

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL



**ESCARABAJOS COPRONECRÓFAGOS (Scarabaeidae) COMO
BIOINDICADORES DE PERTURBACIONES ECOLÓGICAS DE LOS
BOSQUES ESTACIONALMENTE SECOS DEL VALLE DEL MARAÑÓN**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y
AMBIENTAL**

Autor : Bach. Jhon Anderson Sanchez Gonzales

Asesor : Dr. José Luis Marcelo Peña

Línea de investigación: Conservación, manejo y aprovechamiento de los recursos naturales

**JAÉN – PERÚ
SETIEMBRE DE 2024**

NOMBRE DEL TRABAJO

**ESCARABAJOS COPRONECRÓFAGOS (S
carabaeidae) COMO BIOINDICADORES D
E PERTURBACIONES ECOLÓGICAS DE L
OS B**

AUTOR

Jhon Anderson Sanchez Gonzales

RECUENTO DE PALABRAS

11546 Words

RECUENTO DE CARACTERES

68573 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

57 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

3.6MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 10, 2024 12:14 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 10, 2024 12:16 PM GMT-5

● **3% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 2% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 1% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

ACTA DE SUSTENTACIÓN

El día 25 de setiembre del año 2024, siendo las 11:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado de manera presencial, en la sala de docentes de la escuela de Ingeniería Forestal y Ambiental.

Presidente: M. Sc. Gustavo Adolfo Martínez Sovero

Secretario: M.Sc. Gino Mondragón Aguirre

Vocal: Dr. Segundo Edilberto Vergara Medrano

- () Informe final de tesis
() Proyecto de tesis
() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: "ESCARABAJOS CROPONECRÓFAGOS (Scarabaeidae) COMO BIOINDICADORES DE PERTURBACIONES ECOLÓGICAS DE LOS BOSQUES ESTACIONALMENTE SECOS DEL VALLE MARAÑÓN" presentado por el egresado **Jhon Anderson Sanchez Gonzales** de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

() Aprobar () Desaprobar () Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:


- | | | |
|----------------|------------|---|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | (<input type="checkbox"/>) |
| b) Muy bueno | 16, 17 | (<input checked="" type="checkbox"/>) |
| c) Bueno | 14, 15 | (<input type="checkbox"/>) |
| d) Regular | 13 | (<input type="checkbox"/>) |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | (<input type="checkbox"/>) |

Siendo las 12:05 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Jaén, 25 de setiembre del 2024


M. Sc. Gustavo Adolfo Martínez Sovero
Presidente


M.Sc. Gino Mondragón Aguirre
Secretario


Mg. Segundo Edilberto Vergara Medrano
Vocal

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
I. INTRODUCCIÓN	10
II. MATERIALES Y MÉTODOS	12
2.1. Materiales	12
2.1.1. Materiales de oficina	12
2.1.2. Equipos de campo.....	12
2.1.3. Materiales de campo	12
2.1.4. Software y Programas.....	12
2.2. Población, Muestra y Muestreo	12
2.3. Área de estudio	13
2.4. Colecta de escarabajos copronecrófagos	15
2.5. Curvas de acumulación de especies	16
2.6. Análisis de abundancia, riqueza y diversidad.....	16
2.7. Para determinar las especies indicadoras.....	17
2.8. Para evaluar la eficiencia del tipo de trampa	18
2.9. Elaboración del catálogo	19
III. RESULTADOS.....	20
3.1. Diversidad, riqueza y abundancia.....	20
3.1.1. Abundancia.....	20
3.1.2. Riqueza	22
3.1.3. Índice de diversidad.....	23
3.2. Curvas de acumulación de especies	25

3.3. Escarabajo copronecrófagos bioindicadores	26
3.4. Eficiencia del tipo de trampa	27
3.5. Catálogo ilustrado.....	28
IV. DISCUSIÓN.....	32
4.1. Abundancia, riqueza y diversidad de especies	32
4.2. Potencial Indicador	33
4.3. Eficiencia del tipo de trampa.....	35
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	36
5.1. Conclusiones.....	36
5.2. Recomendaciones	36
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
DEDICATORIA	44
AGRADECIMIENTO	45
ANEXOS.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Localización de los sitios y vegetaciones	13
Tabla 2. Lista de especies y sus respectivas abundancias.....	20
Tabla 3. Diversidad H de las vegetaciones estudiadas	24
Tabla 4. abundancias de escarabajos capturados según el tipo de trampa.....	51
Tabla 5. resultados del análisis de Valor Indicador IndVal	52
Tabla 6. Resultados de la diversidad de Shannon por sitio y tipo de vegetación	52
Tabla 7. riqueza de especies por sitio y tipo de vegetación	53
Tabla 8. Georreferenciación de los puntos evaluados	53
Tabla 9. Análisis ANOVA para la abundancia	58
Tabla 10. Prueba Tukey para la abundancia	58
Tabla 11. Análisis ANOVA para la riqueza de especies	58
Tabla 12. Prueba Tukey para la riqueza.....	59
Tabla 13. Análisis ANOVA para la diversidad.....	59
Tabla 14. Prueba Tukey para la diversidad.....	59
Tabla 15. Análisis ANOVA para tipos de trampa	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación	12
Figura 2. Esquema de trampa pitfall.....	13
Figura 3. Abundancia de escarabajos copronecrófagos.....	19
Figura 4. Relación estadística de abundancia.....	20
Figura 5. . Riqueza de especies.....	22
Figura 6. Relación estadística de riqueza	21
Figura 7. Relación estadística de diversidad	22
Figura 8. Curvas de acumulación de especies	23
Figura 9. Valor indicador Indval.....	24
Figura 10. Abundancia de especies agrupadas por tipo de alimentación	25
Figura 11. Comparación estadística entre tipos de trampas	26
Figura 12. Instalación de trampas pitfall	43
Figura 13. Captura de escarabajos copronecrófagos	44
Figura 14. Vegetaciones estudiadas	45
Figura 15. Identificación de especímenes en laboratorio	46
Figura 16. Análisis de los resultados en Rstudio	47

RESUMEN

Las actividades antrópicas como la agricultura y la ganadería han fragmentado seriamente los ecosistemas, amenazando y reduciendo seriamente la biodiversidad y ocasionando la disminución de una serie de servicios ecosistémicos. Para conocer la calidad ecológica de los ecosistemas se utilizan especies bioindicadores que son organismos sensibles a perturbaciones ambientales. Se evaluó la relación de ensamblaje de escarabajos copronecrófagos en tres tipos de vegetación: bosque secundario, sistema agroforestal y pastizal. Se instalaron en total 150 trampas cebadas con heces humanas y carne de pescado descompuesto, lográndose capturar 759 individuos agrupados en 14 especies; en el bosque secundario se registró 83 individuos distribuidos en 12 especies; en los sistemas agroforestales, 84 individuos pertenecientes a cinco especies; y en el pastizal, 592 individuos agrupados en nueve especies. El análisis de valor indicador IndVal reveló ocho especies indicadoras para los pastizales y bosques secundarios, destacando especies de la tribu Aphodiini y Onthophaguini. Los resultados proponen la primera lista de escarabajos coprófagos para los bosques estacionalmente secos del norte del Valle del Marañón, resaltando la eficiencia de los copronecrófagos como bioindicadores de la calidad ecológica y proporcionando una herramienta valiosa para la conservación y manejo sostenible de estos bosques.

Palabras clave: Bosques Estacionalmente Secos, pastizal, escarabajos, bioindicadores, indicador IndVal.

ABSTRACT

Anthropogenic activities such as agriculture and livestock farming have severely fragmented ecosystems, threatening and significantly reducing biodiversity and leading to the decline of various ecosystem services. To assess the ecological quality of ecosystems, bioindicator species, which are organisms sensitive to environmental disturbances, are used. The assemblage relationship of copronecrophagous beetles was evaluated across three types of vegetation: secondary forest, agroforestry system, and grassland. A total of 150 traps baited with human feces and decomposed fish meat were installed, capturing 759 individuals grouped into 14 species. In the secondary forest, 83 individuals distributed among 12 species were recorded; in the agroforestry systems, 84 individuals belonging to five species; and in the grassland, 592 individuals grouped into nine species. The IndVal indicator value analysis revealed eight indicator species for the grasslands and secondary forests, highlighting species from the Aphodiini and Onthophaguini tribes. The results propose the first list of coprophagous beetles for the seasonally dry forests of the northern Marañón Valley, emphasizing the efficiency of copronecrophagous beetles as bioindicators of ecological quality and providing a valuable tool for the conservation and sustainable management of these forests.

Keywords: Seasonally Dry Forests, Grassland, Beetles, Bioindicators, IndVal Indicator.

I. INTRODUCCIÓN

Las actividades humanas en áreas boscosas han generado alteraciones ecológicas significativas, convirtiéndose en un problema global cada vez más crítico (Vélez y Saavedra, 2018). Estas presiones han producido una serie de impactos negativos en la composición y estructura de las comunidades vegetales, llevando a una preocupante pérdida de la biodiversidad (Harvey y Sáenz, 2008; Nichols *et al.*, 2007), que afecta el equilibrio de los ecosistemas, particularmente en bosques tropicales y subtropicales, que albergan y mantienen una alta diversidad de especies de flora y fauna interrelacionadas (Giménez *et al.*, 2019). Los bosques tropicales son ecosistemas vulnerables a estas alteraciones; actividades como la deforestación, la fragmentación del hábitat y el cambio de uso de suelos están contribuyendo a la rápida disminución de la diversidad biológica de estos biomas, que son esenciales para el equilibrio ecológico y los servicios ambientales que ofrecen (Janzen 1988; Miles *et al.*, 2006).

Los bosques estacionalmente secos (BES) son ecosistemas muy vulnerables a las alteraciones antrópicas (Portillo-Quintero y Sánchez Azofeifa, 2010; Banda *et al.*, 2016). Cerca del 97 % de los BES están expuestos a disturbios que pueden llevar a su eliminación completa, hecho que representa una grave amenaza para la biodiversidad y endemismos que albergan estos bosques (Sánchez Azofeifa *et al.*, 2005). Actualmente se estima que queda menos del 10% de la distribución natural de este ecosistema.

Para evaluar el impacto de las perturbaciones en la biodiversidad, se utilizan grupos bioindicadores, que son organismos sensibles a cambios ambientales y cuya presencia, ausencia o abundancia refleja la calidad ecológica de un ecosistema (Dufrêne y Legendre, 1997; Carignan y Villard, 2002). Según el método IndVal, las especies indicadoras son aquellas que muestran una fuerte asociación por un hábitat específico, son especies exclusivas, presentes únicamente en un tipo de hábitat, y cuya presencia indica cambios en las condiciones ambientales. La importancia de estas categorías radica en su capacidad para reflejar la salud y calidad ecológica de los ecosistemas, permitiendo la identificación de áreas prioritarias para la conservación y el monitoreo ambiental efectivo (Dufrêne y Legendre, 1997).

Entre los bioindicadores más efectivos en estudios de perturbación de bosques se encuentran los escarabajos de la familia Scarabaeidae. Estos insectos son particularmente adecuados debido a su fácil captura, abundancia y frecuencia a lo largo

del año, además, de su bien documentada taxonomía (Spector, 2006; Scholtz *et al.*, 2009). Los escarabajos copronecrófagos constituyen un grupo taxonómico crucial para estudiar la calidad de los ecosistemas (Otavo *et al.*, 2013). Actúan como descomponedores de materia orgánica, principalmente excrementos de mamíferos y aves, facilitando la dispersión de semillas y eliminando parásitos y gérmenes mediante su actividad telecópida (rodadora). Además, contribuyen al ciclo de nutrientes en el suelo, reducen las emisiones de metano en suelos ganaderos, mejoran la aireación del suelo y filtran el agua y el aire. Estos insectos no solo son esenciales como recicladores eficientes, previniendo la volatilización del nitrógeno y facilitando su incorporación directa al suelo (Mariategui *et al.*, 2020; Cambra, 2006; Albuquerque *et al.*, 2015; Sulca y Huamantínco, 2016). Así mismo, sirven para evaluar el éxito de la restauración ecológica a largo plazo, presentándose como una opción económica en países de América Latina (Ibarra *et al.*, 2015).

Investigaciones realizadas en diversas regiones tropicales revelan cambios en la composición y estructura de ensamblajes de escarabajos debido a actividades agropecuarias, deforestación y expansión urbana; evidenciando una mayor diversidad en áreas menos perturbadas o con poca intervención humana, y una menor diversidad en ambientes con mayor impacto antrópico (Arellano Cortés *et al.*, 2013; Nichols *et al.*, 2007). Rangel y Martínez (2017) en bosques secos colombianos demostraron una significativa disminución de la abundancia y diversidad de escarabajos en zonas de cultivo y áreas de agroforestería, donde solo registraron dos especies, en contraste con zonas boscosas, donde se lograron registrar 22 especies de escarabajos. En Perú, y específicamente en los bosques secos, la información sobre la familia Scarabaeidae como bioindicadores de la calidad de los ecosistemas es escasa, y los estudios se restringen al estudio de la diversidad y taxonomía de la familia, dejando de lado la relación simbiótica que existe con el ambiente (Alburquerque *et al.*, 2017).

En los BES del valle del Marañón del norte de Perú, los escarabajos copronecrófagos pueden proporcionar valiosa información sobre la calidad de los hábitats que es crucial, no solo para conocer el estado del ambiente, sino que también para proponer estrategias de conservación y restauración de los ecosistemas; además de incrementar nuevas líneas de interés para futuras investigaciones.

En ese contexto, la presente investigación tuvo como objetivos evaluar la abundancia, riqueza y diversidad de especies copronecrófagos; determinar cuáles son las especies indicadoras para las vegetaciones estudiadas; comprobar el tipo de trampa

más efectiva para la captura de escarabajos copronecrófagos y proponer un catálogo ilustrado de las especies colectadas. Los resultados proponen la primera lista de escarabajos coprófagos para los bosques estacionalmente secos del norte del Valle del Marañón, resaltando la eficiencia de los copronecrófagos como bioindicadores de la calidad ecológica y proporcionando una herramienta valiosa para la conservación y manejo sostenible de estos bosques.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales

2.1.1. Materiales de oficina

- Laptop Dell Intel® Core™ i5; memoria USB (32 Gb); mouse Óptico Dell

2.1.2. Equipos de campo

- GPS Garmin MAP 65S; Cámara fotográfica de celular Redmi Note 8T

2.1.3. Materiales de campo

- Libreta de apuntes, alcohol de 70°; mascarillas quirúrgicas; guantes quirúrgicos; alambre N° 14; tela gasa; vasos plásticos de 1L; palana de punta; cebo (atrayentes); frascos de plásticos pequeños; barreta; pilas AA

2.1.4. Software y Programas

- ArcGIS; R y RStudio 2023.06.2; Estimate S Win9.10; Microsoft office 2019.

