo (Cruz et al., 2012).

Los escarabajos al reproducirse y hacer sus nidos enterrados en el suelo, aprovechan el excremento de mamíferos como fuente de anidación y de alimentación, aportando a los servicios ecosistémicos de regulación y soporte, limpieza a las pasturas, control biológico de plagas, generación y conservación de suelos y regulación del clima (Martínez et al., 2015).

Tienen importancia económica y agrícola por el papel que juegan en la remoción y reciclaje de excremento de ganado, con ello contribuyen a disminuir la cantidad de emisiones de metano, que es uno de los gases de efecto invernadero (Martínez, et al., 2011).

En las selvas, los suelos son muy pobres en nutrientes y las plantas necesitan nitrógeno para generar biomasa, los escarabajos, por sus hábitos de enterrar excremento, cumplen con este papel fundamental, se ha estimado que algunas especies pueden llegar a fijar el 15% del N_2 de las heces fecales. Este valor significa aproximadamente 9 kg de N_2 por pareja de escarabajos al año, además están relacionados con la dispersión secundaria de semillas (Carvajal, et al., 2011).

La importancia de los escarabajos también radica en su determinante participación dentro de la cadena trófica, constituyendo la base fundamental de la dieta de muchas aves, mamíferos y reptiles, como una excelente fuente proteínica (Carvajal, et al., 2011).

Los escarabajos copronecrófagos son utilizados como indicadores ecológicos del estado de salud de los ecosistemas y permiten medir los impactos ambientales, (Martínez, et al., 2011), gracias a su taxonomía y biología conocida, a que son sensibles a los diferentes cambios que se realicen en el hábitat y a su susceptibilidad ante pequeñas variaciones (Ortega et al., 2020), relacionándolos con estudios de la biodiversidad, conservación y ecología.

4.2. Escarabajos copronecrófagos (Coleoptera: Scarabaeinae), su diversidad en Ecuador y estudios destacados

La clase Insecta a nivel mundial es uno de los grupos con mayor número de individuos con aproximadamente 1 070 781 especies representando más del 80% total de los artrópodos, dentro de la cual se encuentra el orden Coleoptera con aproximadamente 392 415 especies (Zhang, 2013). Dentro de los escarabajos (Coleoptera: Scarabaeinae), se conocen aproximadamente 6.000 especies de esta familia que habitan en el Neotrópico (Villamarín, 2010). En Ecuador dentro de Scarabaeinae, se han registrado 127 taxones (entre géneros y subgéneros), de los cuales 59 taxones pertenecientes a 33 géneros y 220 especies y otros nueve géneros podrían llegar a ser registrados (Chamorro, et al., 2018).

En Ecuador existe poca información en cuanto a escarabajos; Chamorro y colaboradores (2019) realizaron una investigación basada en el inventario de la fauna de escarabajos estercoleros del bosque Protector Oglán Alto, Pastaza, Ecuador. Para hacer el inventario de escarabajos estercoleros, se utilizaron diferentes métodos de recolección, en la cual las trampas pitfall cebadas con excremento humano fueron las más efectivas para llevar a cabo el muestreo, seguidas por las trampas pitfall cebadas con carroña, trampas o redes de intercepción de vuelo y la técnica de recolección manual; recolectando un total de 10 627 individuos pertenecientes a 17 géneros y 65 especies, determinados durante 18 meses de recolección en la que se utilizaron 11 técnicas de muestreo.

En cuanto a estudios de coleópteros de la subfamilia Scarabaeinae en la provincia de Loja durante los meses de agosto del 2010 a abril del 2011, se caracterizó la comunidad de coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en un rango altitudinal entre los 1100 y 1700 m s.n.m., en un matorral seco, ubicado en Alamala, cantón Catamayo, provincia de Loja – Ecuador en la cual se capturaron 7 421 individuos correspondientes a 7 especies, siendo *Canthon (Canthon) sp.1*, la más abundante con 6 221 individuos, en la cual concluye que la baja diversidad de escarabajos coprófagos, en ambientes secos, en la cual las características ambientales heterogéneas que posiblemente limitan el número de especies que allí pueden sobrevivir (Dominguez Gordillo, 2012) .

En cuanto al cantón Loja se desarrolló un estudio de escarabajos peloteros en coberturas vegetales como bosque natural, matorral, páramo antrópico y plantaciones forestales, en el parque Universitario de Educación Ambiental, Recreación “Francisco Vivar Castro” (PUEAR) de la Universidad Nacional de Loja, donde se registraron un total de 390 individuos de la

subfamilia Scarabaeinae en los meses de octubre a diciembre de 2019, clasificados en 6 géneros (*Cryptocanthon*, *Deltochilum*, *Dichotomius*, *Onoreidium*, *Onthophagus* y *Uroxys*) y 9 especies (*Uroxys frankenbergeri* Balthasar, 1940; *Uroxys lojanus* Arrow, 1993; *Cryptocanthon paradoxus* Balthasar, 1942; *Deltochilum tessellatum* Bates, 1870; *Uroxys rugatus* Boucomont, 1928; *Onthophagus curvicornis* Latreille, 1812; *Onoreidium cristatum* (Arrow, 1931); *Dichotomius cotopaxi* (Guérin-Méneville, 1855) y *Uroxys* sp.2 (Armijos, 2020). En el estudio de Armijos (2020) se menciona que las áreas mejor conservadas del PUEAR presentan mayor abundancia y riqueza de escarabajos de la subfamilia Scarabaeinae, ya que cuenta con las condiciones indispensables para que los escarabeinos puedan desarrollarse y reproducirse contando con alto porcentaje de humedad, temperaturas óptimas, hojarasca y suelos no compactados. Lamentablemente el páramo antrópico se diferencia de las otras coberturas vegetales por los incendios, residuos inorgánicos, falta de excretas de mamíferos y otros impactos que han reducido sus recursos, produciendo una disminución en sus comunidades, evidenciándose en la obtención de dos individuos de una sola especie en el sitio de estudio. Con estos resultados Armijos (2020) recomienda continuar con la evaluación de riqueza y abundancia de especies de escarabajos copronecrófagos de la subfamilia Scarabaeinae en otras épocas del año con distinta precipitación, humedad y temperatura, y evaluar la influencia de estas variables en la diversidad de escarabajos.

4.3. Amenazas hacia los escarabajos copronecrófagos

Ecuador se encuentra entre uno de los 17 países megadiversos, lo cual está directamente asociado a los múltiples factores geográficos y ambientales, los mismos que facilitan la existencia de hábitats y microhábitats diferentes para que se lleve a cabo el desarrollo de diferentes especies; la degradación de estos ecosistemas se ve directamente relacionada con la desaparición de especies asociadas a dichos hábitats (Carvajal, et al., 2011). Entre las principales amenazas que atentan contra los escarabajos copronecrófagos, se encuentran: la deforestación que generalmente conduce a la pérdida de hábitats, la expansión de la frontera agrícola y la utilización del fuego principalmente para el establecimiento de monocultivos, lo que trae consigo la utilización de fertilizantes al suelo y la aplicación indiscriminada de pesticidas, quema desordenada, que mata las larvas y reduce las poblaciones, la presión demográfica y la expansión del área urbana que reduce las áreas verdes naturales haciendo que estas especies pierdan su hábitat, el tráfico y comercio ilícito sobre ciertas especies de interés

para coleccionistas, y el desconocimiento del papel biológico que cumplen en el ecosistema (Carvajal et al., 2011).

El uso de la ivermectina en agroecosistemas ganaderos, también puede alterar el funcionamiento de los organismos descomponedores ya que afecta al sistema sensorial y motor de los escarabajos peloteros inutilizándolos para encontrar alimento, limitando su capacidad de movimiento y relación, generando consecuencias directas como disminución del área efectiva de pastoreo, menor reciclaje de nutrientes y aireación, acidificación de los suelos, y naturalmente, disminución de poblaciones de escarabajos que se alimentan del estiércol, con implicaciones directas sobre el control biológico y la diversidad biológica regional (Verdú et al., 2015). Este impacto tiene también consecuencias negativas sobre el clima, si tenemos en cuenta que la emisión de metano aumenta de manera exponencial conforme disminuye la abundancia de los escarabajos peloteros (Verdú et al., 2020).

La disminución de las comunidades de escarabajos peloteros también está relacionada a la disminución de poblaciones de mamíferos cuyo excremento es su recurso alimenticio y reproductivo; es decir, si los taxones funcionalmente importantes están estrechamente vinculados con especies amenazadas de extinción o disminución de la población tendrán efectos negativos, ya que la disponibilidad de alimento se vuelve cada vez más escasa, para adultos y larvas (Nichols et al., 2009).

Sabiendo que la diversidad de escarabajos copronecrófagos responde de forma negativa a la perturbación de sus hábitats, la estructura de las comunidades de copronecrófagos está modulada por tres factores: presencia de cobertura vegetal, disponibilidad de recurso y condiciones del suelo (Cultid et al., 2012). Los mismos que ante la fragmentación y transformación de hábitats por actividades antrópicas, conducen constantemente a la degradación (Ortegaz et al., 2020), y la sustitución de los ecosistemas nativos, afectando a la biodiversidad taxonómica y funcional de los escarabajos y la variedad de respuestas (Gómez, et al, 2017). Las prácticas de manejo adaptadas localmente podrían ser un paso adelante para mejorar la calidad del hábitat para maximizar la diversidad de especies forestales, recuperando las poblaciones de especies tratando de recrear su hábitat y así asegurar el funcionamiento del ecosistema (Barragán et al., 2011).

4.4. Escarabajos y el fuego

Aunque el fuego es una herramienta que con frecuencia se usa para la preparación del suelo para la agricultura y la ganadería, puede provocar incendios forestales de grandes

consecuencias para la fauna y la flora (J. Rangel et al., 2020). Dependiendo del hábitat, la capacidad de resiliencia, las especies, y el daño provocado por los incendios, puede resultar en efectos positivos o negativos en las comunidades de escarabajos copronecrófagos.

Arellano y Castillo, (2014) realizó un estudio sobre el efecto de los incendios forestales no controlados en el ensamble de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en un bosque templado del centro de México, en donde se evaluaron los cambios en el ensamble de escarabajos coprófagos, con respecto a la variación de vegetación y cambio de uso de suelo tras un incendio forestal, en donde los resultados mostraron que los sitios de control tenían datos similares en cuanto a riqueza con respecto a los lugares de borde y quemados; y en cuanto a la abundancia, en los sitios de borde y quemados, fue mayor que en los sitios de control en el primer año de muestreo. Sin embargo, en el segundo año de muestreo se registra una disminución de la abundancia, que pudiera sugerir un efecto del incendio a más largo plazo. Otros autores que han estudiado los efectos de un incendio sobre poblaciones de artrópodos han observado que la riqueza y abundancia de estas poblaciones dependen del taxón, de sus hábitos alimenticios y requerimiento de hábitat. Por ejemplo, Samu y colaboradores (2010) describen que los efectos del fuego fueron positivos para las especies pioneras de Carabidae pero la comunidad muestra una estructura de ensamblaje simplificada en el área quemada; mientras que para las arañas no se muestran cambios y no se pueden mencionar a especies pioneras, simplemente las condiciones que estos artrópodos necesitan son satisfechas por el área aunque haya atravesado por un incendio.

Algunas comunidades de escarabajos peloteros muestran respuestas negativas a los incendios; por ejemplo, Rangel, Martínez y Yonoff (2020) en su estudio titulado Respuesta de los escarabajos coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) a la modificación del hábitat causada por un incendio forestal en la Reserva Bijibana, Atlántico-Colombia, demuestra el efecto negativo que tienen los incendios forestales sobre la riqueza, abundancia, diversidad y biomasa de escarabajos coprófagos. Al igual que el trabajo de Saint y colaboradores (2005), determina que el fuego causa efectos negativos sobre los escarabajos, lo cual puede ocurrir por la perturbación originada por el incendio, reflejados en la disminución de plantas frutales y no frutales, causando la depreciación de las poblaciones de mamíferos que se alimentan de este recurso lo que conlleva a una fuerte disminución de la disponibilidad de alimento (excrementos) para los escarabajos coprófagos, lo que provoca baja riqueza y abundancia de especies de estos insectos (Nichols et al., 2009).

5. Metodología

5.5. Área de estudio

El estudio se realizó en la Reserva Privada Madrigal del Podocarpus que está ubicada a 7 km al sureste de la ciudad de Loja, en las coordenadas UTM 703585 longitud este y 9552357 latitud norte en la Microcuenca San Simón, con una altura que varía de 2250 m s.n.m. a 3310 m s.n.m. con una precipitación anual entre 500 mm a 1200 mm y una temperatura de 12 a 14 °C (Jiménez, 2017) (Figura 1).