2.2. Población, Muestra y Muestreo

Población

La población en estudio comprende las especies de escarabajos de la familia Scarabaeidae presentes en tres tipos de vegetación alrededor de Jaén: bosque secundario, sistema agroforestal y pastizal. Estos ecosistemas son representativos de la diversidad ambiental de la región y son susceptibles a diferentes grados de intervención humana, lo que los hace relevantes para el estudio de la biodiversidad de escarabajos.

Muestra

La muestra fue constituida por los escarabajos colectados en cinco ubicaciones específicas alrededor de Jaén: El Arenal, El Huito, El Almendral, Mochenta y Santa Cruz. En cada una de estas ubicaciones, se realizaron colectas en los tres tipos de

vegetación mencionados (bosque secundario, sistema agroforestal y pastizal). La selección de estos sitios se basó en su representatividad de las condiciones ecológicas y la diversidad de hábitats presentes en la región.

Muestreo

El muestreo fue de tipo no probabilístico y se realizó mediante trampas de caída tipo pitfall en cada una de las tres vegetaciones. Las colectas se llevaron a cabo entre diciembre de 2023 y marzo de 2024. Cada sitio fue muestreado quincenalmente para capturar la variabilidad temporal en la composición y abundancia de los escarabajos.

2.3. Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en los alrededores de la ciudad de Jaén, en tres tipos de vegetación: (a) bosque secundario; (b) sistema agroforestal y (c) pastizal, ubicados en los sectores de (1) El Arenal, (2) El Huito, (3) El Almendral, (4) Mochenta y (5) Santa Cruz (Tabla 1).

Tabla 1. Localización de los sitios y vegetaciones

N.º	Sector	Tipo de vegetación		Latitud	Longitud	Altitud (m s.n.m.)
1	El Arenal	A	Bosque Secundario	-5.6753°	-78.8158°	989
		B	Sistema Agroforestal	-5.6727°	-78.8135°	881
		c	Pastizal	-5.6755°	-78.8151°	933
2	El Almendral	a	Bosque Secundario	-5.7912°	-78.7193°	519
		b	Sistema Agroforestal	-5.7885°	-78.7105°	485
		c	Pastizal	-5.8027°	-78.7231°	484
3	El Huito	a	Bosque secundario	-5.6917°	-78.8161°	898
		b	Sistema Agroforestal	-5.6887°	-78.8106°	798
		c	Pastizal	-5.6926°	-78.8150°	824
4	Mochenta	a	Bosque Secundario	-5.8012°	-78.7740°	704
		b	Sistema Agroforestal	-5.7986°	-78.7927°	815
		c	Pastizal	-5.7998°	-78.7985°	864
5	Santa Cruz	a	Bosque secundario	-5.6481°	-78.7127°	574
		b	Sistema Agroforestal	-5.6568°	-78.7126°	519
		c	Pastizal	-5.6513°	-78.7125°	569

2.3.1. Mapa de ubicación

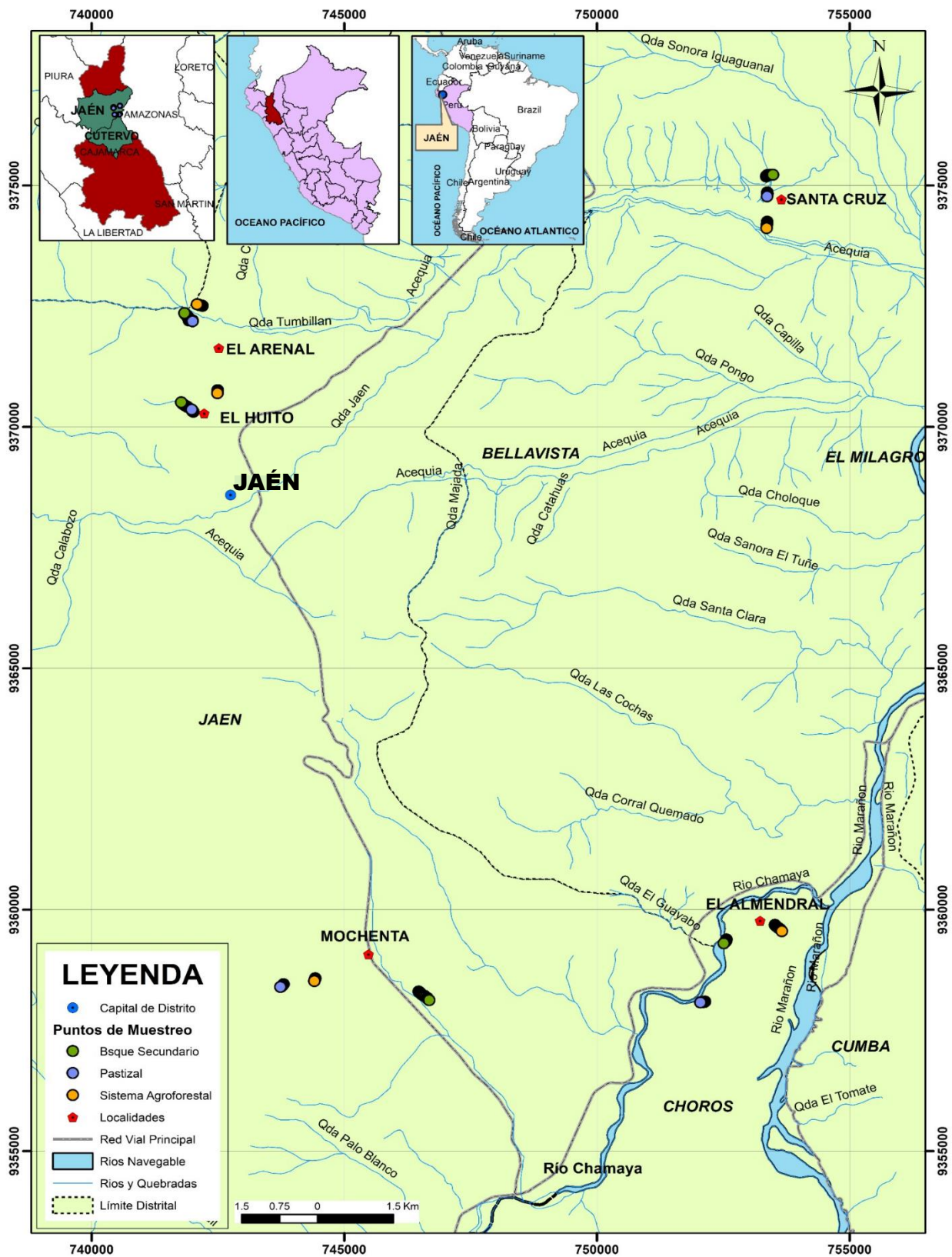


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio

2.4. Colecta de escarabajos copronecrófagos

La captura de escarabajos se llevó a cabo durante los meses de diciembre de 2023 a marzo de 2024. Se realizaron dos muestreos mensuales en cada tipo de vegetación en los cinco sitios de estudio, resultando un total de 90 muestreos. En cada tipo de vegetación se instalaron 10 trampas de caída (pitfall), ubicadas a lo largo de un transecto lineal de aproximadamente 200 metros previamente establecido. Las trampas fueron colocadas a una distancia de 20 m una de la otra, y permanecieron activas durante 48 horas (Noriega y Fagua, 2009).

Para la instalación de las trampas pitfall, se siguió la metodología descrita en el Manual para el monitoreo de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) propuesta por Noriega y Fagua (2009), haciendo una modificación en las porciones a utilizar. Se colocaron recipientes de plástico con capacidad de 600 ml, enterrados a ras del suelo y protegidos por una capa de plástico suspendida por estacas de 10 cm. A estos recipientes se les añadió a 1/3 de su capacidad alcohol de 70° como líquido de sacrificio y preservante. Luego, con alambre calibre n°14 se formó una “asa” que fue colocada a una altura de 5 cm aproximadamente del recipiente, y posteriormente se agregó el atrayente (cebo) en las copas plásticas en cada una de las trampas.

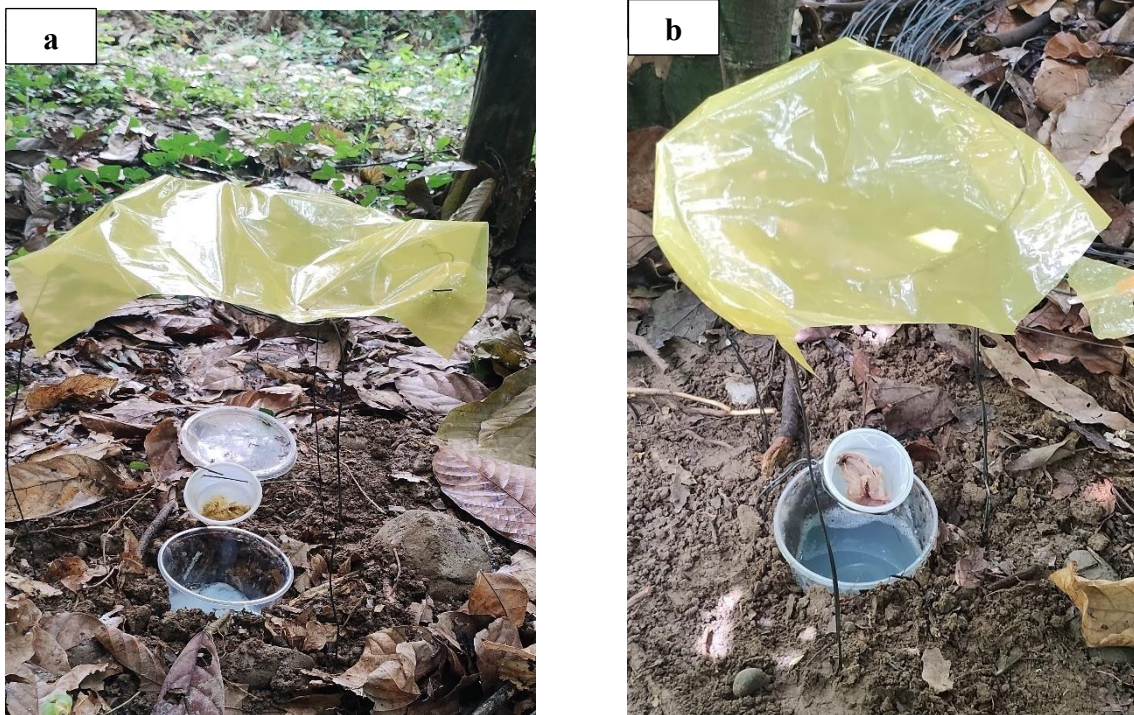


Figura 2. Trampas pitfall

Se emplearon de manera alterna dos tipos de cebos como atrayentes: 30 gramos de heces humanas frescas (coprotrampa) y 30 gramos de pescado descompuesto (necrotrampa). El excremento humano se seleccionó para atrapar escarabajos coprófagos, mientras que el pescado descompuesto atrajo especies necrófagas (Bustos y Lopera, 2003).

Los especímenes fueron lavados y almacenados en frascos herméticos debidamente etiquetados. Para la identificación taxonómica se utilizaron claves taxonómicas propuestos por González *et al.* (2009), Edmonds y Zidek (2010), Escobar (2010), se revisaron catálogos ilustrados de publicaciones científicas, así como la página web de iNaturalist (iNaturalist, 2018).

2.5. Curvas de acumulación de especies

Se realizó curvas de acumulación de especies para cada tipo de vegetación, con el propósito de determinar el número de especies halladas en relación al esfuerzo del muestreo; cuanto más sea el esfuerzo de muestreo, se tiene mayor certeza de registrar un mayor número de especies (Jiménez y Hortal, 2003). Se utilizaron los índices no paramétricos de Chao 1 y ACE . Chao 1 calcula la riqueza de especies esperada y se basa en el número de especies cuyas abundancias en el muestreo están representadas por uno o dos especímenes; el estimador ACE (Abundance-Based Coverage Estimator), calcula la riqueza esperada en base a las abundancias observadas de los muestreos, agrupando en especies abundantes y especies raras a aquellas con menos de 10 individuos por muestreo. Este análisis se efectuó en el programa EstimateSWin910 y las curvas de acumulación se graficaron usando el mismo programa.

2.6. Análisis de abundancia, riqueza y diversidad

La abundancia se determinó contando el número total de especímenes por especie capturadas en cada tipo de vegetación; mientras que la riqueza específica se determinó sumando el número de especies que integraron un determinado tipo de vegetación (Magurran 1988).

La diversidad de escarabajos copronecrófagos se determinó a través del índice de Shannon-Weiner, la cual se calculó con la siguiente ecuación:

$$H = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$

Donde:

H= Diversidad de especies.

P_i = Abundancia proporcional de las especies.

El cálculo de diversidad se realizó en el Software Rstudio, haciendo uso del paquete “vegan”:

Para determinar la relación entre los tipos de vegetación y la estructura de ensamblajes de los escarabajos (abundancia, riqueza y diversidad), se efectuó una comparación de medias a través de un análisis de varianza ANOVA. Se determinó independientemente la abundancia, riqueza y diversidad de especies con relación a cada tipo de vegetación (a), (b) y (c); y mediante la prueba ANOVA se hizo una comparación de medias entre las tres variables mencionadas anteriormente.

Para comprobar si existen significancias en las abundancias, riquezas y diversidad de escarabajos, se aplicó pruebas estadísticas de Tukey independientemente para cada variable. Los análisis estadísticos fueron procesados en el Software Rstudio haciendo uso de la librería “stats”, y para las gráficas de abundancia, riqueza y diversidad se utilizó la librería “ggplot2”.

2.7. Para determinar las especies indicadoras

Para evaluar el potencial indicador de los escarabajos copronecrófagos, se realizó el análisis del valor indicador “IndVal” (Dufrené y Legendre, 1997). Se evaluó dos variables de manera independiente, la exclusividad de una especie en un hábitat determinado y la frecuencia con la que ocurre la especie en ese ambiente. El valor indicador Indval se calculó mediante las siguientes fórmulas:

$$A_{ij} = N_{individuos_{ij}} / N_{individuos_i}$$

Donde:

A_{ij} = Grado de exclusividad.

$N_{individuos_{ij}}$ = Número de especímenes del grupo i en el hábitat j.

Nindividuos_i = Total de especímenes de la especie *i* en todos los hábitats.

$$B_{ij} = N_{sitios_{ij}} / N_{sitios_j}$$

Donde:

B_{ij} = Medida de fidelidad.

Nsitios_{ij} = Total de sitios del hábitat *j* donde la especie *i* está presente.

Nsitios_j = Total de sitios para el mismo hábitat *j*.

Finalmente, el porcentaje del valor indicador de la especie *i* en el hábitat *j*, es expresado de la siguiente forma:

$$IndVal_{ij} = A_{ij} \times B_{ij} \times 100$$

Las especies con un valor indicador mayor o igual a 50% fueron consideradas especies indicadoras; las especies con un valor menor a 50 pero mayores a 25% fueron consideradas especies detectoras y aquellas con valor IndVal menor a 25% fueron denominadas especies exclusivas.

El análisis del valor indicador IndVal se desarrolló en el software Rstudio, haciendo uso del paquete “indicspecies”.

2.8. Para evaluar la eficiencia del tipo de trampa

Para determinar la preferencia del cebo en las trampas se consideró a todos los individuos colectados en los dos tipos de trampa (coprotrampa y necrotrampa) y se realizó un conteo general de los especímenes por tipo de trampa.

El análisis de los datos se realizó a través de un análisis de varianza ANOVA, con un nivel de significancia del 95%; este análisis permitió establecer si existe diferencias en la selección del cebo para la captura de escarabajos copronecrófagos. Se estableció una comparación de medias mediante una prueba Tukey para evidenciar las significancias entre los tipos de trampa.

Este análisis se efectuó en Rstudio haciendo uso de la librería “stats”, y para graficar las significancias se usó la librería “ggplot2”.

2.9. Elaboración del catálogo

Se contempló en el catálogo a un individuo por especie; para ello, se realizó cinco fotografías por cada especie para después seleccionar la mejor. Para tomar las fotografías se empleó un estereoscopio con el fin de visualizar más detalladamente las características morfológicas de los especímenes. Las fotografías fueron tomadas horizontalmente y verticalmente en fondo de color blanco para una mejor visualización y fueron editadas en el programa Photoshop versión 2023.

Para el diseño del catálogo ilustrado se consideró los formatos de catálogos publicados en la página de Field Museum, considerando en el encabezado el título del catálogo, el nombre y correo electrónico del responsable de la elaboración del catálogo, así como la institución a la que pertenece el investigador.

Se contempló seis especies por página, teniendo en cuenta que se consideró una imagen en forma horizontal y otra de manera frontal por especie, para una mejor visualización de sus características.

Las especies en el catálogo fueron debidamente enumeradas y ordenadas de manera alfabética, escribiendo el nombre científico de cada individuo y el tamaño del espécimen de forma horizontal con ayuda de una regla digital.

III. RESULTADOS

3.1. Diversidad, riqueza y abundancia

3.1.1. Abundancia

Se colectaron 759 individuos pertenecientes a dos subfamilias: Scarabaeinae y Aphodiinae, agrupados en seis tribus, nueve géneros y 14 especies. La especie más abundante en el bosque secundario fue *Aphodius opatrinus* (n=23), mientras que, en el sistema agroforestal y los pastizales, *Onthophagus sp.* fue la especie que más abundó (n=30 y n=164) respectivamente (Tabla 2).

Tabla 2. Lista de especies de escarabajos copronecrófagos y sus respectivas abundancias

SITIOS		EL ARENAL			EL ALMENDRAL			EL HUITO			MOCHENTA			SANTA CRUZ				
TRIBU	ESPECIES	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	B	c	a	b	c		
Aphodiinae	Aphodiini	<i>Aphodius opatrinus</i>	9	2	20			12		5	15	7	3	25	7	11	43	
		<i>Cephalocyclus mexicanus</i>			12	3		15	9		34			13	4		22	
Canthonini		<i>Canthon humectus</i>					3											
		<i>Canthon lituratus</i>			1	2			1		3			2	1		5	
		<i>Deltochilum tessellatum</i>														1		
Dichotomini		<i>Dichotomius mamillatus</i>						1			3		1				1	
		<i>Dichotomius ohausi</i>							1					3	1			
Scarabaeinae	Oniticellini	<i>Eurysternus caribaeus</i>		2						2							4	
		<i>Digitonthophagus gazella</i>			5	4			2		4			10	1		4	
	Onthophagini	<i>Onthophagus curvicornis</i>	2						2									
		<i>Onthophagus marginicollis</i>	5	3	33			14			38	5	12	3	14	45		
		<i>Onthophagus haematopus</i>	2		12				2		9			5				8
		<i>Onthophagus sp.</i>			41			25			15	9	23	11	21	60		
Phanaeini		<i>Oxysternon conspicillatum</i>															1	
		TOTAL	18	7	124	9	3	68	16	7	118	10	17	94	30	50	188	

*(a) Bosque secundario; (b) Sistema agroforestal y (c) Pastizal

La mayor abundancia de escarabajos copronecrófagos se registró en los pastizales (n = 592), seguido por el sistema agroforestal (n = 84) y bosque secundario (n = 83); las especies más abundantes fueron *Onthophagus* sp. y *O. marginicollis* representando el 27 y 23% del total de individuos registrados; solo se registró un individuo de *O. conspicillatum* y *D. tessellatum* en bosques secundarios, mientras que *E. caribaeus* y *C. humectus* solo tuvieron presencia en los sistemas agroforestales colectándose ocho y tres ejemplares respectivamente (fig. 3).

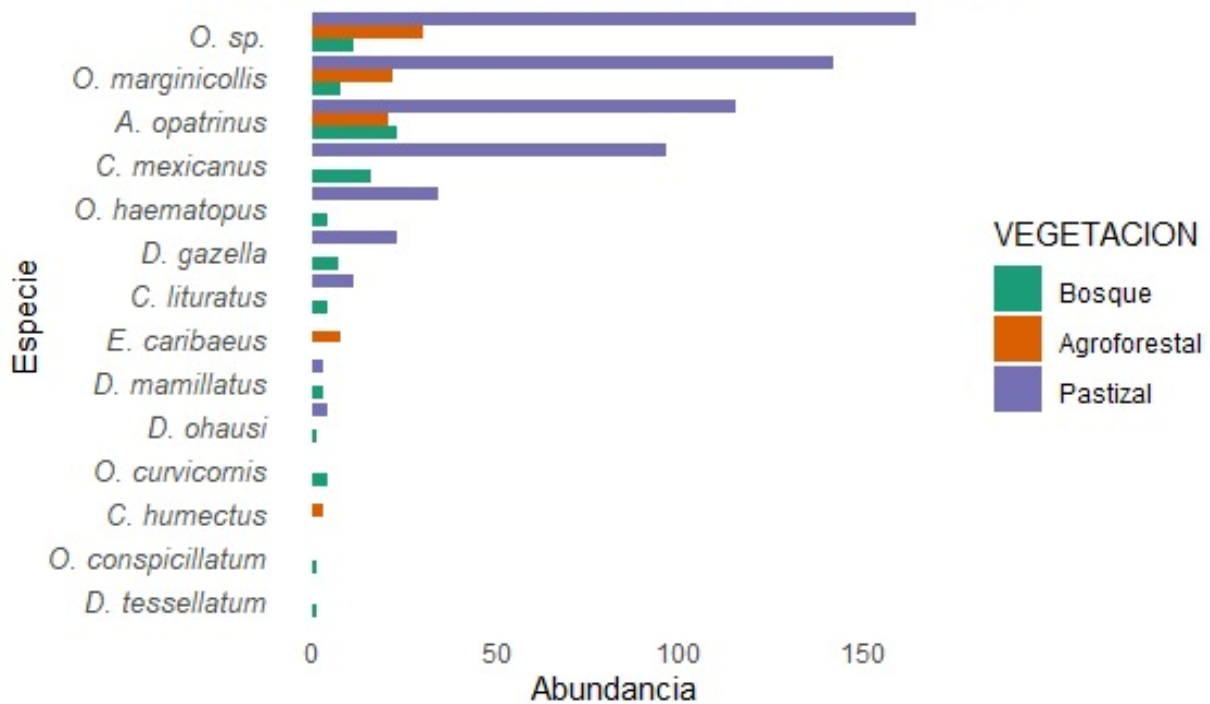


Figura 3. Abundancia de escarabajos copronecrófagos

El análisis de varianza ANOVA, mostró una diferencia significativa en relación a las abundancias de individuos registrados para cada tipo de vegetación ($F= 4.973$; $p = 0.011$; $\alpha = 0,05$); esto indica que por lo menos un tipo de vegetación es numéricamente más abundante; mientras que, la prueba Tukey evidenció que los pastizales son estadísticamente más abundantes que los bosques ($p= 0.024 < 0.05$) y los sistemas agroforestales ($p=0.025 < 0.05$), pero, el bosque y el sistema agroforestal no son estadísticamente diferentes en abundancia de escarabajos, pues la prueba arrojó un valor mayor a 0.05 ($p=0.999$) (Fig. 4).

Significancia de abundancias

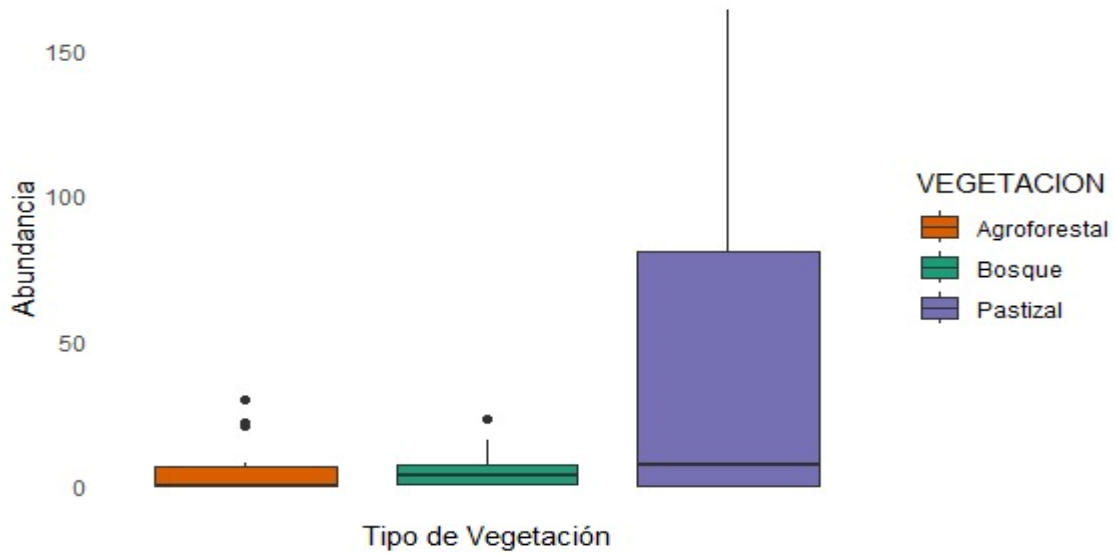


Figura 4. Significancias de abundancias

3.1.2. Riqueza

La riqueza de escarabajos fue mayor en el bosque secundario de Santa Cruz y en el pastizal de Mocheta, ambos sitios con nueve especies registradas, en tanto que, las localidades menos ricas en especies se hallaron en los sistemas agroforestales de El Almendral y El Huito, con uno y dos especies respectivamente (Fig. 5).

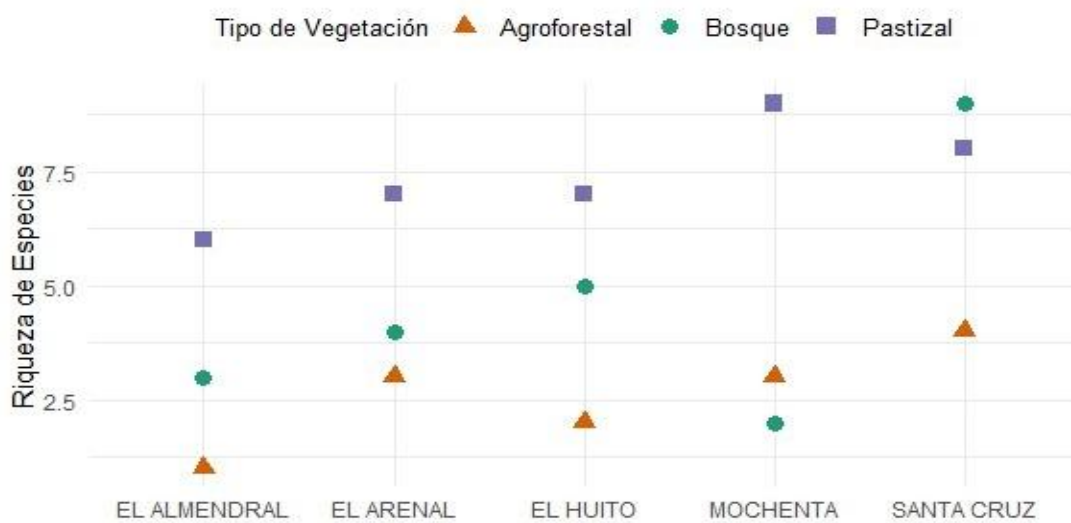


Figura 5. Riqueza de especies

El ANOVA para la riqueza de especies señaló que entre los sitios estudiados no hay diferencias significativas ($F= 0.687$; $p = 0.061$; $\alpha = 0,05$) y revela que las cinco localidades estudiadas son iguales en riqueza de escarabajos. En contraste, la prueba de tipos de vegetación sí mostró significancias ($F= 8.808$; $p = 0.0044$; $\alpha = 0,05$) explicando que por lo menos un tipo de vegetación es más rico en especies de escarabidos. La prueba de Tukey reveló significancia entre los sistemas agroforestales y los pastizales ($p= 0.003 < 0.05$), siendo este último más rico en especies. Se demostró estadísticamente que los bosques secundarios fueron iguales en riqueza de especies que los pastizales ($p= 0.074 > 0.05$) (Fig. 6).