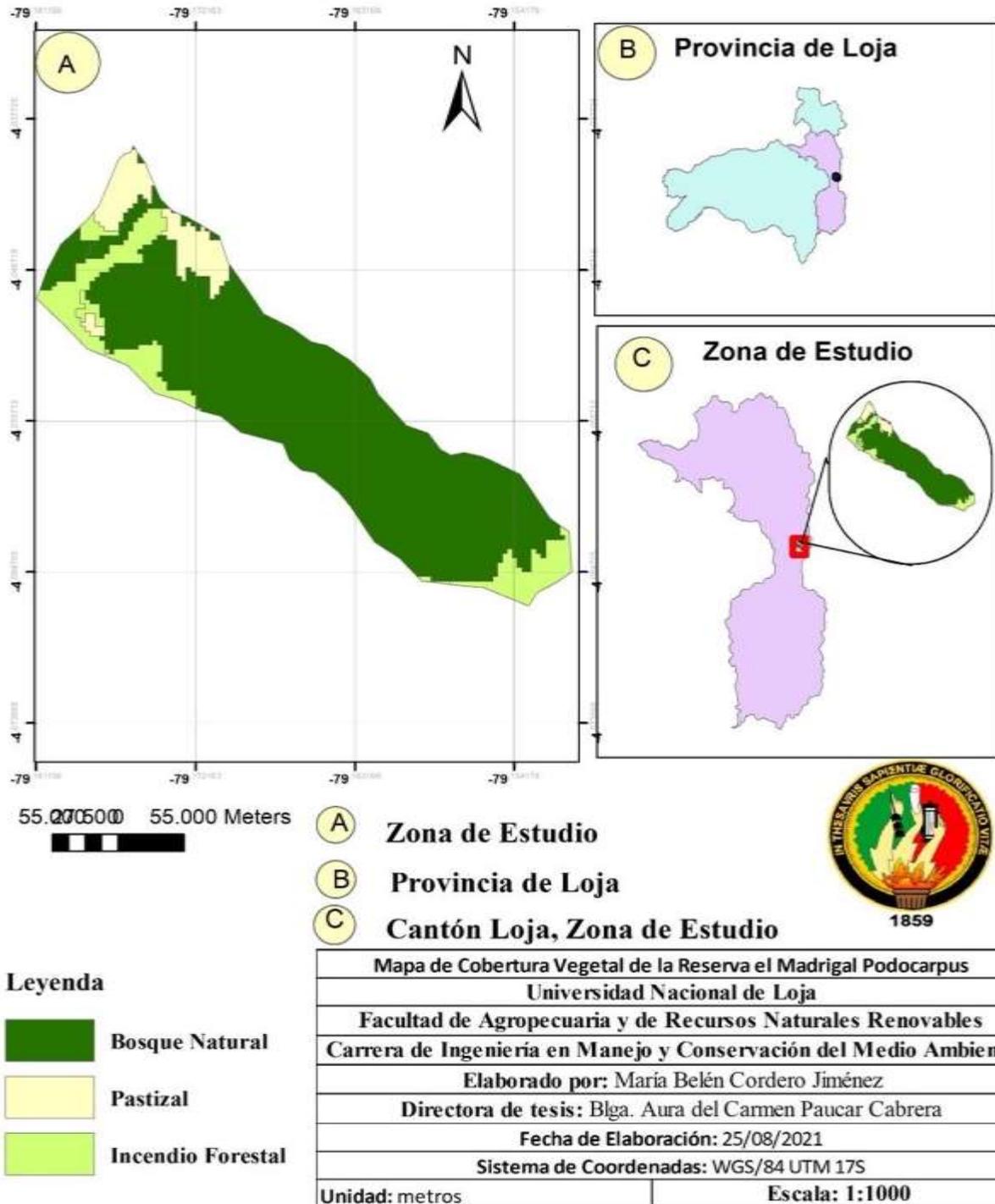


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio: A) Reserva Privada Madrigal del Podocarpus; B) Ubicación en referencia a la provincia de Loja; C) Ubicación con referencia al cantón Loja.

Fuente: Elaboración propia

La reserva Madrigal del Podocarpus es una zona de amortiguamiento del Parque Nacional Podocarpus y es conocida como un laboratorio natural donde se encuentran plantas endémicas en peligro de extinción como la cascarilla (*Cinchona officinalis*) nativa de la provincia de Loja. En fauna, se han identificado especies como el puma (*Puma concolor*

[Linnaeus]), danta de páramo (*Tapirus pinchaque* [Roulin]), zorro (*Vulpes vulpes* [Linnaeus]), lobo de páramos (*Licalopez culpaeus* [Molina]), zarigüeya andina (*Didelphis pernigra* Allen) y oso andino (*Tremarctos ornatus* [Cuvier]) este último que es considerado como una especie paraguas, por lo que este territorio pasa a formar parte importante para la conservación de especies tanto a nivel provincial como nacional (Aguilar, 2017).

5.6. Muestreo e Identificación de las Especies de Escarabajos Copronecrófagos

El estudio se realizó con el permiso de investigación del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) número MAAE-ARSFC-2021-1785 (Anexo 1) y se llevó a cabo en tres tipos de cobertura vegetal:

- Área conservada: áreas con vegetación primaria o estado de sucesión avanzado.
- Área de pastizal: áreas destinadas a la ganadería en donde predominan pastos.
- Área de incendio forestal: área en restauración posterior al incendio del 2016.

Se establecieron al azar 3 transectos lineales por cada cobertura vegetal, con una longitud 250 m cada uno (Figura 2). En cada transecto se colocaron 6 trampas de caída (pitfall) a una distancia 50 m entre trampas, dando como resultado un total de 18 puntos de muestreo por cobertura vegetal y un total de 54 puntos de muestreo en las coberturas vegetales muestreadas (Anexo 2, 3). Cada mes en tres meses, se realizó un muestreo con una duración de 3 días consecutivos correspondientes a 72 horas, con revisiones de trampas cada 24 horas, para constatar que las trampas y cebos se encuentren en buen estado, caso contrario se procedió a cambiar tanto de cebos como trampas (Figura 2).

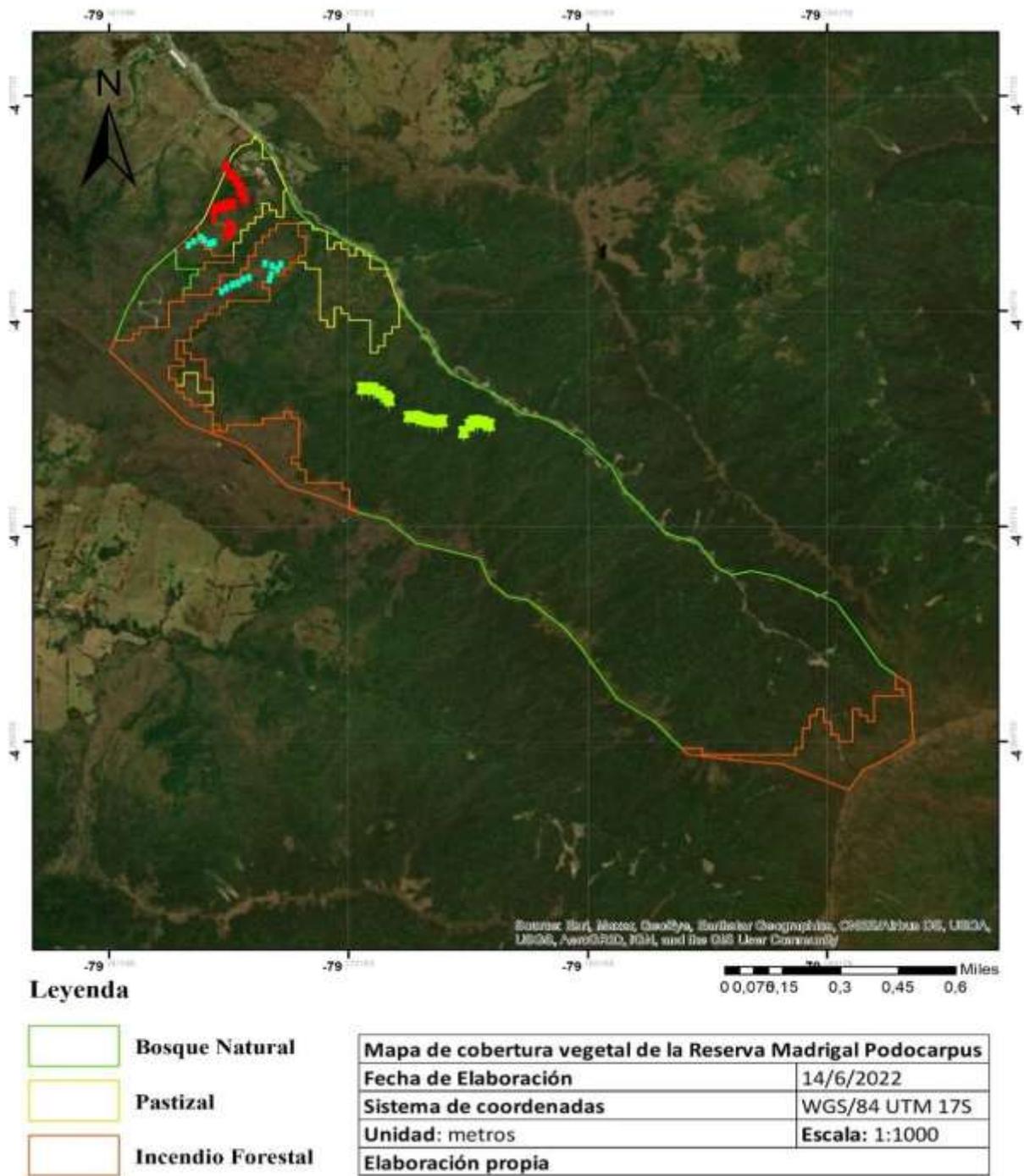


Figura 2. Mapa de ubicación de transectos en los tres tipos de vegetación de la zona de estudio de la Reserva Privada Madrigal del Podocarpus.

Fuente: Elaboración propia.

Para la captura de los escarabajos se utilizaron cebos de excremento humano y carroña de intestinos de pollo recomendados por algunos autores para la colecta de escarabajos copronecrófagos (Chamorro, et al., 2019; Ferrer, et al., 2013; Figueroa, et al., 2011).

Luego de haber capturado los escarabajos en las respectivas trampas, se procedió a la colecta de estos en fundas Ziploc con la respectiva etiqueta (Figura 3), utilizando una por cada trampa, en donde se utilizó alcohol al 70% para la conservación de los especímenes.

El trabajo de montaje e identificación se llevó a cabo en el laboratorio. Para su montaje se utilizaron alfileres entomológicos No. 3 y No. 1, pinchando su élitro derecho, y colocándolos en planchas de espuma Flex debidamente etiquetados (Figura 3). Los especímenes de tamaño más pequeño se colocaron en triángulos de cartulina de algodón pegados en la punta del triángulo por la parte derecha del cuerpo del espécimen. Cada espécimen fue etiquetado y codificado usando los datos de las Figuras 3 y 4; y se le añadió un número único LOUNAZ (Figura 5), tomando en cuenta las siglas de las coberturas vegetales, área de bosque natural (BN), área de pastizal (AP) y área en restauración posterior a un incendio forestal (IF).

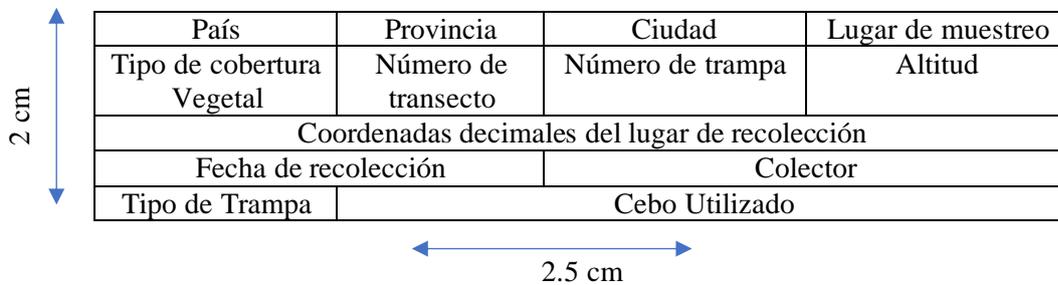


Figura 3. Modelo de la etiqueta con datos de colecta.

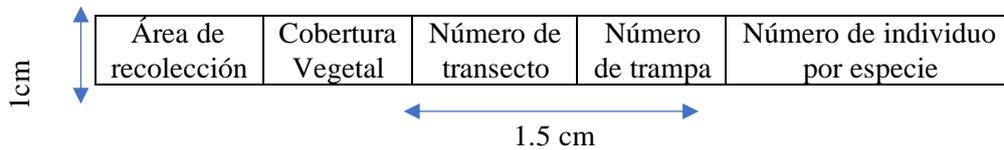


Figura 4. Modelo de etiqueta con codificación sobre los transectos y trampas

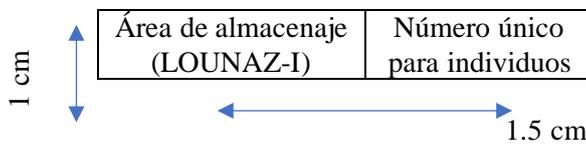


Figura 5. Modelo sobre el número único del LOUNAZ.

Los especímenes se identificaron con la ayuda de la clave para las familias y subfamilias de Scarabaeidae (Genier, 1996; Medina y Lopera, 2000; Ratcliffe y Jameson, 2002; Solís, 2020). Una vez que se identificó la subfamilia, se procedió con la identificación del género y para ello se utilizó la clave de géneros y subgéneros de Chamorro, et al., (2018) y Delgado, et al., (2000). La identificación a nivel de especie se realizó con la ayuda de la Dra. Aura Paucar Cabrera, especialista del Museo de Zoología de la Universidad Nacional de Loja (LOUNAZ) y

el Dr. Fernando Vaz de Melo (Universidad Federal de Mato Grosso, Brasil). Los datos de cada uno de los especímenes se registraron en la hoja de registro (Anexo 2).

Toda la información fue recopilada en una base de datos general (Anexos 2 y 3). Posterior a la identificación y clasificación, los especímenes se depositaron en la colección de invertebrados del Museo de Zoología de la Universidad Nacional de Loja (LOUNAZ).

Además, para caracterizarlos con la ayuda de un calibrador, se midió el tamaño de los individuos de menor y mayor tamaño por especie.

5.7. Cuantificación de la Riqueza y Abundancia de Escarabajos Copronecrófagos en las tres Coberturas Vegetales

La riqueza de especies se calculó con el número total de especies registradas en cada punto de muestreo. Para evaluar la eficiencia de muestreo se construyó una curva de acumulación de especies y se emplearon estimadores no paramétricos como ACE y Chao 1. ACE (Abundance-based Coverage Estimator), es un estimador de cobertura basado en la abundancia que divide las especies encontradas en las muestras en abundantes (R_{abund} : cuando tienen más de k individuos en la muestra), y en raras (R_{rare} : aquellas con k o menos individuos) (Ecuación 1). La estimación del número de especies ausentes, utilizado para corregir el sesgo, se basa en las especies raras, ya que las abundantes serán observadas en toda muestra (Laura, 2006) (Ecuación 1).