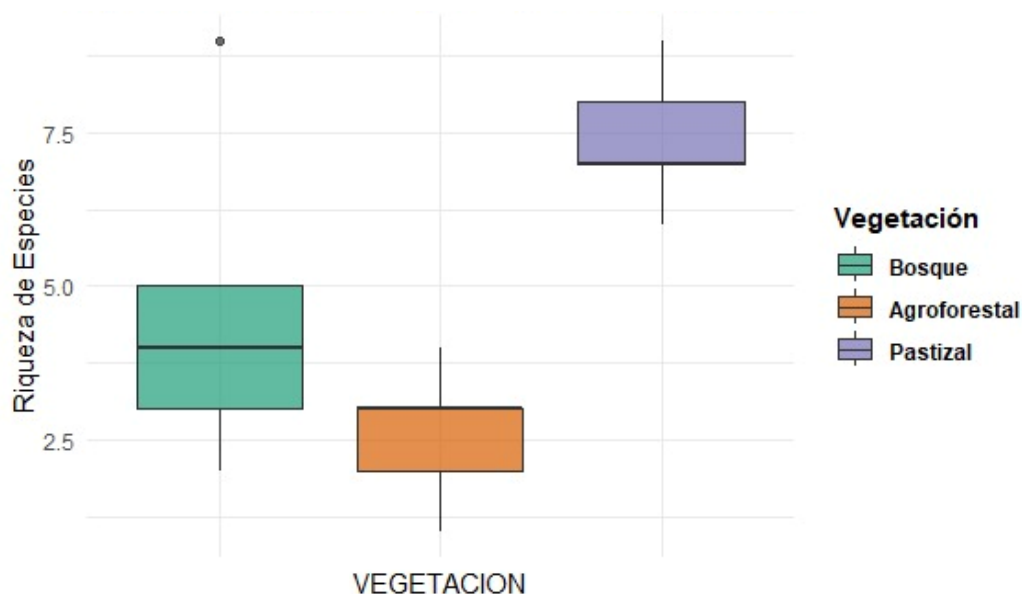


Figura 6. Relación estadística de riqueza

3.1.3. Índice de diversidad

La diversidad de especies calculada mediante el índice de Shannon (H'), fue mayor en el pastizal de Mochenta ($H' = 1.868$), seguido por el bosque secundario de Santa Cruz ($H' = 1.773$), mientras que, la diversidad más baja se encontró en el sistema agroforestal de El Almendral ($H' = 0$), indicando la ausencia de especies, ya que solo se registró la presencia de *Canthon humectus* en este tipo de vegetación. Además, se evidenció que el pastizal en Santa Cruz tiene un índice de diversidad moderado, similar al observado en El Arenal y El Huito (Tab. 3).

Tabla 3. Diversidad H de las vegetaciones estudiadas

Sitios	Vegetación	Diversidad H'	Nº especies
EL ARENAL	a	1.191	4
	b	1.079	3
	c	1.633	7
EL ALMENDRAL	a	1.061	3
	b	0	1
	c	1.457	6
EL HUITO	a	1.277	5
	b	0.5983	2
	c	1.652	7
MOCHENTA	a	0.6109	2
	b	1.003	3
	c	1.868	9
SANTA CRUZ	a	1.773	9
	b	1.256	4
	c	1.636	8

*(a) Bosque secundario; (b) Sistema agroforestal y (c) Pastizal

La prueba ANOVA para diversidad de especies indicó que no hay significancias entre los sitios estudiados ($F= 0.706$; $p = 0.6055$; $\alpha = 0,05$) sugiriendo que las cinco localidades evaluadas presentan diversidades parecidas; sin embargo, sí hay diferencias según el tipo de vegetación ($F= 6.235$; $p = 0.0139$; $\alpha = 0,05$) prediciendo que por lo menos un tipo de vegetación presenta la mayor diversidad de escarabajos copronecrófagos. Los resultados del análisis Tukey revelaron que el pastizal presenta una diversidad de Shannon significativamente mayor que el sistema agroforestal ($p= 0.0107 < 0.05$), mas no es estadísticamente diferente que el bosque secundario ($p= 0.1783 > 0.05$), y entre el bosque y el sistema agroforestal tampoco se halló significancias ($p= 0.2760 > 0.05$) indicando que son similares en diversidad (Fig. 7).

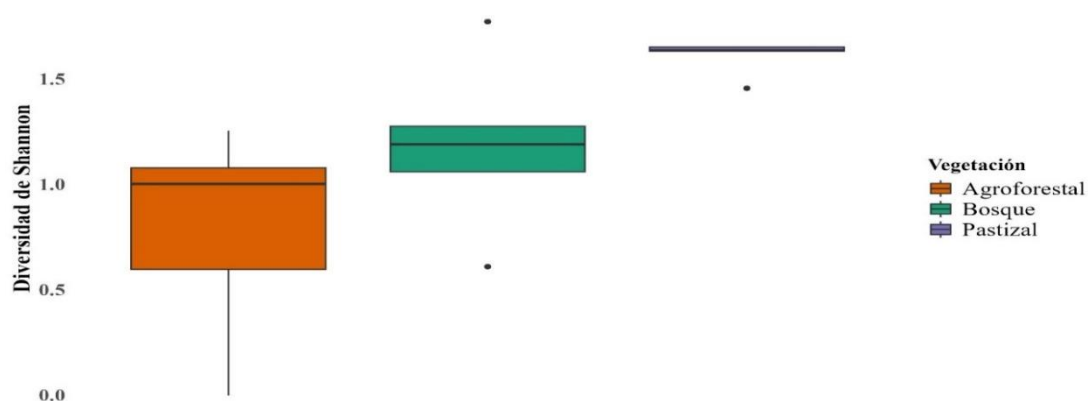


Figura 7. Relación estadística de diversidad

3.2. Curvas de acumulación de especies

Las curvas de acumulación de especies mostraron que la eficiencia del muestreo fue muy buena para los tres tipos de vegetación, lográndose el 100% de muestreo en el sistema agroforestal y el pastizal según los índices no paramétricos de Chao 1 y ACE Mean (acumulación esperada) en relación a la acumulación encontrada (S Mean); mientras que en el bosque secundario el esfuerzo de muestreo fue de 91.74%, indicando una probabilidad de 0.082 de encontrar algunas especies no colectada en ese tipo de vegetación si es que se aumenta el número de muestreos (Fig. 8).

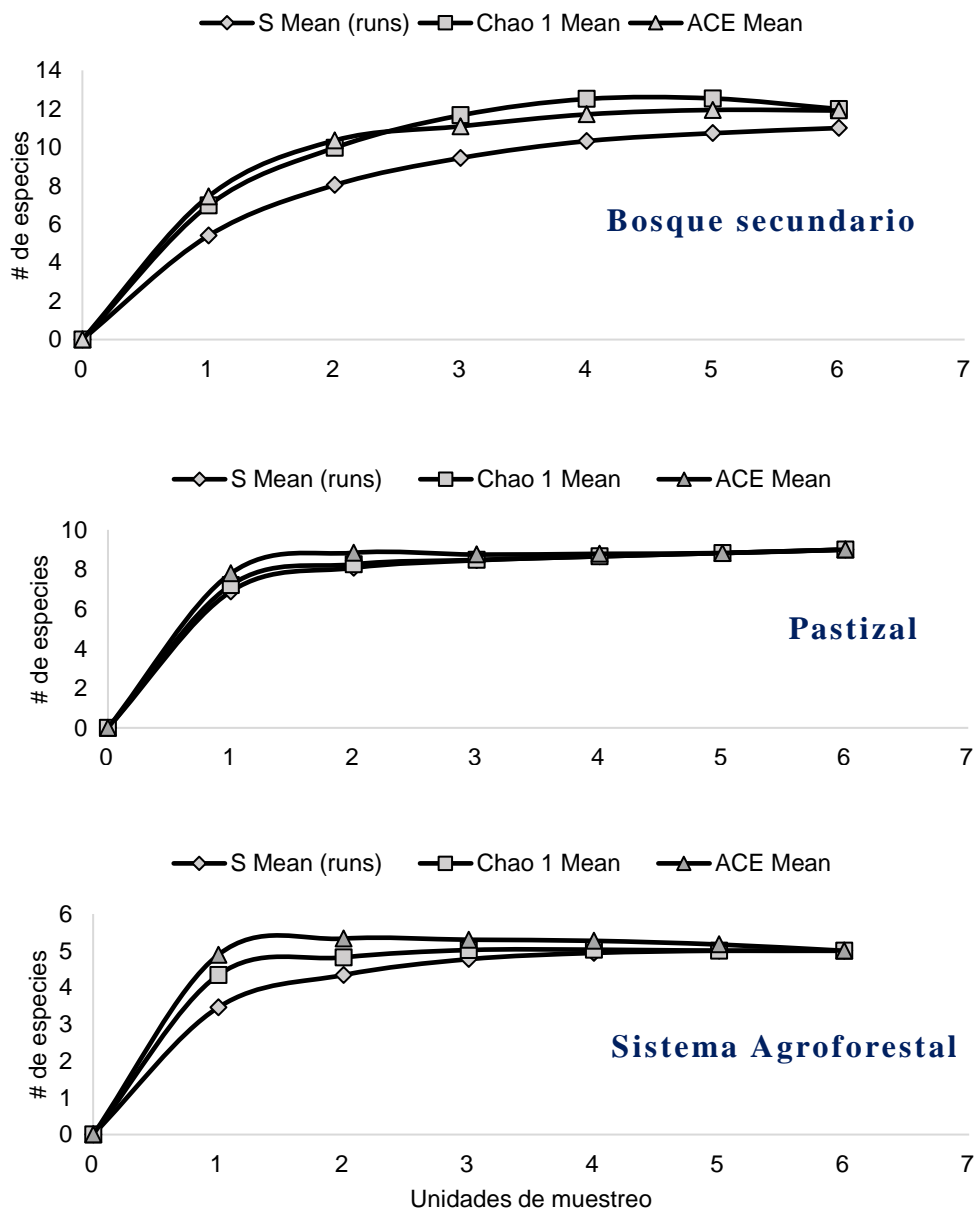


Figura 8. Curvas de acumulación de especies

3.3. Escarabajos copronecrófagos bioindicadores

El análisis del valor indicador Indval reveló resultados significativos para ocho de las 14 especies registradas, categorizadas como especies “indicadoras”. *Cephalocyclus mexicanus* presentó el valor indicador más alto con un 86% ($p=0.001$), seguido por *Onthophagus marginicollis* y *Onthophagus sp.* con valores Indval de 83 y 80% y con significancias de $p=0.007$ y $p=0.001$ respectivamente. *Eurystemus caribaeus* y *Canthon lituratus* presentaron p-valor inferior a 0.05, indicando que, aunque pertenecen al grupo de especies “indicadoras”, les falta significancia estadística para ser catalogadas como tal.

Tres especies fueron categorizadas como “detectoras” por presentar valores Indval menores al 50%, destacando en este grupo *Onthophagus curvicornis* quien presentó un valor Indval de 40%. Se evidenció también a tres especies catalogadas como “exclusivas” que fueron aquellas especies con presencia única en los tipos de vegetación, estas especies obtuvieron un valor Indval inferior al 25%.

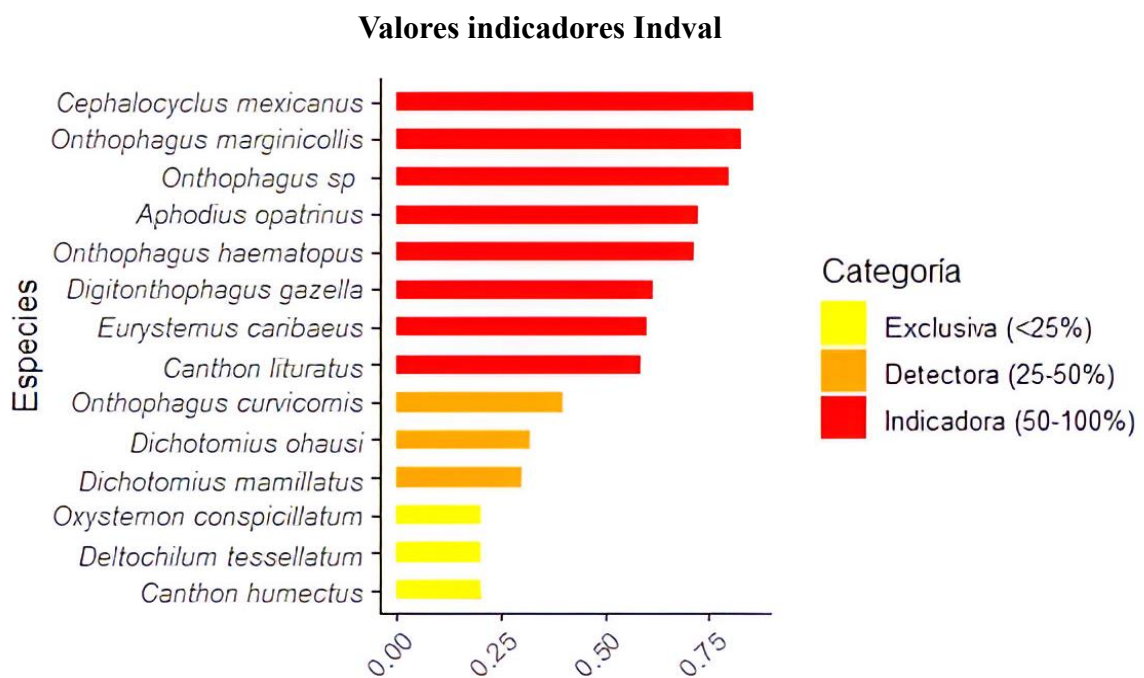


Figura 9. Valor indicador Indval

3.4. Eficiencia del tipo de trampa

Las coprotrampas (heces de humano) registraron la mayor riqueza y abundancia de especies con 13 taxas, representando más del 90% del total de las especies capturadas y 639 individuos, equivalente al 84% del total de especímenes colectados; de las 13 especies, seis tuvieron preferencia netamente coprófaga mientras que las otras siete especies compartieron preferencia por el pescado descompuesto. En las necrotrampas (pescado descompuesto) se capturaron 7 especies y 120 individuos, equivalentes al 50% y 16% respectivamente. Seis especies compartieron ambos tipos de alimentación por lo que se les puede denominar especies copronecrófagas, sobresaliendo *Onthophagus marginicollis* con 172 individuos capturados (Fig.11)