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

Donde:

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

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

F^1 = número de especies con i individuos

C_{ACE} = estimador de la cobertura muestral.

2ACE = coeficiente de variación de la abundancia de las especies.

Chao 1 es un estimador basado en la abundancia, que permite comparar la Sobs (riqueza observada) y la Sest (riqueza estimada), y así determinar cuántas especies faltan por registrar en esa comunidad (Mejía, 2017); se basa en especies registradas una vez (singletones) y especies dos veces (doubletones) (Ecuación 2).

$$\text{Chao 1} = S + (a^2/2b) \quad (\text{Ecuación 2}).$$

Siendo:

S: el número de especies en una muestra.

a: es el número de especies representadas sólo por un único individuo en esa muestra (número de singletons).

b: el número de especies representadas por exactamente dos individuos en la muestra (número de doubletons).

Para determinar la abundancia total de cada especie, se sumaron todos los individuos colectados en cada período, por cobertura vegetal.

5.8. Comparación de la Diversidad de Escarabajos Copronecrófagos entre las Coberturas Vegetales de Estudio

Para establecer el grado de similitud de la composición de escarabajos copronecrófagos entre las coberturas se realizó un análisis de agrupamiento jerárquico (Clúster) utilizando el índice de Bray-Curtis (Krebs, 1989), el cual es un conjunto de técnicas multivariantes utilizadas para clasificar a un conjunto de individuos en grupos homogéneos (Ecuación 3):

$$IByC = 1 - [\sum |X_{iA} - X_{iB}| / \sum (X_{iA} + X_{iB})] \quad (\text{Ecuación 3}).$$

Dónde:

IByC: similitud por el método de Bray Curtis.

X_{iA} = abundancia de la especie *i* en el sitio "A".

X_{iB} = abundancia de la especie *i* en el sitio "B".

5.9. Análisis de datos

Los análisis de riqueza, abundancia y diversidad de especies, se realizaron empleando el paquete BiodiversityR del software R versión 3.5.1. (R Core Team, 2021). Así mismo, la eficiencia de muestreo se determinó a través de una curva de acumulación de especies y a través de iNEXT (Chao et al., 2016) para establecer la eficiencia de muestreo por cobertura.

Para comparar la riqueza entre sitios obteniendo la cobertura de muestreo (Chao y Jost 2012), se realizó el análisis de la rarefacción por cobertura de la muestra, utilizando el programa iNEXT (Chao et al., 2016). Los análisis se realizaron con 100 aleatorizaciones y extrapolando al doble del número de individuos de la comunidad con la menor cobertura de muestra, bosque natural en este estudio (Chao et al., 2016).

Para evaluar las diferencias significativas en la composición de especies entre las áreas de coberturas vegetales del estudio, se realizó un análisis de similitud (ANOSIM), en el que se utilizó la matriz de datos de abundancia con permutaciones 999, utilizando como distancia el índice de disimilitud de Bray Curtis, el mismo que fue obtenido a través del software R versión

3.5.1. (R Core Team, 2021) usado en el paso previo. El rango del estadístico “R” fluctúa del 0 al 1, en donde si el resultado es más cercano a 1, mayor diferencia habrá entre los grupos formados y mientras más cercano a 0 sea los grupos definidos presentarán mayor semejanza. Para el desarrollo del ANOSIM se utilizó el paquete Vegan (Oksanen et al., 2019) del software R versión 3.5.1. (R Core Team, 2021).

6. Resultados

6.1. Cuantificación de la riqueza y abundancia de escarabajos copronecrófagos en las tres coberturas vegetales en la Reserva del Madrigal del Podocarpus

Entre noviembre 2021 y enero 2022 en la Reserva Privada Madrigal del Podocarpus, se registraron 501 individuos, agrupados en 6 géneros y 7 especies de escarabajos copronecrófagos. Se colectaron 478 individuos, donde la mayoría fueron capturados en coprotrampas (excremento humano). Del total, 321 individuos estuvieron en el área de pastizal, seguido del área de incendio forestal con 111 individuos mientras que el bosque natural presentó 46 individuos. Por otro lado, en las necrotrampas (carroña) se colectaron 20 individuos en pastizal, 3 individuos en el área del incendio forestal y en el bosque natural no se obtuvieron registros con este tipo de cebo (Tabla1).

Tabla 1. Número de individuos por especie colectados en coprotrampas y necrotrampas dentro de las tres coberturas vegetales (incendio forestal, pastizal, bosque natural).

Tipo de Cobertura Vegetal	Incendio forestal		Pastizal		Bosque natural		Total de individuos por especie
	Necrotrampas	Coprotrampas	Necrotrampas	Coprotrampas	Necrotrampas	Coprotrampas	
Especie							
<i>Canthidium aurifex</i>	0	0	0	0	0	16	16
<i>Deltochilum morbillosum</i>	0	0	1	1	0	0	2
<i>Dichotomius cotopaxi</i>	0	2	2	12	0	4	20
<i>Homocopris buckleyi</i>	0	0	0	0	0	19	19
<i>Onthophagus curvicornis</i>	3	94	14	295	0	1	407
<i>Uroxys rugatus</i>	0	11	3	10	0	6	30
<i>Uroxys frankenbergeri</i>	0	4	0	3	0	0	7
Total de individuos	3	111	20	321	0	46	501

Fuente: Elaboración propia

Se registraron 6 géneros de escarabajos copronecrófagos, (*Canthidium*, *Deltochilum*, *Dichotomius*, *Homocopris*, *Onthophagus* y *Uroxys*); las especies de los géneros *Canthidium* y

Homocopris solo se registraron en el área de bosque natural; así como los individuos del género *Deltochilum* que solo se registraron en el área de pastizal.

La especie con mayor cantidad de individuos fue *Onthophagus curvicornis* Latreille 1812, con 407 individuos, seguida por *Uroxys rugatus* Boucomont, 1928 (30 individuos); *Dichotomius cotopaxi* (Guérin-Méneville, 1855) (20 individuos); *Homocopris buckleyi* (Waterhouse, 1891) (19 individuos); *Canthidium aurifex* Bates, 1887 (16 individuos); *Uroxys frankenbergeri* Balthasar, 1940 (7 individuos); y *Deltochilum morbillosum* Burmeister, 1848 (2 individuos). *Uroxys* es el único género en el muestreo que presenta dos especies, en los demás por cada género se encontró una sola especie (Figura 6-7, Tabla 1).

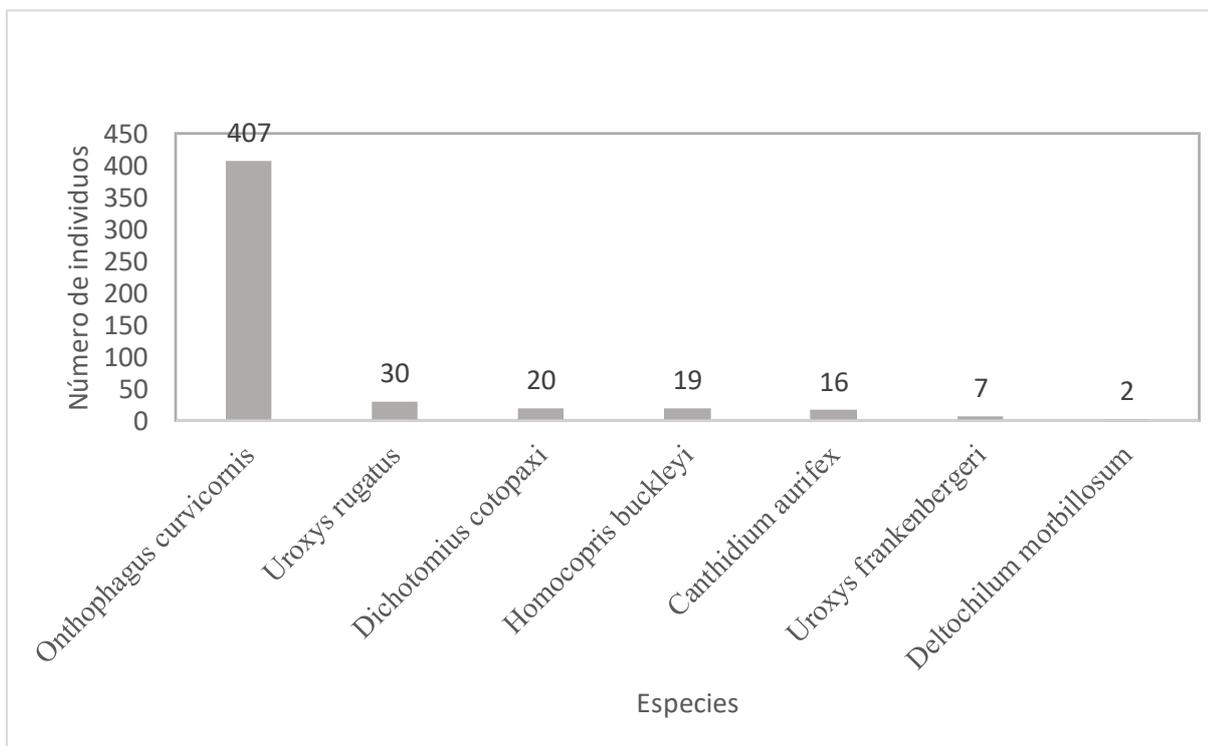


Figura 6. Número de individuos por especie

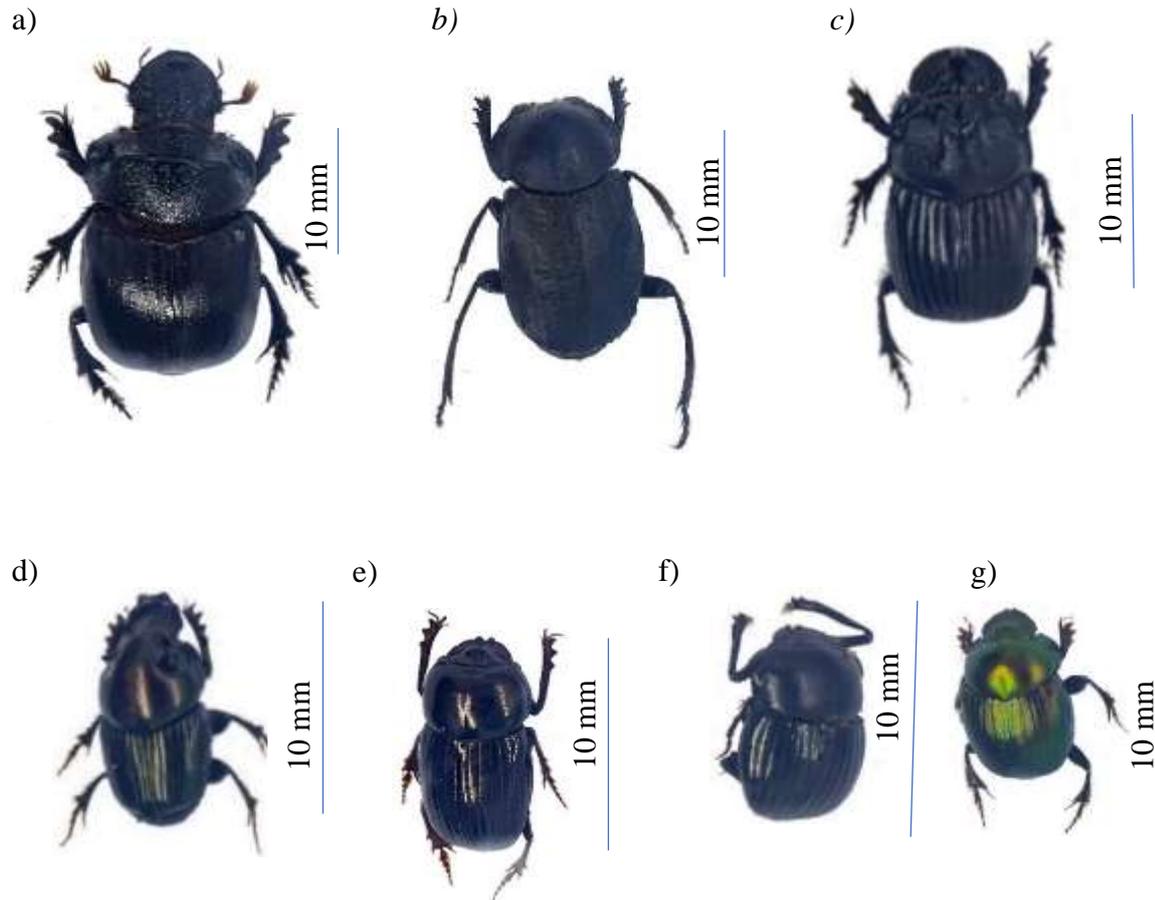


Figura 7. Especies registradas en la Reserva Madrigal del Podocarpus: a) *Dichotomius cotopaxi* (Guérin-Méneville, 1855); b) *Deltochilum morbillosum* Burmeister, 1848; c) *Homocopris buckleyi* (Waterhouse, 1891); d) *Onthophagus curvicornis* Latreille, 1812; e) *Uroxys rugatus* Boucomont, 1928; f) *Uroxys frankenbergeri* Balthasar, 1940; g) *Canthidium aurifex* Bates, 1887.

El muestreo fue eficiente para toda el área, ya que la curva de acumulación de especies alcanza la asíntota, ya que el número de especies registradas en cada unidad de muestreo (trampas) en las tres coberturas aumenta conforme aumenta el trabajo de muestreo en campo, hasta un máximo donde se hipotetiza que ya se han registrado todas las especies (asíntota). (Figura 8).