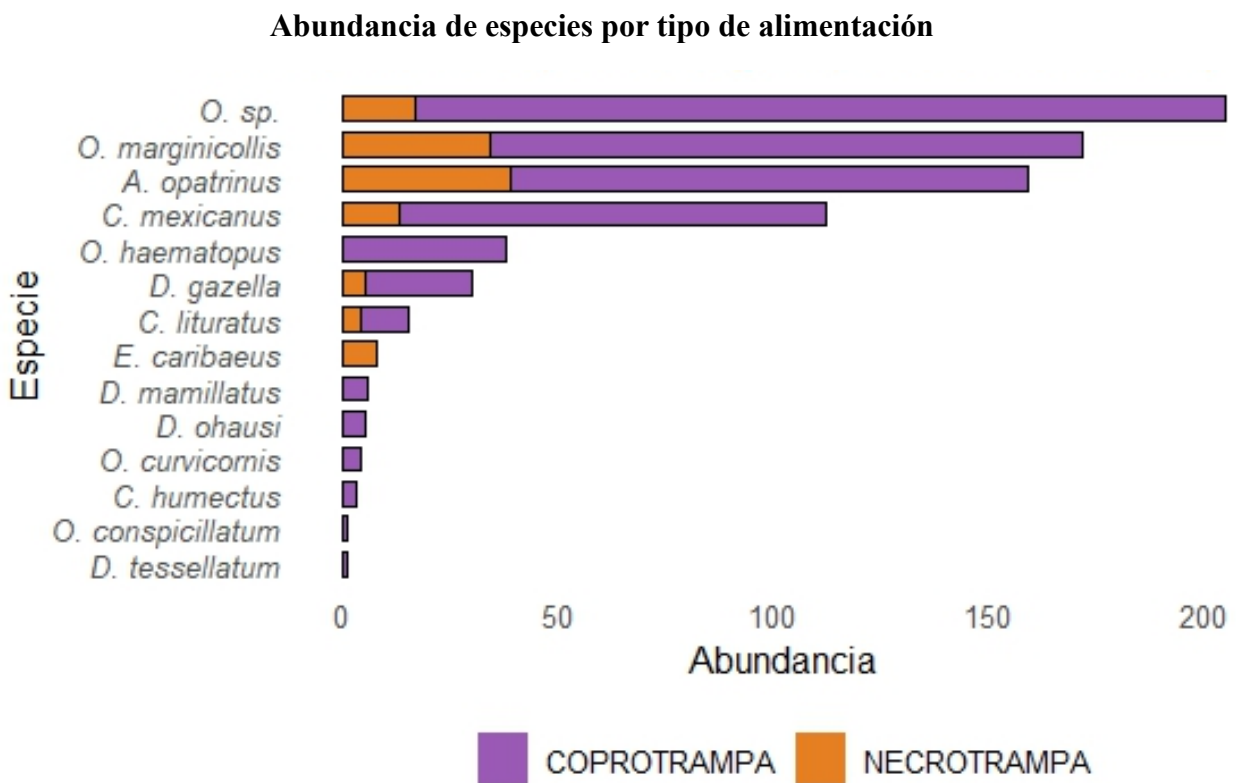


Figura 10. Abundancia de especies agrupadas por tipo de alimentación

El análisis de varianza ANOVA, confirmó la eficiencia de las coprotrampas en la captura de escarabajos copronecrófagos ($F= 4.639$; $p= 0.040$; $\alpha = 0,05$), revelando que la abundancia de especímenes capturados está fuertemente influenciada por el tipo de cebo utilizado en campo (Fig. 11).

Comparación de abundancias entre tipos de trampas

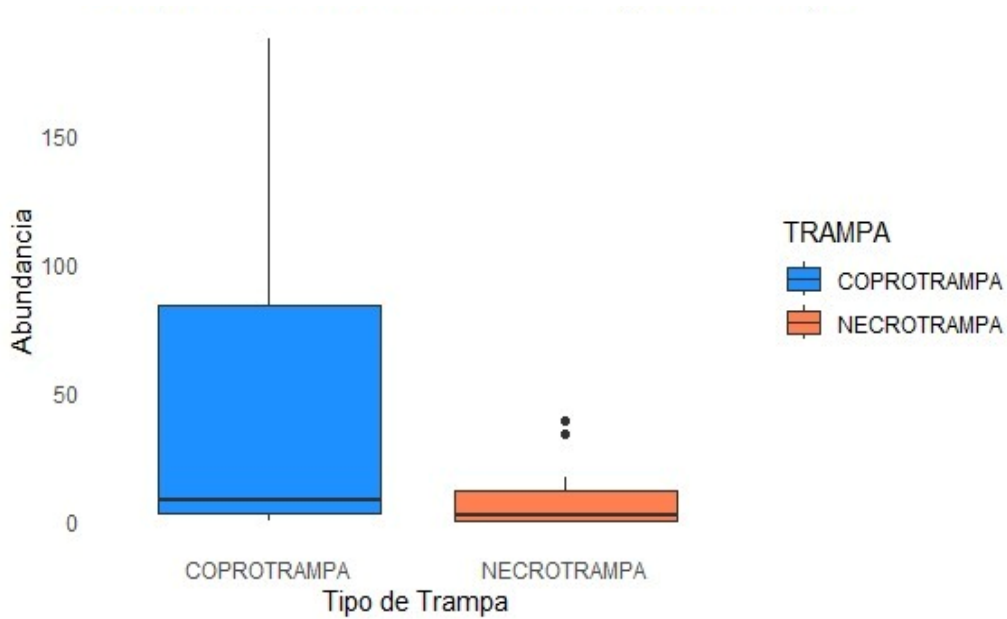


Figura 11. Comparación estadística entre tipos de trampas

3.5. Catálogo ilustrado

El catálogo es el primer documento ilustrado que reporta la riqueza de especies de escarabajos copronecrófagos presentes en tres tipos de vegetación presentes en los alrededores de la ciudad de Jaén y contribuye al conocimiento de la biodiversidad local. Este catálogo ilustrado será una herramienta útil para facilitar la identificación rápida y confiable de las 14 especies de escarabajos copronecrófagos registrados. Este recurso se convertirá en una herramienta de referencia invaluable para investigadores, estudiantes y profesionales interesados en el estudio de estos organismos. Dado que estos escarabajos son indicadores de perturbaciones ecológicas, el catálogo facilitará el seguimiento de los cambios en la composición de especies, lo que facilitará evaluar el estado de conservación de los ecosistemas. Así mismo, el catálogo puede ser utilizado por la comunidad local para participar en el monitoreo y la documentación de la biodiversidad de escarabajos copronecrófagos.

Jhon Anderson Sánchez Gonzales
Jhon.sanchez@est.unj.edu.pe

Universidad Nacional de Jaén, Escuela de Ingeniería Forestal y Ambiental

1



7 mm

Aphodius opatrinus
APHODIINAE

2



7 mm

Cephalocyclus mexicanos
APHODIINAE

3



7 mm

Canthon humectus
SCARABAEINAE

4



7 mm

Canthon lituratus
SCARABAEINAE

5



33 mm

Deltochilum tessellatum
SCARABAEINAE

6



28 mm

Dichotomius mamillatus
SCARABAEINAE

Jhon Anderson Sánchez Gonzales
Jhon.sanchez@est.uni.edu.pe

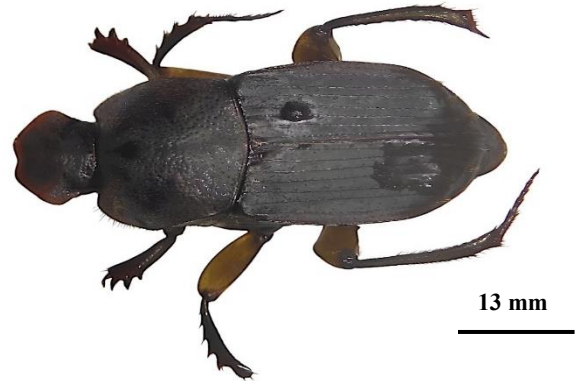
Universidad Nacional de Jaén, Escuela de Ingeniería Forestal y Ambiental

7



Dichotomius ohausi
 SCARABAEINAE

8



Eurysternus caribaeus
 SCARABAEINAE

9



Digitonthophagus gazella
 SCARABAEINAE

10



Onthophagus curvicornis
 SCARABAEINAE

11



Onthophagus marginicollis
 SCARABAEINAE

12



Onthophagus haematopus
 SCARABAEINAE

Jhon Anderson Sánchez Gonzales
Jhon.sanchez@est.unj.edu.pe

Universidad Nacional de Jaén, Escuela de Ingeniería Forestal y Ambiental

13



Onthophagus sp.
SCARABAEINAE

14



Oxysternon conspicillatum
SCARABAEINAE

IV. DISCUSIÓN

4.1. Abundancia, riqueza y diversidad de especies

Este estudio, es el primer trabajo con escarabajos copronecrófagos en los BES del norte del Valle del Marañón, evaluando la estructura de ensamblajes de escarabajos en bosques, sistemas agroforestales y pastizales, se caracterizan atributos de las comunidades de escarabajos copronecrófagos en distintos tipos de vegetación.

Los pastizales presentaron los valores más altos en riqueza de especies y densidad (592 individuos); al sur de Ecuador, Rivera *et al.*, (2023) y Armijos *et al.*, (2022) registraron mayor abundancia en bosques secundario; posiblemente la abundancia registrada en los pastizales de los BES del Marañón sea atribuida a la mayor disponibilidad de recursos alimenticios (fecas de ganado) (Nichols *et al.*, 2008; Estrada y Coates-Estrada, 2002), la alta producción de estiércol en pastizales proporciona un suministro constante y abundante de recursos alimenticios para los escarabajos, soportando una alta riqueza y densidad. *Onthophagus marginicollis* la segunda especie más abundante en pastizales ha sido registrada en lugares abiertos, específicamente en áreas de uso ganadero (Barraza *et al.*, 2010; Navarro *et al.*, 2011). También *O. marginicollis* fue abundante en los pastizales, debido a su hábito generalista, con una amplia preferencia por excrementos de vaca, cerdo, y humano (Escobar 1997; Rangel *et al.*, 2012). El comportamiento generalista les permite a especies de la tribu Onthophagini poder establecerse en diferentes vegetaciones, ambientes perturbados, bordes de fragmentos y pastizales (Hanski y Cambefort 1991). Los sistemas agroforestales presentaron niveles inferiores de riqueza y abundancia, este tipo de vegetación está sujeta a prácticas de manejo como tala selectiva, manejo de cultivos, incendios y cambios en la composición de la vegetación, que podría afectar la estructura de las comunidades de escarabajos (Nichols *et al.*, 2007).

Los hallazgos revelaron que la riqueza de especies es similar entre los tipos de vegetación estudiados, y muestran una composición similar de escarabajos copronecrófagos, debido a la proximidad geográfica y la similitud ambiental entre los cinco sitios. Estudios ecológicos, revelan que la proximidad geográfica entre sitios ha conllevado a condiciones ambientales semejantes, y favorece la presencia de especies similares en términos de riqueza (Chesson, 2000; Armijos *et al.*, 2022; y Vélez y Saavedra, 2018). También los resultados muestran que las especies de coleópteros

copronecrófagos presentes en los bosques estacionalmente secos tienen capacidad para resistir perturbaciones antropogénicas, hecho que ha sido comprobado en anteriores estudios que indican que especies de coleópteros han evolucionado en condiciones de ausencia de lluvia que caracteriza el clima de este bioma (Pizano y García 2014), esta adaptación les ha conferido una resistencia particular a los cambios ambientales inducidos por actividades humanas, como la deforestación, la agricultura y la urbanización.

Es importante mencionar que, para mejorar la diversidad y abundancia de escarabajos copronecrófagos en sistemas agroforestales, es fundamental implementar prácticas que restauren y mantengan la calidad del hábitat; esto podría incluir, aumentar la heterogeneidad del paisaje mediante la inclusión de diferentes especies arbóreas y arbustivas, que proporcionen microhábitats y recursos variados a lo largo del año (Louzada et al., 2010); además, la reducción o eliminación del uso de pesticidas o fertilizantes químicos, podría favorecer la supervivencia de aquellas especies sensibles (Morris, 2010); mientras que, la incorporación de materia orgánica, como estiércol, podría mejorar las condiciones del suelo y atraer mayor abundancia de escarabidos (Nichols et al., 2008).

4.2.Potencial Indicador

Se identificaron ocho especies "indicadoras", *Cephalocyclus mexicanus* presentó el valor indicador más alto con 86%, y sugiere una fuerte asociación con los pastizales. Este hallazgo es consistente con estudios previos que señalan a los escarabajos copronecrófagos como indicadores ecológicos en ambientes perturbados debido a su sensibilidad a las condiciones ambientales (Halfpter y Favila, 1993). En este estudio, las ocho especies "indicadoras" son indicadoras para un tipo de vegetación altamente impactado como los pastizales donde se realizan quemadas frecuentes, en contraste con aquellas especies registradas en los bosques secundario y sistemas agroforestales.

Las especies indicadoras registradas en los bosques secundarios reflejan un ecosistema con una estructura compleja y heterogénea, favorecida por la estratificación vertical y los diversos microhábitats disponibles (Araujo et al., 2021); por otro lado, la alta diversidad indica una red trófica equilibrada y una estabilidad ecológica, reflejando una menor exposición a perturbaciones humanas severas como la deforestación y la expansión urbana (Borges et al., 2010; García et al., 2017). En contraste, los pastizales,

aunque presentan una alta abundancia de escarabajos debido a la disponibilidad de materia orgánica en descomposición, enfrentan perturbaciones como quemas frecuentes, uso de herbicidas y cambios en el uso del suelo. Estas prácticas podrían estar simplificando el hábitat y provocando una mayor presión sobre los recursos, resultando en una menor diversidad de escarabajos (Hendrix et al., 2012; López et al., 2016).

Las especies del género *Onthophagus* mostraron una alta especificidad y fidelidad en los pastizales, lo que las convierte en excelentes indicadores de este tipo de vegetación. Este resultado es acorde con lo reportado por Nichols et al. (2008), quienes destacaron las especies del género *Onthophagus* como indicadores biológicos debido a su capacidad para responder rápidamente a cambios en el entorno y las consideran valiosas para monitorear los impactos en los ecosistemas. En los pastizales, estas especies pueden indicar el estado del ecosistema a través de su presencia y abundancia, ya que son sensibles a perturbaciones como quemas frecuentes, uso de herbicidas y cambios en el uso del suelo (López *et al.*, 2016). Aunque una alta abundancia de *Onthophagus* puede sugerir una adecuada disponibilidad de recursos como estiércol, su presencia en un ecosistema afectado por estas perturbaciones puede también reflejar un hábitat en degradación. Las quemas y el uso de herbicidas pueden alterar los recursos disponibles y la estructura del hábitat, afectando negativamente la diversidad y funcionalidad del ecosistema (García *et al.*, 2017). Por lo tanto, la presencia de *Onthophagus* en estos pastizales puede ser una señal de que el ecosistema está sometido a estrés y perturbaciones, lo que indica que, aunque estas especies sean indicadores valiosos, su estado puede reflejar problemas subyacentes en la salud del ecosistema.

Eurysternus caribaeus y *Canthon lituratus*, no mostraron una significancia estadística suficiente para ser clasificadas como tal. Esto podría deberse a la plasticidad en la preferencia de hábitat y su capacidad de adaptarse a diferentes condiciones ambientales. *C. lituratus* fue registrado en los tres tipos de vegetación, los estudios indican que las especies de *Canthon* son generalistas y pueden habitar en una variedad de entornos, encontrando alimento y hábitats adecuados en una variedad de condiciones, lo que les permite habitar desde bosques secundarios hasta pastizales perturbados (Escobar *et al.*, 2007).

4.3.Eficiencia del tipo de trampa

Las coprotrampas con heces humanas registraron una notable riqueza y abundancia de especies. Específicamente, se observó que las coprotrampas capturaron 13 taxas de escarábidos, representando más del 90% del total de especies y el 84% del total de los individuos colectados. *Onthophagus marginicollis* fue una de las especies destacadas con 172 ejemplares capturados, mostrando una clara preferencia por las heces humanas. La tribu Onthophaguini al ser principalmente especies paracópidas -es decir que entierran el recurso- fueron atraídas por las coprotrampas, lo mismo se observó con la tribu Canthonini que en su mayoría son especies telecóplicas (rodadoras). Este resultado es respaldado por el estudio de Figueroa y Alvarado (2011) en la Reserva Nacional Tambopata, donde encontraron que las coprotrampas atrajeron la mayor abundancia y riqueza de escarabajos. La eficiencia de este tipo de trampas podría deberse a que el cebo utilizado (heces) emiten olores muy intensos y persistentes, simulando los recursos naturales que los escarabajos utilizan tanto para alimentarse como para reproducirse (Gatty y Grández, 2020).

Oxysternon conspicillatum de la tribu Phanaeini tuvo preferencia coprófaga, esto contrasta con el resultado de Figueroa y Alvarado (2011) quienes registraron especies del género *Phanaeus* con preferencia netamente necrófaga, es decir especies carroñeras; esta variación podría deberse a que, si bien ambos géneros pertenecen a la misma tribu, no son las mismas especies colectadas, además, el cambio de hábitats donde se desarrollaron ambas investigaciones difieren mucho, ya que ellos evidenciaron eso en un bosque de la amazonia peruana donde existe mayor recurso carroñero y donde probablemente las especies se encuentran mejor adaptadas a ese tipo de alimento.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El presente estudio ofrece una visión detallada de la diversidad y abundancia de escarabajos copronecrófagos, esenciales para el funcionamiento de los ecosistemas terrestres. Los hallazgos subrayan la importancia del pastizal como hábitat altamente favorable para estos insectos, y destacan la relevancia del bosque secundario y del sistema agroforestal en términos de riqueza de especies.

La identificación de especies indicadoras específicas para cada tipo de vegetación en el BES (Bosque, Sistema Agroforestal y Pastizal) representa un avance significativo en el conocimiento ecológico y la comprensión de las interacciones insecto-planta. Este estudio destaca el hallazgo crucial de ocho especies indicadoras de perturbaciones ecológicas en los BES del norte del valle de Marañón. La presencia de estas especies proporciona una herramienta valiosa para monitorear y evaluar la salud ecológica de estos sistemas, permitiendo detectar cambios y tendencias en respuesta a las actividades humanas y a las variaciones ambientales. Estos resultados proporcionan una base sólida para futuras investigaciones y acciones de conservación, contribuyendo a la sostenibilidad y salud de los ecosistemas neotropicales. La información obtenida en este estudio es crucial no solo para la conservación de la diversidad de escarabajos copronecrófagos y sus hábitats, sino también para el desarrollo de estrategias de manejo que fortalezcan la resiliencia y funcionalidad de los ecosistemas. Estos hallazgos proporcionan una base sólida para implementar prácticas de conservación que aseguren la estabilidad y sostenibilidad de estos entornos naturales, promoviendo su capacidad de adaptarse y recuperarse frente a perturbaciones ambientales y antropogénicas en el neotrópico.

5.2. Recomendaciones

- Continuar con el estudio a mediano y largo plazo monitoreando por temporadas, de verano e invierno para determinar la influencia climática en los ensamblajes de escarabajos copronecrófagos como bioindicadores de los bosques estacionalmente secos del Valle del Marañón, esto es importante porque permitirá

detectar cambios en la biodiversidad y la estructura del ecosistema debido a perturbaciones antropogénicas y/o naturales que se susciten posteriormente.

- Combinar el uso de escarabajos copronecrófagos con otros grupos bioindicadores, como aves, plantas y mamíferos, para obtener una evaluación de la calidad ecológica de nuestros ecosistemas. La integración de múltiples bioindicadores puede reducir los sesgos y aumentar la robustez de las evaluaciones ambientales, proporcionando una comprensión más profunda y precisa de las perturbaciones y su impacto en la biodiversidad.
- Se recomienda diversificar el uso de cebos en posteriores estudios de escarabajos copronecrófagos para evaluar si existen variaciones en la colecta y composición de especies; además de las heces humanas y el pescado en descomposición, se sugiere emplear carne de pollo en descomposición, heces de animales vacuno, y ovino, frutas como el plátano y el mango en fermentación, y otros tipos de carroña (restos de animales muertos) para simular condiciones naturales donde los escarabajos se encuentran normalmente.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alburquerque, D., Vaz-de-Mello, F., Cherre, A y Timaná, C. (2015). Coleópteros (Coleoptera: Scarabaeidae) de los bosques de niebla, Ramos y Chin Chin, AyabacaHuancabamba, Piura-Perú. INDES Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable. 3. 108-116. 10.25127/indes.20153.138.
- Arellano, L., León-Cortés, J., & Halffter, G. (2008). Response of dung beetle assemblages to landscape structure in remnant natural and modified habitats in southern Mexico. *Insect Conservation and Diversity*, 1, 253-262.
- Armijos-Armijos, Claudio & Paucar-Cabrera, Aura & Mendoza-León, Christian. (2022). Riqueza y abundancia de escarabajos peloteros en un área de conservación periurbana de Loja, Ecuador. CEDAMAZ. 12. 1-8. 10.54753/cedamaz.v12i1.1191.
- Banda-Rodríguez K, Delgado-Salinas A, Dexter KG, Linares Palomino R, Oliveira-Filho A, Prado D, Pullan M, Quintana C, Riina R, Rodríguez M. (2016). Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation

implications. Science. 353(6306):1383-1387.
<https://doi.org/10.1126/science.aaf5080>

- Barraza J, Montes J, Martínez N, Deloya C. 2010. Ensamblaje de escarabajos coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) del Bosque Tropical Seco, Bahía Concha, Santa Marta (Colombia). *Revista Colombiana de Entomología* 36(2): 285-291.
- Bustos, L.F y Lopera, A. (2003). Preferencia por cebo de los escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de un remanente de bosque seco tropical al norte del Tolima (Colombia). *Monografías Tercer Milenio*. 3. 59-65.
- Cambra, R. (2006). Diversidad de escarabajos peloteros (coleoptera: scarabaeidae: scarabaeinae) del parque nacional darién, panamá. *Scientia*, 21(1), 105–111.
- Carignan, V., & Villard, M.-A. (2002). Selecting indicator species to monitor ecological integrity: A review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 78(1), 45-61. doi:10.1023/A:1016136723584
- Chazdon, R. L. (2014). Segundo crecimiento: La promesa de la regeneración de los bosques tropicales en una era de deforestación. University of Chicago Press.
- Chesson, Peter. (2000). Mechanisms of maintenance of species diversity. *Annu Rev Ecol Evol Syst* 31: 343-366. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 31. 343-366. 10.1146/annurev.ecolsys.31.1.343.
- Doube, B. M. (1990). A functional classification for analysis of the structure of dung beetle assemblages. *Ecological Entomology*, 15(4), 371-383.
- Dufrêne, M., & Legendre, P. (1997). Species assemblages and indicator species: The need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67(3), 345-366. doi:10.2307/2963459
- Edmonds, W.D., & Zidek, J. (2010). *A Taxonomic Review of the Neotropical Dung Beetle Genus Dichotomius*. Springer. ISBN: 978-3642146997.
- Escobar F. 1997. Estudios de la comunidad de coleópteros coprófagos (Scarabaeidae) en un remanente de bosque seco al norte del Tolima, Colombia. *Caldasia* 19(3): 419-430.

- Escobar, F. (2010). "Dung Beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) Species and the Changing Biogeographical Patterns from Chocó Rainforest to Andean Forest in Colombia." *Zootaxa*, 2410, 1-36.
- Escobar, F., G. Halffter & L. Arellano (2007). From forest to pasture: an evaluation of the influence of environment and biogeography on the structure of dung beetle (Scarabaeinae) assemblages along three altitudinal gradients in the Neotropical region. *Ecography* 30: 193–208.
- Estrada, A., & Coates-Estrada, R. (2002). Dung beetles in continuous forest, forest fragments and in an agricultural mosaic habitat island at Los Tuxtlas, Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 11(11), 1903-1918.
- Figuerola, L y Alvarado, M. (2011). «Coleópteros coprófagos (Scarabaeidae: Scarabeinae) De La Reserva Nacional Tambopata, Madre De Dios, Perú». *Revista Peruana De Biología* 18 (2):209-12. <https://doi.org/10.15381/rpb.v18i2.230>.
- García, M. E., Fernández, C. M., Martínez, A. R., & Moreno, J. A. (2017). Impacto de los herbicidas en la diversidad de insectos en ecosistemas agrícolas. *Ecología Aplicada*, 25(2), 105-117. <https://doi.org/10.1016/j.ecolap.2016.12.005>
- Gardner, T. A., Hernández, M. I. M., Barlow, J., y Peres, C. A. (2008). Understanding the biodiversity consequences of habitat change: the value of secondary and plantation forests for neotropical dung beetles. *Journal of Applied Ecology*, 45(3), 883-893. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2664.2008.01454.X>
- Gatty, Christian & Grández, Rita. (2020). Efectividad de cebos en la captura de escarabajos saprófagos (Insecta: Coleoptera) en Allpahuayo Mishana, Amazonía peruana. *Ciencia Amazónica (Iquitos)*. 8. 71-84. [10.22386/ca.v8i1.281](https://doi.org/10.22386/ca.v8i1.281).
- Giménez, V., Verdú, J., y Zurita, G. (2019). Factores claves que afectan a la preferencia trófica y diversidad de coleópteros copro-necrófagos del bosque Atlántico de Argentina: una propuesta de conservación. *Cuadernos de Biodiversidad*, 56(56), 26–47. <https://doi.org/10.14198/cdbio.2019.56.03>
- González, J.M., et al. (2009). "Dung Beetles of the Columbian Amazon: Systematics and Ecology." *Biological Journal of the Linnean Society*, 96(3), 740-753.
- González, J.M., et al. (2009). "Dung Beetles of the Columbian Amazon:

Systematics and Ecology." *Biological Journal of the Linnean Society*, 96(3), 740-753.

Halffter, G y Favila, M. (1993). The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera), an animal group for analysing, inventorying and monitoring biodiversity in tropical rainforest and modified landscapes. *Biology International*. 27. 15-21.

Hanski I, Cambefort Y. 1991. *Dung beetle ecology*. USA: Princeton University Press. <https://doi.org/10.1515/9781400862092>

Harvey, C. A., & Sáenz, J. C. (2008). Evaluación de la biodiversidad en paisajes agrícolas centroamericanos. *Biodiversity and Conservation*, 17(12), 3019-3036.

Ibarra, M., Damborsky, M., y Porcel, E. (2015). Escarabajos copronecrófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) de la Reserva Natural Educativa Colonia Benítez, Chaco, Argentina. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86(3), 744–753. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.05.011>

iNaturalist. (2018). iNaturalist. Consultado el 18 de julio de 2024, en <https://www.inaturalist.org/>

Janzen, D. H. (1988). Tropical dry forests: the most endangered major tropical ecosystem. *Biodiversity*, 1(2), 130-137.

Jiménez, A., y Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista ibérica de aracnología*, 8, 151– 161.