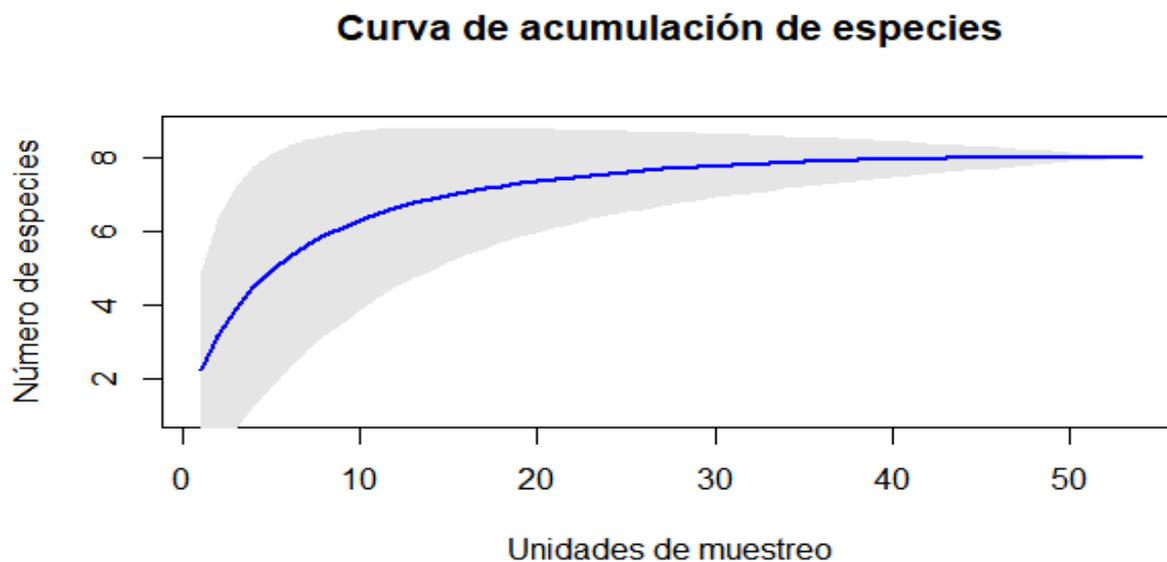


Figura 8. Curva de acumulación de especies.

La riqueza esperada y la riqueza observada, por cobertura vegetal, no presentan diferencias entre éstas y las pruebas ACE y Chao1 (Tabla 2) muestran valores similares entre sí, por lo cual el muestreo fue eficiente, teniendo una riqueza en el área de bosque natural (BN) de 5 especies, al igual que en el área de pastizal y con un ligero decremento en el área del incendio forestal con 4 especies.

Tabla 2. Riqueza observada (S. Obs.) y riqueza estimada con estimadores No paramétricos (Chao 1 y ACE) en las tres áreas de muestreo: área de pastizal (AP), bosque natural, (BN) y área de incendio forestal (IF).

Áreas de muestreo	S. Obs	S. Chao1	S. ACE
AP	5	5	5
BN	5	5	5,586
IF	4	4	4

Fuente. Elaboración propia.

En la Figura 9 se observa que la comunidad de escarabajos copronecrófagos fue homogénea, estandarizándola a una cobertura de la muestra de 75 individuos. Para lo cual en el área de bosque natural que se contaba con 46 individuos, se realizó una extrapolación la misma que está representada por las líneas entrecortadas. Allí no se observan diferencias significativas en la riqueza de especies en las diferentes coberturas vegetales. En el área de incendio forestal y en el área de pastizal se estima que, aunque se siga muestreando, no existe probabilidades de

registrar más especies, mientras que en bosque natural hay una probabilidad de 0,0217 (Anexo 4) de registrar más especies.

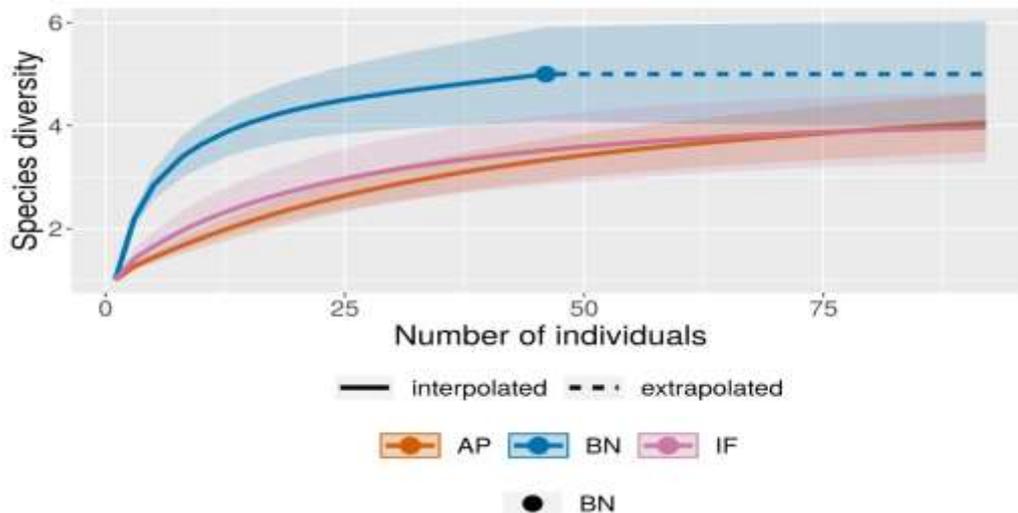


Figura 9. Comparación de la riqueza y abundancia de la comunidad de escarabajos copronecrófagos en tres coberturas vegetales en la Reserva Madrigal del Podocarpus. Líneas sombreadas representan los intervalos de confianza de 95%, en las tres áreas de muestreo: área de pastizal (AP), bosque natural (BN) y área de incendio forestal (IF).

La mayor abundancia se registró en el pastizal con 341 individuos, mientras que en el área de incendio forestal se registraron 114 individuos, y una menor abundancia ocurrió en el bosque natural, con 46 individuos (Figura 10).

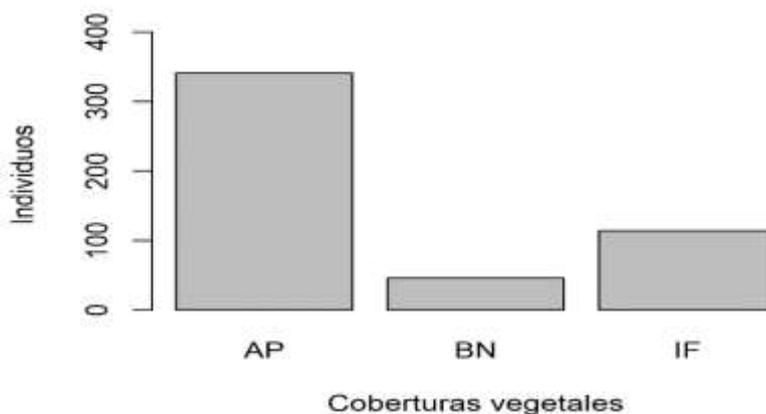


Figura 10. Abundancia por área de muestreo en la Reserva del Madrigal del Podocarpus, pastizal (AP), bosque natural (BN) y área de incendio forestal (IF).

Tras el análisis de abundancia por género se determinó que la mayor cantidad de individuos se encuentran en el género *Onthophagus* que representa el 81,2% de individuos, el género *Uroxys* 7,4%, el género *Dichotomius* 4%, el género *Homocopris* 3,8%, el género

Canthidium 3,2% y con una menor abundancia está el género *Deltochilum* con 0,4% del total de individuos (Figura 11).

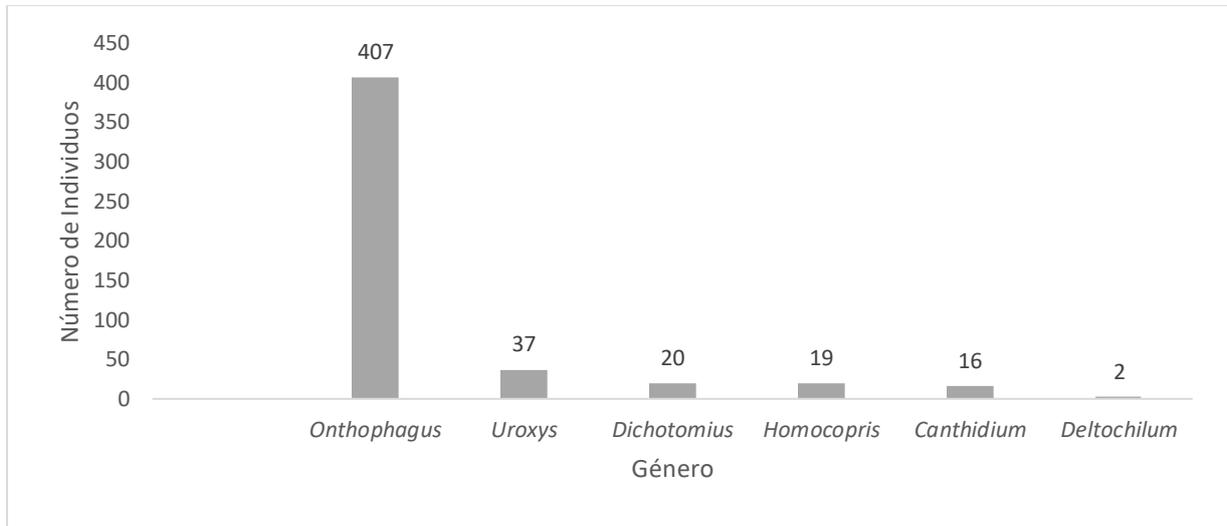


Figura 11. Abundancia de individuos por género en la Reserva del Madrigal del Podocarpus.

Las figuras de rango-abundancia muestran que *Onthophagus curvicornis* con 309 individuos presentó la mayor dominancia en el pastizal (90,6 %). Así mismo, en el área del incendio forestal *Onthophagus curvicornis* con 97 individuos presentó una dominancia del 85,1 %, mientras que en el bosque natural, *Canthidium aurifex* y *Homocoprís buckleyi* con 19 y 16

individuos, respectivamente fueron las más dominantes, lo que representa el 41,3 % y 34,8 %, respectivamente, del total de individuos registrados en esta cobertura (Figura. 12).

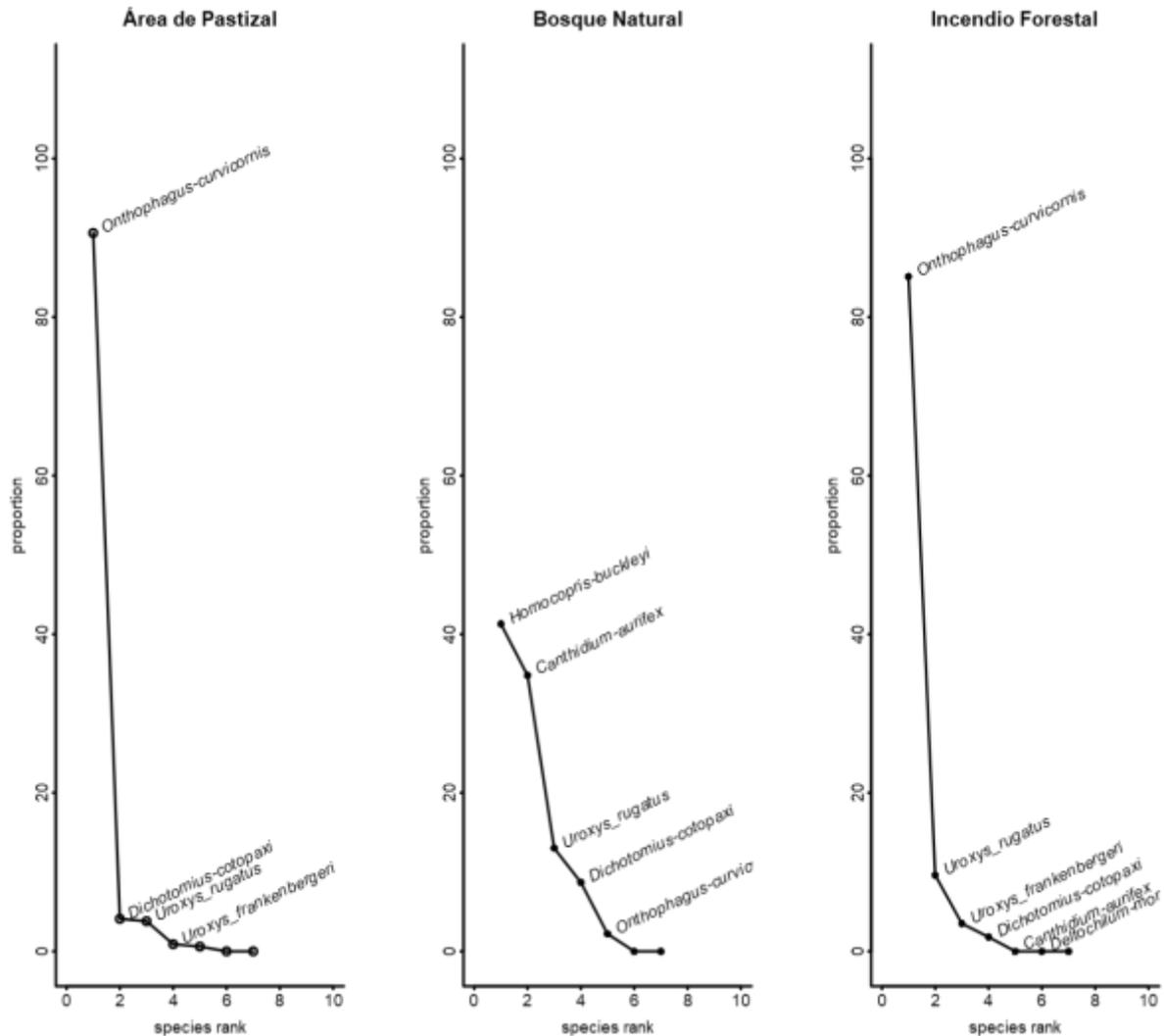


Figura 12. Rango-abundancia de especies en las tres coberturas vegetales: pastizal, bosque natural y área de incendio forestal.

6.2. Comparación de la composición de escarabajos copronecrófagos entre las coberturas vegetales de estudio

El área de incendio forestal (IF) y el pastizal (AP) presentan mayor semejanza en composición y estructura comunitaria, mientras que el bosque natural (BN) tiene menor similitud con respecto a las otras dos coberturas vegetales (Figura 13).

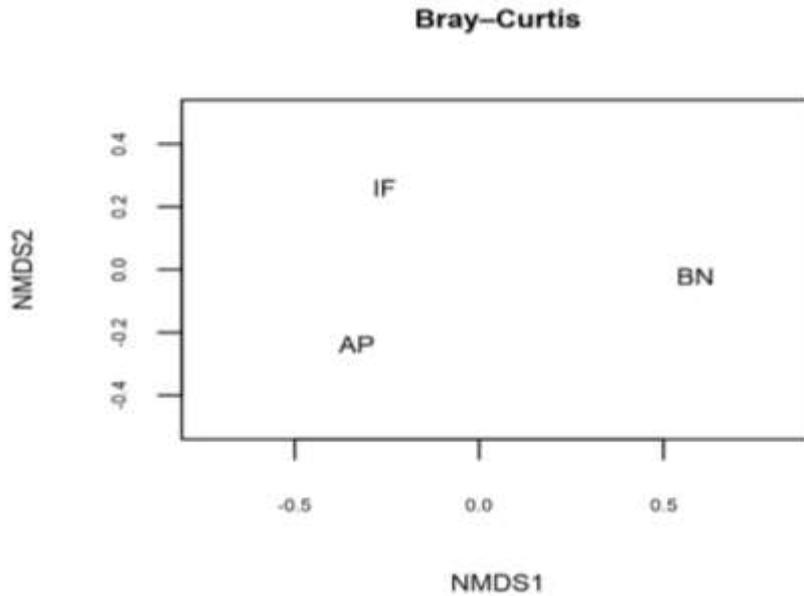


Figura 13. Representación 2D del escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), con el uso del índice de Bray-Curtis, para la comparación de riqueza y abundancia de escarabajos copro-necrófagos entre las áreas de coberturas vegetales: IF: incendio forestal, AP: área de pastizal, BN: área de bosque natural.

El análisis de similitud (ANOSIM) mostró que hay diferencias significativas en la composición de las comunidades de Scarabaeinae en las tres coberturas vegetales en la Reserva del Madrigal Podocarpus (estadístico $R= 0.3014$, $p=0,0001$), siendo más evidente en el bosque natural (BN).

7. Discusión

Se conoce que la respuesta ante incendios forestales depende del tipo de ecosistema, de su resiliencia, así como de la frecuencia y la severidad del incendio (Lindenmayer et al., 2009). Al evaluar la distribución de la riqueza y abundancia de escarabajos copronecrófagos, en zonas afectadas en suelo, flora y fauna por un incendio forestal, en la Reserva el Madrigal del Podocarpus, se sostiene que el incendio pudo haber tenido incidencia sobre la comunidad de escarabajos copronecrófagos, considerando que ya han transcurrido 6 años desde aquel evento, y desde entonces pudo haberse recuperado. Por ello se observó que la riqueza de especies en el área del incendio forestal en la actualidad no difiriere con respecto al área conservada ni al área de pastizal; los valores de riqueza fueron semejantes entre las tres coberturas vegetales. Tampoco se esperaba el registro de mayor número de especies, puesto que para las tres áreas la riqueza esperada fue similar a la riqueza observada. Esto se relaciona con la investigación de Arellano y Castillo (2014) donde la riqueza de especies fue similar, cabe mencionar que este estudio se lo realizó en un bosque templado en el centro de México y los muestreos en este

estudio se ejecutaron después de dos meses de recuperación del lugar durante un período de un año. En cambio, Rangel et al., (2020) muestra los resultados de su estudio realizado dos años después de un incendio forestal, donde registró una menor riqueza, abundancia, diversidad y biomasa de escarabajos coprófagos en las áreas afectadas por el incendio forestal con respecto al área de bosque.

Sin embargo, aunque la riqueza de especies es similar entre áreas de la presente investigación, el análisis de similitud (ANOSIM) mostró que hay diferencias significativas entre la composición de especies de las comunidades de Scarabaeinae entre los tres tipos de cobertura vegetal, siendo más evidente en el bosque natural (BN); ya que en éste se encuentran 5 especies de las cuales *Canthidium aurifex* y *Homocopris buckley* solo se registraron en esta área. Estas especies son consideradas exclusivas del bosque natural, según Concha et al., (2010) y Villamarín (2010), marcando una diferencia en la composición de especies entre las áreas. *Deltochilum morbillosum* se registró solo en el pastizal, mientras que en el área del incendio todas las especies registradas se encontraron tanto en pastizal como en bosque natural, donde la mayor similitud se presentó entre el pastizal y el área del incendio forestal, ya que comparten especies como *Uroxys frankenbergeri*, que no se encuentra registrada en el bosque natural, mientras que especies como *Dichotomius cotopaxi*, *Onthophagus curvicornis* y *Uroxys frankenbergeri*, fueron registradas en las tres áreas.

En contraste, la abundancia en el área del incendio forestal y en el pastizal fue superior a la del bosque natural. Otros autores también han observado que el número de individuos puede incrementar después de un incendio forestal (Arellano y Castillo, 2014; Armúa de Reyes et al., 2004; 2014; Dress et al., 2004; Lussenhop, 1976; Quintero et al., 2009), y consideran que esto se atribuye a que el incendio genera un escenario de sucesión ecológica donde las especies se apropian del recurso a intervalos diferentes de tiempo lo que implica un reacomodo de las diferentes cadenas tróficas presentes. Un ejemplo de esta sucesión de especies es la presencia de *Puya parviflora* L.B.Sm, en la Reserva Madrigal del Podocarpus, misma que después del incendio forestal del 2016, aparentemente se vio favorecida, pues el terreno sometido al fuego estimuló su rebrote. Como antecedente se conoce que esta especie es consumida por el oso andino (*Tremarctos ornatus*) como importante fuente alimenticia, y luego de este rebrote de puyas en el área quemada se ha evidenciado alta actividad de este mamífero en esta zona (Castillo, 2017). Con base en ello se presume que la presencia de escarabajos copronecrófagos podría estar relacionada con la presencia del oso andino en el área quemada, ya que estos

escarabajos peloteros utilizan el excremento de mamíferos como fuente de alimentación y reproducción.

Onthophagus curvicornis es la especie con mayor abundancia de escarabeinos en zonas de pastizal e incendio forestal de la presente investigación, especie que tiene hábitos generalistas, lo que les permite usar una amplia gama de recursos, y son menos sensibles al estrés por disturbios y al efecto de la cobertura, por ello pueden adaptarse y desarrollarse en ambientes perturbados (Noriega et al., 2012). Así mismo Argón y colaboradores (2011), aseguran que esta especie es indicadora de lugares abiertos con poca, escasa o nula cubierta forestal, lo que corroboraría los datos obtenidos en el presente estudio, ya que los dos lugares donde se observó mayor abundancia de éstos son lugares perturbados; por lo que, se podría decir que la abundancia para esa especie generalista fue influida de manera positiva tras el incendio forestal. Además, en el pastizal su presencia puede estar asociada al ganado vacuno que se encuentra pastando dentro de ésta, lo que incrementa la disponibilidad de la fuente de alimento a través de su excremento permitiéndoles desarrollar sus funciones biológicas.

Canthidium aurifex, una especie exclusiva del bosque natural, pudiera ser considerada en estudios posteriores para evaluar su posible uso como especie bioindicadora de vegetación conservada. Concha y colaboradores (2010) y Villamarín (2010), en sus estudios consideran esta especie como bioindicadora de condiciones boscosas. Además, está relacionada con la presencia de mamíferos grandes (Vaca, 2016). En el caso de la Reserva Madrigal del Podocarpus se podría relacionar con la presencia del león de montaña (*Puma concolor* [Linnaeus]), danta de páramo (*Tapirus pinchaque* [Roulin]), oso andino (*Tremarctos ornatus* [Cuvier]), zorro (*Vulpes vulpes* [Linnaeus]), lobo de páramos (*Licalopez culpaeus* [Molina]) y zarigüeya andina (*Didelphis pernigra* Allen) (Jiménez, 2017).

En cuanto al género *Homocopris* aunque solo se encontró en áreas de bosque natural, es considerado como característico de potreros pero también tiene la capacidad de penetrar en bosques (Casas et al., 2021). Granda (2015) en el estudio que realizó en Cajanuma (Parque Nacional Podocarpus), registró la mayor abundancia de individuos de escarabajos de este género en el área de bosque intervenido, así mismo esta autora menciona que esta especie se encuentra mayormente en altitudes bajas, contrario a lo que sucedió en el presente trabajo ya que solo se encontró en el área de bosque natural el cual está a una altitud elevada (2469 m s.n.m.).

En el género *Uroxys*, las especies han logrado una especiación principalmente en las regiones altoandinas, llegando incluso a adentrarse en zonas de páramo (Escobar, 2000;

Espinoza y Noriega, 2018); en la presente investigación se encontraron dos especies: *Uroxys rugatus*, registrado en las tres coberturas vegetales y *Uroxys frankenbergeri* reportado solo en el área del incendio forestal y pastizal.

Un individuo de *Uroxys rugatus*, según Saavedra y colaboradores (2017), fue colectado por primera vez en octubre de 1905, por el Dr. Friedrich Ohaus, entomólogo alemán, en la localidad del Villonaco (provincia de Loja-Ecuador), y luego él mismo realizó un registro en los bosques de Ramos y Chin Chin, ubicados en la zona de frontera (provincia de Ayabaca – Perú, y provincia de Loja – Ecuador), por lo que se duda de los primeros registros hechos por Ohaus, mencionando que es probable que todos los especímenes hayan sido colectados en territorio peruano, y que ese primer territorio fue asumido como ecuatoriano, basándose en que no se había vuelto a coleccionar en Ecuador. Sin embargo, Armijos (2020), realizó el registro de *Uroxys rugatus*, en Ecuador, en la provincia de Loja, específicamente en el PUEAR. En este mismo orden de ideas, en esta investigación en la Reserva Madrigal Podocarpus se registraron individuos de esta especie, por lo que se asumiría que los registros antes realizados pertenecerían a Ecuador y fueron debidamente documentados por Ohaus.

Uroxys frankenbergeri fue registrada tanto en el área del incendio forestal como en el pastizal, lo que puede estar asociado a la adaptación a fuentes nutricionales o incluso ganar el alimento a otras especies por competencia (Correa et al., 2020).

Argón et al. (2011) menciona que los individuos del género *Deltochilum*, son conocidos como indicadores de ambientes no perturbados, con hábitos umbrófilos y González et al. (2009) hace referencia a que su dependencia directa del excremento y carroña de grandes mamíferos los hace vulnerables a la transformación de hábitats. En el presente estudio, los dos individuos de este género se registraron únicamente en el área de pastizal. Pero según lo aseverado por Quintero y Halffter (2009) cuando se capturan dos o tres individuos solamente, se tratarían de capturas accidentales o tratarse de especímenes turistas y puede ser evidencia de la facilidad con que algunos escarabeinos trascienden las barreras físicas impuestas por la fragmentación, colonizando nuevas fuentes de recursos alimenticios. Rangel y coautores (2012) mencionan que esto podría deberse a que los cebos tanto de excremento humano como de carroña presentan sustancias volátiles con un mayor tiempo de difusión y acción; los cuales pueden atraer a un mayor número de especies.

El género *Dichotomius* estuvo presente en las tres áreas estudiadas y tiene una mayor abundancia en el pastizal, lo que podría relacionarse con la disponibilidad de alimento, ya que en este lugar se encuentra ganado vacuno. Rangel et al. (2020) afirma este hallazgo

mencionando que este género es considerado ecológicamente generalista, de actividad diurna y nocturna. Sus especies corresponden al grupo funcional de los tuneleros, cuyos adultos hacen agujeros en el suelo, debajo o cerca de una fuente de alimento, que puede ser estiércol, carroña, hongos o frutas en descomposición (Sarmiento y Amat, 2009).

El análisis de la composición de la comunidad de escarabajos copronecrófagos muestran que el área de incendio forestal es diferente al área de bosque, lo que indicaría el efecto de la perturbación del fuego. En esta área se encontró un número de especies menor al pastizal y bosque natural, además, las especies de escarabajos colectados muestran una variación en cuanto a tamaño en relación al estado de conservación de la cobertura vegetal, registrándose dos especies de tamaño grande en el área conservada, dos en el área de pastizal y una en la zona de incendio forestal. Entre las especies de mayor tamaño se encuentra *Homocopris buckleyi*, *Deltochilum morbillosum* y *Dichotomius cotopaxi*, de las cuales *Homocopris buckleyi* se encontró solo en el área de bosque natural. En el área de pastizal se registraron dos individuos de *Deltochilum morbillosum*, considerada como indicadora de áreas boscosas por lo que en este estudio se podría considerar como una especie turista en el área de pastizal (Quintero y Halffter, 2009). En cuanto a *Dichotomius cotopaxi*, ocurrió en las tres áreas de estudio con una mayor abundancia en el área de pastizal lo que estaría relacionado con la disponibilidad de alimentos (Cancino et al., 2014). En las zonas de incendio forestal se reportaron dos individuos de *Dichotomius cotopaxi*. Según los meses en que se realizó el muestreo, existe una dominancia de escarabajos de tamaño pequeño especialmente de *Onthophagus curvicornis* (Anexo 5).