López, E. J., Carretero, A. M., & Díaz, M. R. (2016). Cambios en la estructura del hábitat y su impacto en la biodiversidad de escarabajos en pastizales. *Conservation Biology*, 30(4), 978-986. <https://doi.org/10.1111/cobi.12638>

Louzada, J., Lima, A. P., Matavelli, R., Zambaldi, L., & Barlow, J. (2010). Estructura comunitaria de escarabajos peloteros en sabanas amazónicas: papel de la perturbación por fuego, la vegetación y la estructura del paisaje. *Landscape Ecology*, 25(4), 631-641. <https://doi.org/10.1007/s10980-009-9448-7>

Magurran, A. E. (1988). *La diversidad ecológica y su medición*. Springer Dordrecht. 978-94-015-7358-0. Publicado: 17 abril 2013. DOI: <https://org/10.1007/978-94-015-7358-0>

- Mariategui, G., Speycis, C., Tarelli, G., Franciga, G., Benavidez, C., y Martínez, R. (2020). Beneficios asociados a la presencia de escarabajos estercoleros en sistemas pastoriles de producción bovina en Argentina. *Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental*, 7(2), 48–54.
- Miles, L., Newton, A. C., DeFries, R. S., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., Kapos, V., & Gordon, J. E. (2006). A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography*, 33(3), 491-505. DOI:[10.1111/j.1365-2699.2005.01424.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01424.x)
- Morris, M. G. (2010). Los efectos de la estructura y su dinámica en la ecología y conservación de artrópodos en pastizales británicos. *Biological Conservation*, 95(2), 129-142. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(00\)00028-9](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(00)00028-9)
- Navarro L, Roman K, Gómez H, Pérez A. 2011. Variación estacional en escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de la serranía de Coraza, Sucre (Colombia). *Revista Colombiana de Ciencia Animal* 3(1): 102-110. <https://doi.org/10.24188/recia.v3.n1.2011.330>
- Nichols, E., Larsen, T., Spector, S., Davis, A. L., Escobar, F., Favila, M., & Vulinec, K. (2007). Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: A quantitative literature review and meta-analysis. *Biological Conservation*, 137(1), 1-19.
- Nichols, E., Larsen, T., Spector, S., Davis, A. L., Escobar, F., Favila, M., & Vulinec, K. (2008). Ecological functions and ecosystem services provided by dung beetles. *Ecological Entomology*, 33(2), 87-99.
- Nichols, E., Spector, S., Louzada, J., Larsen, T., Amezcuita, S., & Favila, M. E. (2007). Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation*, 141(6), 1461-1474.
- Nichols, E., Spector, S., Louzada, J., Larsen, T., Amezcuita, S., & Favila, M. E. (2008). Funciones ecológicas y servicios ecosistémicos proporcionados por escarabajos peloteros. *Biological Conservation*, 141(6), 1461-1474. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.04.011>
- Noriega, J., Camero, E., Arias, J., Pardo, L., Montes, J., Acevedo, A., y Solís, C. (2015). Grado de cobertura del muestreo de escarabajos coprófagos (Coleoptera:

Scarabaeidae: Scarabaeinae) en Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 63(1), 97– 126. DOI: 10.15517/rbt.v63i1.13323

- Noriega, J., y Fagua, G. (2009). Monitoreo de escarabajos coprófagos (coleoptera: scarabaeidae) en la region neotropical. *Técnicas de campo en ambientes tropicales: Manual para el monitoreo en ecosistemas acuáticos y artrópodos terrestres* (págs. 165-182). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Otavo, S., Parrado, Á., y Ari, J. (2013). Scarabaeoidea superfamily (Insecta: Coleoptera) as a bioindicator element of anthropogenic disturbance in an amazon national park]. *Revista de biología tropical*, 61(2), 735–752. <https://doi.org/10.15517/rbt.v61i2.11219>
- Philpott, S. M., Lin, B. B., Jha, S., Brines, S. J., & Zamboni, N. (2008). Desafíos y oportunidades en la ecología de los agroecosistemas: Una revisión de la biodiversidad y servicios ecosistémicos en agroecosistemas. In P. H. Raven (Ed.), *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(2), 5328-5335.
- Pizano C, Garcia H, editores. 2014. *El bosque seco tropical en Colombia*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
- Portillo, C. y Sánchez, G. (2010). Extensión y conservación de los bosques secos tropicales en las Américas. *Biological Conservation*, Volume 143. Pág. 144-155, ISSN 0006- 3207. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.09.020>
- Rangel JL, Blanco OR, Gutierrez BP, Martínez NJ. (2012). Coleópteros coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) asociados a excrementos de mamíferos de la Reserva Natural Luriza (RNL), Departamento del Atlántico, Colombia. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 50: 409-419.
- Rangel, J., y Martínez, N. (2017). Comparación de los ensamblajes de escarabajos copronecrófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) entre fragmentos de bosque seco tropical y la matriz adyacente en el departamento del Atlántico-Colombia. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(2), 389–401. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.03.012>
- Rangel-Acosta JL, Martínez-Hernández NJ. (2017). Comparación de los ensamblajes de escarabajos copronecrófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) entre fragmentos

de bosque seco tropical y la matriz adyacente en el departamento del Atlántico-Colombia. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88(2): 389-401. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.03.012>

Rivera, J. D., Monteros, A. E., Saldaña, R. A., y Fávila, M. E. (2023). Beyond species loss: How anthropogenic disturbances drive functional and phylogenetic homogenization of Neotropical dung beetles. *Science of The Total Environment*, 15 Abril. Volumen 869.

Sánchez-Azofeifa, G.A., Kalacska, M., Quesada, M., Calvo-Alvarado, J.C., Nassar, J.M., & Rodríguez, J.P. (2005). Need for integrated research for a sustainable future in tropical dry forests. *Conservation Biology*, 19(2), 285-286.

Scholtz, C. H., Davis, A. L. V., & Kryger, U. (2009). *Evolutionary Biology and Conservation of Dung Beetles*. Pensoft Publishers.

Spector, S. (2006). Scarabaeine dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae): an inordinate fondness for dung. *Coleopterists Society Monograph*, 5, 1-37.

Sulca, L., y Huamantínco, A. (2016). Variación estacional de la comunidad de escarabajos Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) de un bosque inundable amazónico de Perú. *Ecología Aplicada*, 15(1), 47. <https://doi.org/10.21704/rea.v15i1.582>

Vélez, A., & Saavedra, S. (2018). Impacto de las actividades humanas en la biodiversidad de los bosques tropicales. *Revista de Ecología y Medio Ambiente*, 12(2), 45-58.

DEDICATORIA

Con profunda gratitud y humildad, dedico esta tesis a Dios Elohim, cuya infinita sabiduría y amor me han guiado en cada paso de este camino académico y personal. Sin

Su luz y fortaleza, esta travesía no habría sido posible. A Dios doy toda la gloria y el honor por haberme permitido llegar hasta aquí, superando desafíos y encontrando en Su presencia la paz y la inspiración necesarias para continuar.

A mi familia, que ha sido mi pilar y mi refugio, les dedico estas páginas con todo mi amor y agradecimiento. A mis padres, por su sacrificio, apoyo incondicional y por inculcarme el valor de la educación y el esfuerzo. A mis hermanos, por su constante ánimo y por recordarme la importancia de la perseverancia y la unión.

Cada logro alcanzado es también un reflejo del amor y la dedicación que he recibido de ustedes. Gracias por creer en mí, por sus palabras de aliento en los momentos de duda y por su paciencia infinita.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento al Dr. José Luis Marceo Peña, mi asesor de tesis, por sus valiosas enseñanzas, orientaciones y apoyo constante durante este proceso. Su paciencia, dedicación y vasto conocimiento han sido fundamentales para la realización de este trabajo. Gracias por creer en mi capacidad y por guiarme con sabiduría y rigor académico, motivándome siempre a dar lo mejor de mí.

A mi familia, en especial a mis padres, les agradezco con todo mi corazón por su amor incondicional y su inagotable apoyo en cada etapa de mi vida. Sus sacrificios y palabras de aliento me han dado la fuerza necesaria para superar los desafíos y continuar adelante con determinación.

También quiero extender mi agradecimiento a mis compañeros: Nilser Mego Sánchez, Nilson Collantes Chuque y Franco Pintado Castillo, cuya colaboración ha sido crucial para la ejecución de esta tesis. Su dedicación, trabajo en equipo y amistad han sido un pilar importante en este recorrido, y siempre les estaré agradecido por su apoyo y compromiso.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento.

ANEXOS



Figura 12. Instalación de trampas pitfall



Figura 13. Captura de escarabajos copronecrófagos



Figura 14. Vegetaciones estudiadas



Figura 15. Identificación de especímenes en laboratorio

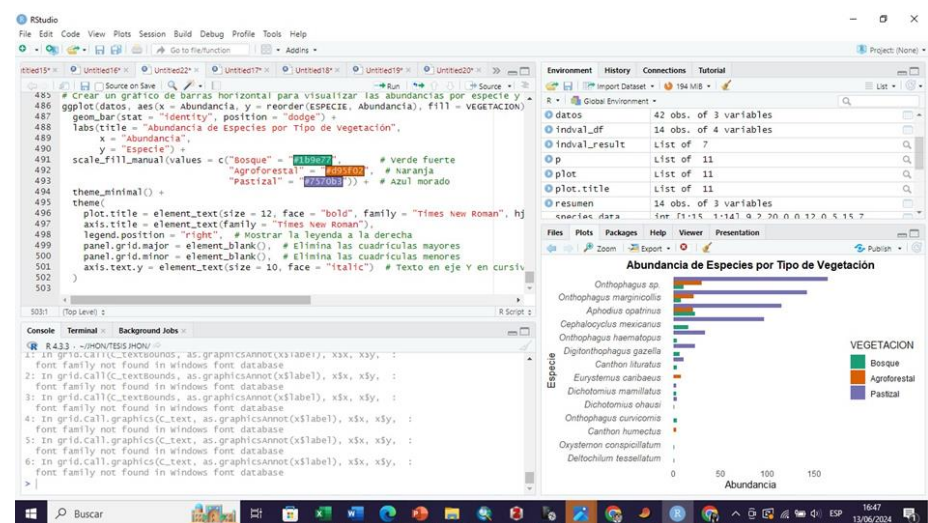
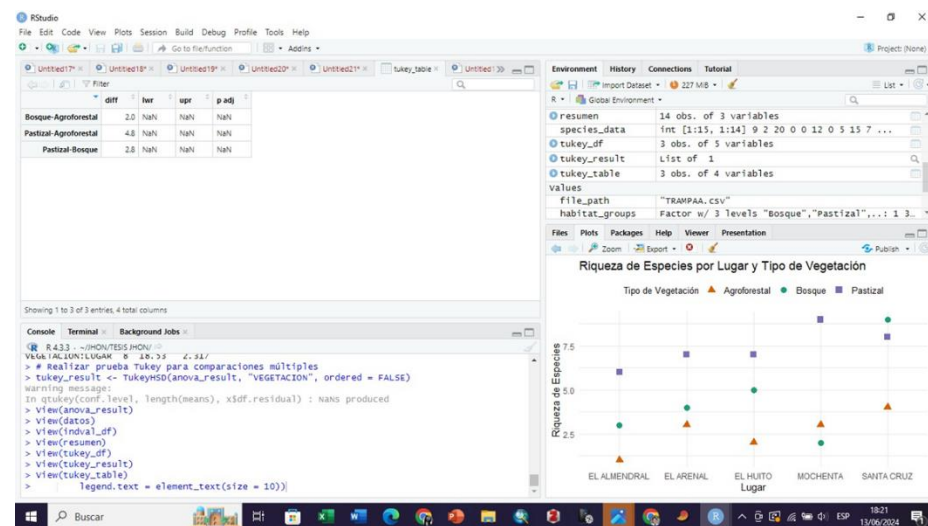
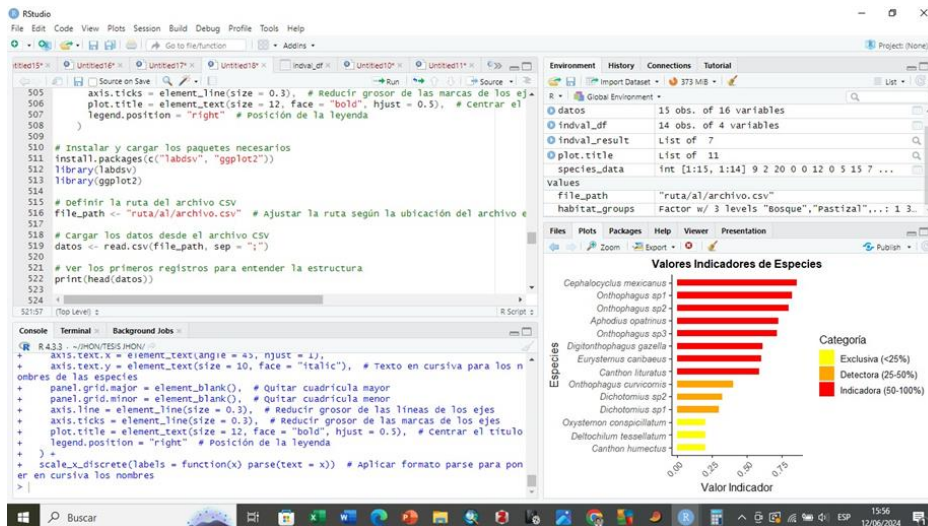


Figura 16. Análisis de los resultados en Rstudio

Tabla 4. abundancias de escarabajos capturados según el tipo de trampa

TRAMPA	ESPECIE	ABUNDANCIA
coprotrampa	<i>Aphodius opatrinus</i>	120
coprotrampa	<i>Canthon lituratus</i>	11
coprotrampa	<i>Cephalocyclus mexicanus</i>	99
coprotrampa	<i>Deltochilum tessellatum</i>	1
coprotrampa	<i>Dichotomius mamillatus</i>	6
coprotrampa	<i>Dichotomius ohausi</i>	5
coprotrampa	<i>Digitonthophagus gazella</i>	25
coprotrampa	<i>Eurysternus caribaeus</i>	0
coprotrampa	<i>Onthophagus curvicornis</i>	4
coprotrampa	<i>Onthophagus marginicollis</i>	138
coprotrampa	<i>Onthophagus sp.</i>	188
coprotrampa	<i>Onthophagus haematopus</i>	38
coprotrampa	<i>Oxysternon conspicillatum</i>	1
coprotrampa	<i>Canthon humectus</i>	3
necrotrampa	<i>Aphodius opatrinus</i>	39
necrotrampa	<i>Canthon lituratus</i>	4
necrotrampa	<i>Cephalocyclus mexicanus</i>	13
necrotrampa	<i>Deltochilum tessellatum</i>	0
necrotrampa	<i>Dichotomius mamillatus</i>	0
necrotrampa	<i>Dichotomius ohausi</i>	0
necrotrampa	<i>Digitonthophagus gazella</i>	5
necrotrampa	<i>Eurysternus caribaeus</i>	8
necrotrampa	<i>Onthophagus curvicornis</i>	0
necrotrampa	<i>Onthophagus marginicollis</i>	34
necrotrampa	<i>Onthophagus sp.</i>	17
necrotrampa	<i>Onthophagus haematopus</i>	0
necrotrampa	<i>Oxysternon conspicillatum</i>	0
necrotrampa	<i>Canthon humectus</i>	0