Esta investigación sugiere que los incendios forestales en la Reserva Madrigal del Podocarpus representan una seria amenaza para la composición de las especies que conforman la biodiversidad local y la integridad del hábitat. La dominancia de escarabajos copronecrófagos de cuerpo pequeño puede estar influyendo en los servicios ecosistémicos que estas áreas ofertan, ya que son menos eficientes con respecto a los escarabajos copronecrófagos de tamaño grande (Larsen et al., 2008). Andrade et al. (2014) y Larsen et al. (2008), explican que la presencia reducida de especies de escarabajos copronecrófagos con mayor tamaño impactan de manera negativa los procesos de regeneración vegetal, ya que a los escarabajos de mayor tamaño corporal se les atribuye una mayor eficiencia para llevar a cabo funciones en los ecosistemas, como la eliminación de estiércol, la dispersión secundaria y el entierro de semillas que se encuentran en las heces de los vertebrados frugívoros (Anexo 5).

Los datos obtenidos en la presente investigación permitieron obtener información sobre algunas especies de la subfamilia Scarabaeinae en la Reserva Madrigal Podocarpus y la relación

con incendios forestales. Los resultados sugieren que la composición de especies se ve afectada por actividades antrópicas como el manejo de pastizales, la quema no controlada que luego puede convertirse en un incendio forestal y afectar reservas naturales que son de suma importancia tanto a nivel local como nacional concordando con Concha y coautores (2010) y Villamarín (2010). Por ello, es importante enfocarse en la protección de estas áreas naturales y brindar educación ambiental y alternativas de manejo sostenible de pastizales en áreas circundantes a las reservas.

8. Conclusiones

A raíz del incendio forestal en la Reserva Madrigal del Podocarpus suscitado en el 2016, las comunidades de escarabajos copronecrófagos han cambiado, mostrando que hay diferencias significativas en cuanto a la composición de dichas comunidades, siendo el área quemada más similar en su composición de especies a las zonas de pastizales y éstas dos diferentes a las zonas de bosque natural; aunque la riqueza de especies en la Reserva Madrigal del Podocarpus es similar entre las tres áreas.

9. Recomendaciones

Continuar con las investigaciones de los escarabajos de la subfamilia Scarabaeinae, ya que este registro puede ser una herramienta útil para monitorizar la recuperación de sus bosques.

Fortalecer los programas que forman taxónomos y apoyar institucionalmente a la taxonomía especialmente de países altamente diversos y hacer alianzas con instituciones de investigación que faciliten las labores de identificación de las especies, ya que la identificación fue complicada debido a que no existen claves para la identificación de especies de escarabajos copronecrófagos del Ecuador o los géneros aún no tienen revisiones taxonómicas que incluya todas las especies, aunque se contó con la colaboración de expertos en la fase de reconocimiento taxonómico del laboratorio donde se depositaron los especímenes.

Seguir con las investigaciones de los escarabajos copronecrófagos dentro de la Reserva el Madrigal del Podocarpus en meses de verano para comparar la variación de la riqueza y abundancia que puede existir en distintas épocas del año, ya que el presente trabajo englobó meses de invierno.

Promover investigaciones post-fuego que abarquen mayores escalas temporales y espaciales para caracterizar de forma más precisa la dinámica del fuego y sus impactos negativos o positivos sobre los escarabajos y el ecosistema, considerando la dinámica de los ecosistemas y los múltiples factores que inciden en ella.

Evaluar otros factores que puedan estar asociados a la presencia de especies en hábitats específicos, como pueden ser las estaciones climáticas, tipo de cobertura, tipo de alimentación, etc.

Realizar un monitoreo más intenso en bosque natural para corroborar si la presencia de *Onthophagus curvicornis* está relacionada con el tipo de cebo o el tipo de vegetación dado que fue la especie más abundante y registrada en las tres áreas, misma que siendo generalista es probable que se haya adaptado en los tres hábitats. En el área de pastizal posiblemente se deba a que existe disponibilidad de alimento (excremento) por presencia de ganado vacuno y en el área de incendio forestal y bosque natural por posible presencia de mamíferos.

Hacer estudios de las necesidades bióticas y abióticas que tienen las especies de escarabajos copronecrófagos registradas en este estudio, las cuales tienen la capacidad de tunelar el suelo y enterrar el excremento, lo que permite obtener servicios ecosistémicos de turbación, aireación y fertilización del suelo lo que puede ayudar a regenerar suelos de manera más rápida y eficiente, como medida de regeneración enfocada en la protección de estas áreas con el manejo de estas especies, como potencial bioindicador y regenerador en el área quemada.

10. Bibliografía

- Aguilar, D. (2017). Oso de anteojos: entre el peligro y la supervivencia en el sur de Ecuador. *Mongabay Latam*, 6. <https://es.mongabay.com/2017/02/oso-anteojos-peligro-la-supervivencia-sur-ecuador/>
- Andrade, R. B., Barlow, J., Louzada, J., Vaz-de-Mello, F. Z., Silveira, J. M., y Cochrane, M. A. (2014). Tropical forest fires and biodiversity: dung beetle community and biomass responses in a northern Brazilian Amazon forest. *Journal of Insect Conservation*, 18(6), 1097–1104. <https://doi.org/10.1007/s10841-014-9719-4>
- Arellano, L., y Castillo, C. (2014). Efecto de los incendios forestales no controlados en el ensamble de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en un bosque templado del centro de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(3), 854–865. <https://doi.org/10.7550/rmb.41756>
- Argón, A., Lorea, F., Hernández, V., y Morales, J. (2011). Diversidad de especies: Conocimiento actual. *Instituto de Ecología, A.C. México, II*, 14. <http://www.inecol.edu.mx/>
- Armijos, C. (2020). *Riqueza Y Abundancia De Escarabajos Copro-Necrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) En Diversos Tipos De Cobertura Vegetal Del Puear, Loja-Ecuador* [Universidad Nacional de Loja]. [https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23693/1/Claudio Romario Armijos Armijos.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23693/1/Claudio%20Romario%20Armijos%20Armijos.pdf)
- Armúa de Reyes, C., Bernardis, A. C., Mazza, S. M., y Goldfarb, M. C. (2004). Efecto del fuego sobre la fauna de invertebrados de un pastizal al noroeste de Corrientes. *Agrotecnia*, 13(13), 3. <https://doi.org/10.30972/agr.013443>
- Barragán, F., Moreno, C., Escobar, F., Halffter, G., y Navarrete, D. (2011). Negative Impacts of Human Land Use on Dung Beetle Functional Diversity. *PLoS ONE*, 6(3), e17976. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0017976>
- Boer, C. (1989). *Report on Investigation of the Steps Needed to Rehabilitate the Areas of East Kalimantan Seriously Affected by Fire: Vol. FR-Report (Issue 7)*. [http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2115/Technical/PD 17 / 87 \(F\) Effects of the Forest Fire 1982 / 83 in East Klimantan on Wildlife FR-Report No,7.pdf](http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2115/Technical/PD%2017%2F87%20(F)%20Effects%20of%20the%20Forest%20Fire%201982%2F83%20in%20East%20Klimantan%20on%20Wildlife%20FR-Report%20No,7.pdf)
- Cancino, R., Chamé, E. R., y Gómez, B. (2014). Escarabajos necrófilos (Coleoptera: Scarabaeinae) en tres hábitats del Volcán Tacaná, Chiapas, México Necrophilous beetles

- (Coleoptera: Scarabaeinae) in three habitats from Volcán Tacaná, Chiapas, Mexico. *Universidad de Guadalajara*, 2 (February 2015), 135–142. https://www.researchgate.net/publication/271702763_Escarabajos_necrofilos_Coleoptera_Scarabaeinae_en_tres_habitats_del_Volcan_Tacana_Chiapas_Mexico_Necrophilous_beetles_Coleoptera_Scarabaeinae_in_three_habitats_from_Volcan_Tacana_Chiapas_Mexico
- Carvajal, V., Villamarín, S., y Ortega, A. (2011). *Escarabajos del Ecuador: Principales géneros* (Issue November 2011). https://www.researchgate.net/profile/Santiago_Villamarin-Cortez/publication/294581162_Escarabajos_del_Ecuador_Principales_Generos/links/5b5a8057a6fdccf0b2f90d2e/Escarabajos-del-Ecuador-Principales-Generos.pdf
- Carvajal, V., Villamarín, S., y Ortega, A. (2011). *Escarabajos del Ecuador, Principales Géneros*. <https://www.researchgate.net/publication/294581162>
- Casas, C., Pineda, N., Monroy, D., Realpe, E., y Noriega, J. A. (2021). Seasonal variation of the biomass of a dung beetle assemblage (Coleoptera: Scarabaeinae) in a high andean grassland. *Acta Biologica Colombiana*, 26(3), 318–326. <https://doi.org/10.15446/abc.v26n3.84603>
- Castillo, E. (2017). *Análisis de la frecuencia de aparición en cámaras trampa del Oso andino (Tremarctos ornatus) en diferentes épocas y microhábitats de la reserva el madrigal, zona de amortiguamiento del Parque Nacional Podocarpus* [Universidad Técnica Particular de Loja]. https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/18403/1/Castillo_Maldonado%20Elvis_Michael-TESES.pdf
- 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-Armijos, D., Granda, V., y Vaz-de-Mello, F. Z. (2018). Listado de especies y clave de géneros y subgéneros de escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) presentes y presuntos para Ecuador. *Revista Colombiana de Entomología*, 44(1), 72. <https://doi.org/10.25100/socolen.v44i1.6545>
- Chao, A., Ma, K. H., y Hsieh, T. C. (2016). *iNEXT Online (Sept. 2016)*. <https://chao.shinyapps.io/iNEXTOnline/>
- Concha, C., Gallego, M., y Pardo, L. (2010). Fragmentación De Ecosistemas Montanos E

- Impactos Estructurales Y Poblacionales Sobre La Comunidad De Escarabajos Coprófagos (Col.: Scarabaeinae) En El Alto Río Cauca, Popayán, Colombia. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 14(1), 43–55. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttextypid=S0123-30682010000100003
- Correa, C. M. A., Puker, A., y Abot, A. R. (2020). Impacts of exotic pasture establishment on dung beetle assemblages (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) in the Brazilian cerrado. *Environmental Entomology*, 49(6), 1335–1344. <https://doi.org/10.1093/ee/nvaa132>
- Cruz, M., Imelda, M., López, J., Vargas, M., González, H., y Plataso, D. (2012). Degradación del estiércol vacuno por escarabajos estercoleros en un pastizal tropical de Veracruz, México. *Revista Colombiana de Entomología*, 38(1), 148–155. <https://search-proquest-com.vpn.ucacue.edu.ec/docview/1318032610/fulltextPDF/7CD8A3CA17D14777PQ/1?aaccountid=61870>
- Cultid, C., Medina, C., Martínez, B., Escobar, A., Constantino, L., y Betancur, N. (2012). Escarabajos coprófagos (Scarabaeinae) del Eje Cafetero: guía para el estudio ecológico. In *Biota Colombiana*. 2012. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1013.9049>
- Delgado, L., Pérez, A., y Blackaller, J. (2000). Claves Para Determinar A Los Taxones Genéricos Y Supragenericos De Scarabaeoidea Latreille, 1802 (Coleoptera) De Mexico. *Folia Entomologica Mexicana*, 110, 11340.
- Dominguez Gordillo, D. (2012). "Ensamblaje de una comunidad de coprófagos (Scarabaeinae) en un gradiente altitudinal, adaptaciones al cambio global, cantón Catamayo – Loja. Ecuador". <https://library.co/document/download/eqokj5y1?page=1>
- Dress, W. J., y Boerner, R. E. J. (2004). Patterns of microarthropod abundance in oak-hickory forest ecosystems in relation to prescribed fire and landscape position. *Pedobiologia*, 48(1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2003.03.001>
- Escobar, F. (2000). Anotaciones sobre la diversidad y distribución de los escarabajos del estiércol (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de Colombia. *Villa de Leyva, Memorias Taller PrIBES*, 1, 197–210. <http://entomologia.rediris.es/pribes>
- Espinoza, V. R., y Noriega, J. A. (2018). Diversity of the dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in an altitudinal gradient in the east slope of los Andes, Napo province, Ecuador. *Neotropical Biodiversity*, 4(1), 145–151. <https://doi.org/10.1080/23766808.2018.1512199>
- Fernández, I., Morales, N., Luis, O., Javier, S., Miguel, G., y Gloria, M. (2010). Restauración

- ecológica para ecosistemas nativos afectados por incendios forestales (2010). *Revista Chilena de Historia Natural*, 83(3). <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2010000300014>
- 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>
- Figueroa, L., y Alvarado, M. (2011). Coleópteros coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) de la Reserva Nacional Tambopata, Madre de Dios, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 18(2), 209–212. <https://doi.org/10.15381/rpb.v18i2.230>
- Genier, F. (1996). *A Revision of The Neotropical Genus Ontherus Erichson (Coleoptera: Scarabaeidae, Scarabaeinae)*. November. https://www.researchgate.net/publication/271704141_A_revision_of_the_Neotropical_genus_Ontherus_Erichson_Coleoptera_Scarabaeidae_Scarabaeinae
- Gómez, A., Munevar, A., Gimenez, V., Gatti, G., y Zurita, G. (2017). Influence of land use on the taxonomic and functional diversity of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in the southern Atlantic forest of Argentina. *Journal of Insect Conservation*, 21(1), 147–156. <https://doi.org/10.1007/s10841-017-9964-4>
- González, F. A. A., Molano, F. R., y Medina, C. A. U. (2009). Los subgéneros Calhyboma, Hybomidium y Telhyboma (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae: Deltochilum) en Colombia The. *Revista Colombiana de Entomología*, 35(2), 253-274.
- Granda, A. (2015). *Escarabajos coprófagos (Coleoptera) como indicadores de diversidad biológica en Cajanuma (Parque Nacional Podocarpus)* [Universidad Técnica Particular de Loja]. https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/11742/1/Granda_Ontaneda_Anahidel_Cisne.pdf
- Huerta, C., Martínez, M. I., Montes De Oca, E., Cruz, M., y Favila, M. (2013). The role of dung beetles in the sustainability of pasture and grasslands. *Press*, 64. <https://doi.org/10.2495/978-1-84564-75>
- Jimenez, D. (2017). *Generación de indicadores florísticos para el monitoreo de la restauración ecológica en áreas degradadas del bosque siempreverde montano de la cordillera oriental de los andes del sur* [Universidad Nacional de Loja]. https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/19052/1/DOMINGO_HERIBERTO_JIMÉNEZ_TORRES.pdf

- Jiménez, M. del C. (2017). *Determinación Del Nivel De Parasitoidismo En Lepidópteros Y Coleópteros En Un Ecosistema De Bosque Andino A Distintos Niveles De Recuperación* [Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/19943/1/María del Cisne Jiménez Álvarez.pdf>
- Larsen, T., Lopera, A., y Forsyth, A. (2008). Understanding Trait-Dependent Community Disassembly: Dung Beetles, Density Functions, and Forest Fragmentation. *Conservation Biology*, 22(5), 1288–1298. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.00969.x>
- Laura, P. (2006). Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31(8), 583–590. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33911906.pdf>
- Lindenmayer, D. B., Hunter, M. L., Burton, P. J., y Gibbons, P. (2009). Effects of logging on fire regimes in moist forests. *Conservation Letters*, 2(6), 271–277. <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2009.00080.x>
- Lussenhop, J. (1976). Soil Arthropod Response to Prairie Burning. *Ecology*, 57(1), 88–98. <https://doi.org/10.2307/1936400>
- Martínez, I., Cruz, M., Huerta, C., y Montes, E. (2015). *La cría de escarabajos estercoleros*. Secretaría de Educación de Veracruz. https://www.sev.gob.mx/servicios/publicaciones/serie_paradocencia/EscarabajosEstercoleros.pdf
- Martínez, I., Cruz, M., Montes de Oca, E., y Suárez, T. (2011). La función de los escarabajos del estiércol en los pastizales ganaderos. In *La Voz de Asturias* (Para la do, Vol. 40). http://www.sev.gob.mx/servicios/publicaciones/serie_paradocencia/escarabajos.pdf
- Medina, C. A., y Lopera, A. (2000). Clave ilustrada para la identificación de géneros de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) de Colombia. *Caldasia*, 22(2), 209–315. <https://www.researchgate.net/publication/263849741%0AClave>
- Mejía, C. (2017). Efecto de borde sobre la composición de Quirópteros Filostómidos en el derecho de vía, del Proyecto Poliducto Pascuales Cuenca, en un tramo del bosque San José, Cañar-Ecuador [Quito]. In *Universitas Nusantara PGRI Kediri* (Vol. 01). <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/12998/1/T-UCE-0016-013.pdf>
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A. B., y Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853–858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Myers, R. L. (2015). *Incendios y Ecosistemas: Un Enfoque Integral del Manejo de Fuego en*

- América Latina. *The Nature Conservancy*, 11. http://www.fire.uni-freiburg.de/GlobalNetworks/Caribbean/SIMFOR_2006/Myers_us.pdf
- Nichols, E., Gardner, T. A., Peres, C. A., y Spector, S. (2009). Co-declining mammals and dung beetles: an impending ecological cascade. *Oikos*, 118(4), 481–487. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2009.17268.x>
- Noriega, J. A., Palacio, J. M., Monroy, J. D., y Valencia, E. (2012). Estructura De Un Ensamblaje De Escarabajos Coprófagos Uso Del Suelo En Antioquia , Colombia. *Laboratorio de Zoología y Ecología Acuática*, 34(96), 43–54. https://www.academia.edu/24312992/Estructura_de_un_ensamblaje_de_escarabajos_coprófagos_Coleoptera_Scarabaeinae_en_tres_sitios_con_diferente_uso_del_suelo_en_Antioquia_Colombia
- Oksanen, J., Blanchet F. G. , Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P. R., O'Hara R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, H., Szoecs E. y Wagner, H. (2019). vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-6. Recuperado de <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Ortegaz, I., Moreno, C., Rios, L., Arellano, L., Rosas, F., y Castellanos, I. (2020). Assembly mechanisms of dung beetles in temperate forests and grazing pastures. In *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-57278-x>
- Pereira, H. M., Navarro, L. M., y Martins, I. S. (2012). Global Biodiversity Change: The Bad, the Good, and the Unknown. *Annual Review of Environment and Resources*, 37(1), 25–50. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-042911-093511>
- Pons, P. (2001). Consecuencia de los incendios forestales sobre los vertebrados y aspectos de su gestión mediterráneas. *Publicaciones y Ediciones Universidad de Barcelona, January 2007*. http://www2.udg.edu/portals/92/Bio_Animal/pdf/Pons_inCamprodon-Plana2007.pdf
- Quintero, I., y Halffter, G. (2009). Temporal Changes In A Community Of Dung Beetles (Insecta: Coleoptera: Scarabaeinae) Resulting From The Modification And Fragmentation Of Tropical Rain Forest. *Acta Zoológica Mexicana*, 25(3), 625–649. <https://doi.org/10.21829/azm.2009.253665>
- Rangel, J. L., Blanco, O., Gutiérrez, B., y Hernández, N. (2012). Halffter. *Boletín de La Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.)*, 409–419.
- Rangel, J. L., Martínez, N. J., y Yonoff, R. (2020). Respuesta de los escarabajos coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) a la modificación del hábitat causada por un incendio forestal en la Reserva Bijibana, Atlántico-Colombia. *Revista Mexicana de Biodiversidad*,

91. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.2879>
- Ratcliffe, B., y Jameson, M. (2002). Key to Families and Subfamilies of Scarabaeoidea of the New World. *Generic Guide to New World Scarab Beetles, 1*. [http://unsm-ento.unl.edu/Guide/Scarabaeoidea/Scarabaeoidea-pages/Scarabaeoidea-Key/Scarabaeoidea key.pdf](http://unsm-ento.unl.edu/Guide/Scarabaeoidea/Scarabaeoidea-pages/Scarabaeoidea-Key/Scarabaeoidea%20key.pdf)
- Rodríguez Vila, J. (2005). La práctica de las claras forestales y su influencia en los ciclos de nutrientes en dos bosques de pino silvestre del Pirineo navarro. *Ecosistemas: Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 14(2), 20. <https://doi.org/10.7818/re.2014.14-2.00>
- Saavedra, D., Vaz de Mello, F., Cherre, A., y Timaná, C. (2017). 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>
- Saint-Germain, M., Larrivéé, M., Drapeau, P., Fahrig, L., y Buddle, C. M. (2005). Short-term response of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) to fire and logging in a spruce-dominated boreal landscape. *Forest Ecology and Management*, 212(1–3), 118–126. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.03.001>
- Samu, F., Kádár, F., Ónodi, G., Kertész, M., Szirányi, A., Szita, É., Fetykó, K., Neidert, D., Botos, E., y Altbäcker, V. (2010). Differential ecological responses of two generalist arthropod groups, spiders and carabid beetles (Araneae, Carabidae), to the effects of wildfire. *Community Ecology*, 11(2), 129–139. <https://doi.org/10.1556/ComEc.11.2010.2.1>
- 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.
- Solís, Á. (2020). Clave para reconocer las subfamilias de la familia Scarabaeidae - Identificación y monitoreo de insectos. *Identificación y Monitoreo de Insectos De Costa Rica*. <http://identomologica.com/uncategorized/clave-para-reconocer-las-subfamilias-de-la-familia-scarabaeidae/>
- Team, R. C. (2021). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <https://www.r-project.org/>
- Vaca, A. (2016). *Análisis de los servicios ambientales proveídos por los escarabajos copronecrófagos en Tobar Donoso Providencia del Carchi* [Universidad Tecnológica

Equinoccial].

http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/13926/66852_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Verdú, J. R., Cortez, V., Ortiz, A. J., González-Rodríguez, E., Martínez-Pinna, J., Lumaret, J.-P., Lobo, J. M., Numa, C., y Sánchez-Piñero, F. (2015). Low doses of ivermectin cause sensory and locomotor disorders in dung beetles. *Scientific Reports*, 5(1), 13912. <https://doi.org/10.1038/srep13912>
- Verdú, J. R., Sánchez-Piñero, F., Lobo, J. M., y Cortez, V. (2020). Evaluating long-term ivermectin use and the role of dung beetles in reducing short-term CH₄ and CO₂ emissions from livestock faeces: a mesocosm design under Mediterranean conditions. *Ecological Entomology*, 45(1), 109–120. <https://doi.org/10.1111/een.12777>
- 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>
- ZHANG, Z.-Q. (2013). Phylum Arthropoda. *Zootaxa*, 3703(1), 17. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3703.1.6>

11. Anexos

Anexo 1. Autorización de recolección de especímenes otorgada por el MAATE.



Ministerio del Ambiente, Agua
y Transición Ecológica

AUTORIZACIÓN DE RECOLECCION DE ESPECIMENES DE ESPECIES DE LA DIVERSIDAD BIOLOGICA No. 1785

ESTUDIANTES E INVESTIGADORES (SIN FINES COMERCIALES)

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

2.- CÓDIGO

MAAE-ARSFC-2021-1785

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./Pasaporte	Nombres y Apellidos	Nacionalidad	N° REGISTRO SENESCYT	EXPERIENCIA	GRUPO BIOLÓGICO
	PAUCAR CABRERA AURA DEL CARMEN	Ecuatoriana	7241143118	Docente investigadora	Insecta
	CORDERO JIMENEZ MARIA BELEN	Ecuatoriana	S/N	Estudiante	Insecta
	JIMENEZ BARBÁ JOSSELYN PRISCILA	Ecuatoriana	S/N	Estudiante	Insecta

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

Nombre del Proyecto: Diversidad de comunidades bacterianas de escarabajos estercoleros

Dirección: Calle Madrid 155 y Andalucía Código postal: 170535 / Quito-Ecuador
Teléfono: 593-2-396-7600 - www.ambiente.gob.ec



Anexo 2. Muestra de las hojas de registro de especímenes de la subfamilia Scarabaeinae colectados en la Reserva Madrigal del Podocarpus.

Especie	País	Prov.	Localid.	N°Trans.	Trampa	N° Muest.	Código	Fecha	Cebo	Cobert. vegetal	TCV
Dichotomius-cotopaxi	Ecuador	Loja	Madrigal	1	37	M1	11M1	19-21-nov-21	Coprotrampa	Bosque_Natural	BN
Homocopris-buckleyi	Ecuador	Loja	Madrigal	1	41	M1	15M1	19-21-nov-21	Coprotrampa	Bosque_Natural	BN
Homocopris-buckleyi	Ecuador	Loja	Madrigal	1	41	M1	15M1	19-21-nov-21	Coprotrampa	Bosque_Natural	BN
Homocopris-buckleyi	Ecuador	Loja	Madrigal	1	41	M1	15M1	19-21-nov-21	Coprotrampa	Bosque_Natural	BN
Homocopris-buckleyi	Ecuador	Loja	Madrigal	1	41	M1	15M1	19-21-nov-21	Coprotrampa	Bosque_Natural	BN
Homocopris-buckleyi	Ecuador	Loja	Madrigal	2	43	M1	21M1	19-21-nov-21	Coprotrampa	Bosque_Natural	BN
Homocopris-buckleyi	Ecuador	Loja	Madrigal	2	43	M1	21M1	19-21-nov-21	Coprotrampa	Bosque_Natural	BN
Homocopris-buckleyi	Ecuador	Loja	Madrigal	2	43	M1	21M1	19-21-nov-21	Coprotrampa	Bosque_Natural	BN
Homocopris-buckleyi	Ecuador	Loja	Madrigal	2	45	M1	23M1	19-21-nov-21	Coprotrampa	Bosque_Natural	BN
Canthidium-aurifex	Ecuador	Loja	Madrigal	2	45	M1	23M1	19-21-nov-21	Coprotrampa	Bosque_Natural	BN
Canthidium-aurifex	Ecuador	Loja	Madrigal	2	45	M1	23M1	19-21-nov-21	Coprotrampa	Bosque_Natural	BN
Homocopris-buckleyi	Ecuador	Loja	Madrigal	2	47	M1	25M1	19-21-nov-21	Coprotrampa	Bosque_Natural	BN

Homocopris-buckleyi	Ecuador	Loja	Madrigal	3	49	M1	31M1	19-21-nov-21	Coprotrampa	Bosque_Natural	BN
Canthidium-aurifex	Ecuador	Loja	Madrigal	3	51	M1	33M1	19-21-nov-21	Coprotrampa	Bosque_Natural	BN
Onthophagus-curvicornis	Ecuador	Loja	Madrigal	3	51	M1	33M1	19-21-nov-21	Coprotrampa	Bosque_Natural	BN
Homocopris-buckleyi	Ecuador	Loja	Madrigal	3	51	M1	33M1	19-21-nov-21	Coprotrampa	Bosque_Natural	BN
Onthophagus-curvicornis	Ecuador	Loja	Madrigal	2	7	M1	21M1	19-21-nov-21	Coprotrampa	Área_de_Incendio_Forestal	IF
Onthophagus-curvicornis	Ecuador	Loja	Madrigal	2	7	M1	21M1	19-21-nov-21	Coprotrampa	Área_de_Incendio_Forestal	IF
Onthophagus-curvicornis	Ecuador	Loja	Madrigal	2	7	M1	21M1	19-21-nov-21	Coprotrampa	Área_de_Incendio_Forestal	IF
Onthophagus-curvicornis	Ecuador	Loja	Madrigal	2	7	M1	21M1	19-21-nov-21	Coprotrampa	Área_de_Incendio_Forestal	IF
Onthophagus-curvicornis	Ecuador	Loja	Madrigal	2	7	M1	21M1	19-21-nov-21	Coprotrampa	Área_de_Incendio_Forestal	IF
Onthophagus-curvicornis	Ecuador	Loja	Madrigal	2	7	M1	21M1	19-21-nov-21	Coprotrampa	Área_de_Incendio_Forestal	IF
Onthophagus-curvicornis	Ecuador	Loja	Madrigal	2	7	M1	21M1	19-21-nov-21	Coprotrampa	Área_de_Incendio_Forestal	IF
Onthophagus-curvicornis	Ecuador	Loja	Madrigal	2	7	M1	21M1	19-21-nov-21	Coprotrampa	Área_de_Incendio_Forestal	IF
Onthophagus-curvicornis	Ecuador	Loja	Madrigal	2	7	M1	21M1	19-21-nov-21	Coprotrampa	Área_de_Incendio_Forestal	IF
Onthophagus-curvicornis	Ecuador	Loja	Madrigal	2	7	M1	21M1	19-21-nov-21	Coprotrampa	Área_de_Incendio_Forestal	IF
Onthophagus-curvicornis	Ecuador	Loja	Madrigal	2	7	M1	21M1	19-21-nov-21	Coprotrampa	Área_de_Incendio_Forestal	IF

Nota: La base de datos completa se encuentra depositada en el Nodo GBIF Ecuador, del Museo de Zoología LOUNAZ.

Anexo. 3. Tabla de localización de trampas en la Reserva Madrigal del Podocarpus

Localidad	Cobertura	Transecto	Punto	Latitud	Longitud	UTM	Altitud	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
Madrigal	Pastizal	3	6	9552810	702418	17 M 702418 9552810	2363	4° 2' 37,484" S	79° 10' 36,184" W	-4,043746	-79,176718
Madrigal	Pastizal	3	5	9552883	702424	17 M 702424 9552883	2354	4° 2' 35,107" S	79° 10' 35,995" W	-4,043085	-79,176665
Madrigal	Pastizal	3	4	9552866	702444	17 M 702444 9552866	2352	4° 2' 35,659" S	79° 10' 35,345" W	-4,043239	-79,176485
Madrigal	Pastizal	3	3	9552810	702418	17 M 702418 9552810	2363	4° 2' 37,484" S	79° 10' 36,184" W	-4,043746	-79,176718
Madrigal	Pastizal	3	2	9552839	702442	17 M 702442 9552839	2355	4° 2' 36,538" S	79° 10' 35,408" W	-4,043483	-79,176502
Madrigal	Pastizal	3	1	9552825	702425	17 M 702425 9552825	2361	4° 2' 36,995" S	79° 10' 35,958" W	-4,043610	-79,176655
Madrigal	Pastizal	2	6	9552850	702411	17 M 702411 9552850	2359	4° 2' 36,182" S	79° 10' 36,414" W	-4,043384	-79,176782
Madrigal	Pastizal	2	5	9552891	702362	17 M 702362 9552891	2358	4° 2' 34,851" S	79° 10' 38,005" W	-4,043014	-79,177224
Madrigal	Pastizal	2	4	9552915	702362	17 M 702362 9552915	2357	4° 2' 34,07" S	79° 10' 38,007" W	-4,042797	-79,177224
Madrigal	Pastizal	2	3	9552942	702368	17 M 702368 9552942	2350	4° 2' 33,191" S	79° 10' 37,814" W	-4,042553	-79,177171
Madrigal	Pastizal	2	2	9552951	702399	17 M 702399 9552951	2343	4° 2' 32,896" S	79° 10' 36,81" W	-4,042471	-79,176892
Madrigal	Pastizal	2	1	9552958	702418	17 M 702418 9552958	2339	4° 2' 32,666" S	79° 10' 36,195" W	-4,042407	-79,176721
Madrigal	Pastizal	1	6	9552962	702441	17 M 702441 9552962	2335	4° 2' 32,534" S	79° 10' 35,45" W	-4,042371	-79,176514

Madrigal	Pastizal	1	5	9552988	702492	17 M 702492 9552988	2320	4° 2' 31,684" S	79° 10' 33,798" W	-4,042135	-79,176055
Madrigal	Pastizal	1	4	9553019	702475	17 M 702475 9553019	2317	4° 2' 30,676" S	79° 10' 34,352" W	-4,041855	-79,176209
Madrigal	Pastizal	1	3	9553042	702474	17 M 702474 9553042	2311	4° 2' 29,928" S	79° 10' 34,386" W	-4,041647	-79,176218
Madrigal	Pastizal	1	2	9553072	702458	17 M 702458 9553072	2301	4° 2' 28,952" S	79° 10' 34,906" W	-4,041376	-79,176363
Madrigal	Pastizal	1	1	9553098	702435	17 M 702435 9553098	2300	4° 2' 28,108" S	79° 10' 35,654" W	-4,041141	-79,176571
Madrigal	Incendio forestal	3	1	9552107	703010	17 M 702279 9552795	2390	4° 2' 37,982" S	79° 10' 40,689" W	-4,043884	-79,177969
Madrigal	Incendio forestal	3	2	9552777	702257	17 M 702257 9552777	2396	4° 2' 38,57" S	79° 10' 41,401" W	-4,044047	-79,178167
Madrigal	Incendio forestal	3	3	9552768	702243	17 M 702364 9552790	2402	4° 2' 38,139" S	79° 10' 37,933" W	-4,043927	-79,178379
Madrigal	Incendio forestal	3	4	9552758	702230	17 M 702322 9552800	2407	4° 2' 37,817" S	79° 10' 39,295" W	-4,044181	-79,178379
Madrigal	Incendio forestal	3	5	9552742	702230	17 M 702310 9552813	2410	4° 2' 37,394" S	79° 10' 39,685" W	-4,044299	-79,178507
Madrigal	Incendio forestal	3	6	9552724	702230	17 M 702345 9552784	2413	4° 2' 38,336" S	79° 10' 38,549" W	-4,044181	-79,178379
Madrigal	Incendio forestal	2	6	9552617	702595	17 M 702595 9552617	2360	4° 2' 43,754" S	79° 10' 30,432" W	-4,045487	-79,175120
Madrigal	Incendio forestal	2	5	9552640	702601	17 M 702601 9552640	2364	4° 2' 43,004" S	79° 10' 30,24" W	-4,045279	-79,175067
Madrigal	Incendio forestal	2	4	9552795	702279	17 M 702629 9552664	2356	4° 2' 42,221" S	79° 10' 29,334" W	-4,045061	-79,174815
Madrigal	Incendio forestal	2	3	9552689	702643	17 M 702643 9552689	2350	4° 2' 41,406" S	79° 10' 28,882" W	-4,044835	-79,174689
Madrigal	Incendio forestal	2	2	9552689	702643	17 M 702606 9552680	2363	4° 2' 41,702" S	79° 10' 30,08" W	-4,044917	-79,175022
Madrigal	Incendio forestal	2	1	9552680	702606	17 M 702576 9552692	2373	4° 2' 41,314" S	79° 10' 31,054" W	-4,044809	-79,175293

Madrigal	Incendio forestal	1	6	9552692	702576	17 M 702511 9552627	2395	4° 2' 43,434" S	79° 10' 33,156" W	-4,045398	-79,175877
Madrigal	Incendio forestal	1	5	9552627	702511	17 M 702484 9552618	2403	4° 2' 43,729" S	79° 10' 34,031" W	-4,045480	-79,176120
Madrigal	Incendio forestal	1	4	9552618	702484	17 M 702465 9552602	2407	4° 2' 44,251" S	79° 10' 34,645" W	-4,045625	-79,176290
Madrigal	Incendio forestal	1	3	9552602	702465	17 M 702440 9552594	2410	4° 2' 44,514" S	79° 10' 35,455" W	-4,045698	-79,176515
Madrigal	Incendio forestal	1	2	9552594	702440	17 M 702415 9552580	2411	4° 2' 44,971" S	79° 10' 36,265" W	-4,045825	-79,176740
Madrigal	Incendio forestal	1	1	9552580	702415	17 M 702395 9552562	2418	4° 2' 45,559" S	79° 10' 36,912" W	-4,045988	-79,176920
Madrigal	Bosque	3	6	9552562	702395	17 M 703512 9551937	2484	4° 3' 5,822" S	79° 10' 0,657" W	-4,051617	-79,166849
Madrigal	Bosque	3	5	9551937	703512	17 M 703486 9551949	2485	4° 3' 5,433" S	79° 10' 1,501" W	-4,051509	-79,167084
Madrigal	Bosque	3	4	9551949	703486	17 M 703461 9551953	2484	4° 3' 5,305" S	79° 10' 2,312" W	-4,051473	-79,167309
Madrigal	Bosque	3	3	9551953	703461	17 M 703445 9551952	2479	4° 3' 5,338" S	79° 10' 2,83" W	-4,051483	-79,167453
Madrigal	Bosque	3	2	9551952	703445	17 M 703429 9551937	2481	4° 3' 5,828" S	79° 10' 3,348" W	-4,051619	-79,167597
Madrigal	Bosque	3	1	9551937	703429	17 M 703403 9551904	2496	4° 3' 6,904" S	79° 10' 4,188" W	-4,051918	-79,167830
Madrigal	Bosque	2	6	9551904	703403	17 M 703314 9551956	2478	4° 3' 5,218" S	79° 10' 7,077" W	-4,051449	-79,168632
Madrigal	Bosque	2	5	9551956	703314	17 M 703295 9551953	2479	4° 3' 5,317" S	79° 10' 7,693" W	-4,051477	-79,168804
Madrigal	Bosque	2	4	9551953	703295	17 M 703259 9551957	2473	4° 3' 5,189" S	79° 10' 8,86" W	-4,051441	-79,169128

Madrigal	Bosque	2	3	9551957	703259	17 M 703229 9551966	2468	4° 3' 4,898" S	79° 10' 9,833" W	-4,051361	-79,169398
Madrigal	Bosque	2	2	9551966	703229	17 M 703207 9551974	2467	4° 3' 4,64" S	79° 10' 10,547" W	-4,051289	-79,169596
Madrigal	Bosque	2	1	9551974	703207	17 M 703173 9551976	2470	4° 3' 4,577" S	79° 10' 11,649" W	-4,051271	-79,169903
Madrigal	Bosque	1	6	9551976	703173	17 M 703094 9552053	2462	4° 3' 2,076" S	79° 10' 14,216" W	-4,050577	-79,170615
Madrigal	Bosque	1	5	9552053	703094	17 M 703082 9552067	2464	4° 3' 1,622" S	79° 10' 14,606" W	-4,050450	-79,170724
Madrigal	Bosque	1	4	9552067	703082	17 M 703057 9552088	2466	4° 3' 0,94" S	79° 10' 15,418" W	-4,050261	-79,170949
Madrigal	Bosque	1	3	9552088	703057	17 M 703028 9552105	2469	4° 3' 0,388" S	79° 10' 16,359" W	-4,050108	-79,171211
Madrigal	Bosque	1	2	9552105	703028	17 M 703010 9552107	2472	4° 3' 0,325" S	79° 10' 16,942" W	-4,050090	-79,171373
Madrigal	Bosque	1	1	9552107	702979	17 M 702979 9552107	2478	4° 3' 0,327" S	79° 10' 17,947" W	-4,050091	-79,171652

Anexo 4. n = número de individuos observados en la muestra de referencia (tamaño de la muestra); S.obs = número de especies observadas en la muestra de referencia; C.hat = estimador de la cobertura muestral de la muestra de referencia.

	Incendio forestal	Pastizal	Bosque natural
n	114	341	46
S.Obs	4	5	5
C.Hat	1	1	0,9783

Anexo 5. Rango de tamaño (largo y ancho) de los individuos colectados y clasificados por especie de escarabajos copronecrófagos de la Reserva Madrigal del Podocarpus.

En cuanto al tamaño de escarabajos, entre las especies con mayor tamaño se encuentran *Dichotomius cotopaxi*, *Deltochilum morbillosum*, *Homocopris buckleyi* y con tamaños pequeños se tiene *Canthidium aurifex*, *Onthophagus curvicornis*, *Uroxys rugatus* y *Uroxys frankenbergeri*.

Especie	Largo (mm)	Ancho (mm)
Escarabajos de menor tamaño registrados en la reserva		
<i>Canthidium aurifex</i>	6,00–7,00	4,00–4,50
<i>Onthophagus curvicornis</i>	4,00–11,00	6,00–8,00
<i>Uroxys rugatus</i>	7,50–11,00	4,50–6,00
<i>Uroxys frankenbergeri</i>	5,00–6,00	3,00–4,00
Escarabajos de mayor tamaño registrados en la reserva		
<i>Deltochilum morbillosum</i>	18,00–20,00	13,00–14,00
<i>Dichotomius cotopaxi</i>	17,00–25,00	10,00–14,00
<i>Homocopris buckleyi</i>	13,00–19,00	8,00–11,00

Anexo 6. Certificación de traducción del Resumen (Abstract)

Lic. Sara Patricia Chanta Jiménez, Mgs

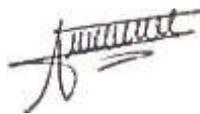
CERTIFICO:

Que he traducido el Resumen del Trabajo de Titulación denominado, “**EFECTO DE UN INCENDIO FORESTAL SOBRE LA DIVERSIDAD DE ESCARABAJOS COPRONECRÓFAGOS (COLEOPTERA: SCARABAEINAE) EN LA RESERVA MADRIGAL DEL PODOCARPUS, LOJA**”, de autoría de la señorita egresada María Belén Cordero Jiménez 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 ingeniera en Manejo y Conservación del Medio Ambiente.

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

Loja, 05 de septiembre de 2022

Atentamente:



Lic. Sara Patricia Chanta Jiménez, Mgs

1105366841