Tabla 5. resultados del análisis de Valor Indicador IndVal

Especies	Valor Indval	p.value	Condición
<i>Cephalocyclus mexicanus</i>	86%	0.001	Indicadora
<i>Onthophagus marginicollis</i>	83%	0.007	Indicadora
<i>Onthophagus sp.</i>	80%	0.001	Indicadora
<i>Aphodius opatrinus</i>	72%	0.003	Indicadora
<i>Onthophagus haematopus</i>	72%	0.014	Indicadora
<i>Digitonthophagus gazella</i>	61%	0.040	Indicadora
<i>Eurysternus caribaeus</i>	60%	0.077	Indicadora
<i>Canthon lituratus</i>	59%	0.077	Indicadora
<i>Onthophagus curvicornis</i>	40%	0.306	Detectora
<i>Dichotomius ohausi</i>	32%	0.494	Detectora
<i>Dichotomius mamillatus</i>	30%	0.208	Detectora
<i>Canthon humectus</i>	20%	1	Exclusiva
<i>Deltochilum tessellatum</i>	20%	1	Exclusiva
<i>Oxysternon conspicillatum</i>	20%	1	Exclusiva

Tabla 6. Resultados de la diversidad de Shannon por sitio y tipo de vegetación

LUGAR	VEGETACIÓN	Shannon
EL ARENAL	Bosque	1.191
EL ARENAL	Agroforestal	1.079
EL ARENAL	Pastizal	1.633
EL ALMENDRAL	Bosque	1.061
EL ALMENDRAL	Agroforestal	-
EL ALMENDRAL	Pastizal	1.457
EL HUITO	Bosque	1.277
EL HUITO	Agroforestal	0.5983
EL HUITO	Pastizal	1.652
MOCHENTA	Bosque	0.6109
MOCHENTA	Agroforestal	1.003
MOCHENTA	Pastizal	1.868
SANTA CRUZ	Bosque	1.773
SANTA CRUZ	Agroforestal	1.256
SANTA CRUZ	Pastizal	1.636

Tabla 7. riqueza de especies por sitio y tipo de vegetación

LUGAR	VEGETACIÓN	RIQUEZA
EL ARENAL	Bosque	4
EL ARENAL	Agroforestal	3
EL ARENAL	Pastizal	7
EL ALMENDRAL	Bosque	3
EL ALMENDRAL	Agroforestal	1
EL ALMENDRAL	Pastizal	6
EL HUITO	Bosque	5
EL HUITO	Agroforestal	2
EL HUITO	Pastizal	7
MOCHENTA	Bosque	2
MOCHENTA	Agroforestal	3
MOCHENTA	Pastizal	9
SANTA CRUZ	Bosque	9
SANTA CRUZ	Agroforestal	4
SANTA CRUZ	Pastizal	8

Tabla 8. Georreferenciación de los puntos evaluados

SITIO	VEGETACIÓN	Nº TRAMPA	LATITUD	LONGITUD	ALTURA
El Almendral	Bosque secundario	T1	-5.791075	-78.719298	519
El Almendral	Bosque secundario	T2	-5.791200	-78.719332	519
El Almendral	Bosque secundario	T3	-5.791308	-78.719346	520
El Almendral	Bosque secundario	T4	-5.791413	-78.719397	519
El Almendral	Bosque secundario	T5	-5.791469	-78.719456	517
El Almendral	Bosque secundario	T6	-5.791476	-78.719500	515
El Almendral	Bosque secundario	T7	-5.791531	-78.719572	517
El Almendral	Bosque secundario	T8	-5.791633	-78.719667	519
El Almendral	Bosque secundario	T9	-5.791721	-78.719709	519
El Almendral	Bosque secundario	T10	-5.791790	-78.719761	519
El Almendral	Sistema agroforestal	T1	-5.788323	-78.710643	485
El Almendral	Sistema agroforestal	T2	-5.788483	-78.710476	485

El Almendral	Sistema agroforestal	T3	-5.788622	-78.710337	485
El Almendral	Sistema agroforestal	T4	-5.788700	-78.710224	486
El Almendral	Sistema agroforestal	T5	-5.788823	-78.710084	486
El Almendral	Sistema agroforestal	T6	-5.788961	-78.709902	485
El Almendral	Sistema agroforestal	T7	-5.789063	-78.709778	485
El Almendral	Sistema agroforestal	T8	-5.789180	-78.709655	486
El Almendral	Sistema agroforestal	T9	-5.789330	-78.709515	486
El Almendral	Sistema agroforestal	T10	-5.789490	-78.709392	485
El Almendral	Pastizal	T1	-5.802722	-78.723092	484
El Almendral	Pastizal	T2	-5.802738	-78.723098	484
El Almendral	Pastizal	T3	-5.802795	-78.723214	485
El Almendral	Pastizal	T4	-5.802791	-78.723303	485
El Almendral	Pastizal	T5	-5.802834	-78.723411	484
El Almendral	Pastizal	T6	-5.802818	-78.723522	481
El Almendral	Pastizal	T7	-5.802806	-78.723603	481
El Almendral	Pastizal	T8	-5.802849	-78.723786	484
El Almendral	Pastizal	T9	-5.802854	-78.723854	482
El Almendral	Pastizal	T10	-5.802895	-78.723886	483
Mochenta	Bosque secundario	T1	-5.801043	-78.774219	706
Mochenta	Bosque secundario	T2	-5.801213	-78.774047	704
Mochenta	Bosque secundario	T3	-5.801341	-78.773897	702
Mochenta	Bosque secundario	T4	-5.801555	-78.773704	704
Mochenta	Bosque secundario	T5	-5.801715	-78.773468	705
Mochenta	Bosque secundario	T6	-5.801832	-78.773221	709
Mochenta	Bosque secundario	T7	-5.802046	-78.772985	709
Mochenta	Bosque secundario	T8	-5.802217	-78.772727	706
Mochenta	Bosque secundario	T9	-5.802441	-78.772545	703

Mochenta	Bosque secundario	T10	-5.802654	-78.772352	705
Mochenta	Sistema agroforestal	T1	-5.798713	-78.792747	818
Mochenta	Sistema agroforestal	T2	-5.798646	-78.792723	815
Mochenta	Sistema agroforestal	T3	-5.798721	-78.792755	812
Mochenta	Sistema agroforestal	T4	-5.798795	-78.792775	809
Mochenta	Sistema agroforestal	T5	-5.798862	-78.792807	811
Mochenta	Sistema agroforestal	T6	-5.798913	-78.792816	814
Mochenta	Sistema agroforestal	T7	-5.798979	-78.792837	814
Mochenta	Sistema agroforestal	T8	-5.799045	-78.792859	813
Mochenta	Sistema agroforestal	T9	-5.799109	-78.792867	814
Mochenta	Sistema agroforestal	T10	-5.799160	-78.792884	814
Mochenta	Pastizal	T1	-5.799762	-78.798381	854
Mochenta	Pastizal	T2	-5.799848	-78.798481	864
Mochenta	Pastizal	T3	-5.799896	-78.798499	872
Mochenta	Pastizal	T4	-5.800016	-78.798586	879
Mochenta	Pastizal	T5	-5.800074	-78.798632	881
Mochenta	Pastizal	T6	-5.800125	-78.798677	883
Mochenta	Pastizal	T7	-5.800175	-78.798723	890
Mochenta	Pastizal	T8	-5.800216	-78.798781	892
Mochenta	Pastizal	T9	-5.800251	-78.798876	896
Mochenta	Pastizal	T10	-5.800284	-78.798953	896
El Arenal	Bosque secundario	T1	-5.675562	-78.815764	988
El Arenal	Bosque secundario	T2	-5.675394	-78.815796	989
El Arenal	Bosque secundario	T3	-5.675263	-78.815807	987
El Arenal	Bosque secundario	T4	-5.675119	-78.815828	989
El Arenal	Bosque secundario	T5	-5.674983	-78.815852	988
El Arenal	Bosque secundario	T6	-5.674781	-78.815992	987
El Arenal	Bosque secundario	T7	-5.674632	-78.816152	987
El Arenal	Bosque secundario	T8	-5.674509	-78.816297	988
El Arenal	Bosque secundario	T9	-5.674365	-78.816442	989
El Arenal	Bosque secundario	T10	-5.674194	-78.816566	990

El Arenal	Sistema agroforestal	T1	-5.672818	-78.813360	881
El Arenal	Sistema agroforestal	T2	-5.672745	-78.813466	881
El Arenal	Sistema agroforestal	T3	-5.672728	-78.813544	883
El Arenal	Sistema agroforestal	T4	-5.672712	-78.813648	884
El Arenal	Sistema agroforestal	T5	-5.672694	-78.813758	885
El Arenal	Sistema agroforestal	T6	-5.672667	-78.813871	885
El Arenal	Sistema agroforestal	T7	-5.672648	-78.813986	888
El Arenal	Sistema agroforestal	T8	-5.672577	-78.814097	888
El Arenal	Sistema agroforestal	T9	-5.672553	-78.814218	886
El Arenal	Sistema agroforestal	T10	-5.672521	-78.814331	887
El Arenal	Pastizal	T1	-5.675541	-78.815114	931
El Arenal	Pastizal	T2	-5.675557	-78.815116	933
El Arenal	Pastizal	T3	-5.675583	-78.815124	935
El Arenal	Pastizal	T4	-5.675610	-78.815129	938
El Arenal	Pastizal	T5	-5.675638	-78.815136	940
El Arenal	Pastizal	T6	-5.675653	-78.815133	940
El Arenal	Pastizal	T7	-5.675671	-78.815130	941
El Arenal	Pastizal	T8	-5.675687	-78.815130	944
El Arenal	Pastizal	T9	-5.675700	-78.815129	946
El Arenal	Pastizal	T10	-5.675718	-78.815125	949
El Huito	Bosque secundario	T1	-5.691762	-78.815910	896
El Huito	Bosque secundario	T2	-5.691688	-78.816060	898
El Huito	Bosque secundario	T3	-5.691613	-78.816200	898
El Huito	Bosque secundario	T4	-5.691528	-78.816334	899
El Huito	Bosque secundario	T5	-5.691410	-78.816479	899
El Huito	Bosque secundario	T6	-5.691314	-78.816629	901
El Huito	Bosque secundario	T7	-5.691207	-78.816779	902
El Huito	Bosque secundario	T8	-5.691106	-78.816903	902
El Huito	Bosque secundario	T9	-5.690978	-78.816999	904
El Huito	Bosque secundario	T10	-5.690892	-78.817074	905
El Huito	Sistema agroforestal	T1	-5.688595	-78.810564	797

El Huito	Sistema agroforestal	T2	-5.688653	-78.810565	798
El Huito	Sistema agroforestal	T3	-5.688723	-78.810576	798
El Huito	Sistema agroforestal	T4	-5.688789	-78.810590	797
El Huito	Sistema agroforestal	T5	-5.688864	-78.810590	798
El Huito	Sistema agroforestal	T6	-5.688928	-78.810590	799
El Huito	Sistema agroforestal	T7	-5.688984	-78.810584	799
El Huito	Sistema agroforestal	T8	-5.689038	-78.810584	798
El Huito	Sistema agroforestal	T9	-5.689086	-78.810590	799
El Huito	Sistema agroforestal	T10	-5.689171	-78.810603	800
El Huito	Pastizal	T1	-5.692644	-78.814916	822
El Huito	Pastizal	T2	-5.692615	-78.814967	824
El Huito	Pastizal	T3	-5.692564	-78.815018	827
El Huito	Pastizal	T4	-5.692527	-78.815053	829
El Huito	Pastizal	T5	-5.692481	-78.815093	830
El Huito	Pastizal	T6	-5.69242	-78.815166	833
El Huito	Pastizal	T7	-5.692364	-78.815134	834
El Huito	Pastizal	T8	-5.692316	-78.815147	836
El Huito	Pastizal	T9	-5.62268	-78.81516	837
El Huito	Pastizal	T10	-5.692233	-78.815209	839
Santa Cruz	Bosque secundario	T1	-5.648197	-78.712773	573
Santa Cruz	Bosque secundario	T2	-5.648066	-78.712695	574
Santa Cruz	Bosque secundario	T3	-5.647938	-78.712556	574
Santa Cruz	Bosque secundario	T4	-5.647965	-78.712384	574
Santa Cruz	Bosque secundario	T5	-5.647895	-78.712239	575
Santa Cruz	Bosque secundario	T6	-5.647874	-78.712116	575
Santa Cruz	Bosque secundario	T7	-5.647879	-78.711993	574
Santa Cruz	Bosque secundario	T8	-5.647917	-78.711848	576
Santa Cruz	Bosque secundario	T9	-5.647879	-78.711703	577
Santa Cruz	Bosque secundario	T10	-5.647874	-78.711542	577
Santa Cruz	Sistema agroforestal	T1	-5.656687	-78.712542	519
Santa Cruz	Sistema agroforestal	T2	-5.656821	-78.712553	519

Santa Cruz	Sistema agroforestal	T3	-5.65697	-78.712563	519
Santa Cruz	Sistema agroforestal	T4	-5.657125	-78.712574	519
Santa Cruz	Sistema agroforestal	T5	-5.657269	-78.712606	519
Santa Cruz	Sistema agroforestry	T6	-5.657397	-78.712612	519
Santa Cruz	Sistema agroforestal	T7	-5.65752	-78.712617	519
Santa Cruz	Sistema agroforestal	T8	-5.657643	-78.712633	519
Santa Cruz	Sistema agroforestal	T9	-5.657771	-78.712649	519
Santa Cruz	Sistema agroforestal	T10	-5.657872	-78.712639	519
Santa Cruz	Pastizal	T1	-5.651191	-78.712539	570
Santa Cruz	Pastizal	T2	-5.651286	-78.712546	569
Santa Cruz	Pastizal	T3	-5.651371	-78.712530	567
Santa Cruz	Pastizal	T4	-5.651446	-78.712532	565
Santa Cruz	Pastizal	T5	-5.651531	-78.712546	562
Santa Cruz	Pastizal	T6	-5.651606	-78.712565	560
Santa Cruz	Pastizal	T7	-5.651670	-78.712546	559
Santa Cruz	Pastizal	T8	-5.651755	-78.712551	557
Santa Cruz	Pastizal	T9	-5.651846	-78.712570	557
Santa Cruz	Pastizal	T10	-5.651932	-78.712586	555

Tabla 9. Análisis ANOVA para la abundancia

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
VEGETACION	2	12313	6157	4.973	0.0119
Residuals	39	48280	1238		

Tabla 10. Prueba Tukey para la abundancia

Upr		p adj	p.adj.signif	Vegetación
32.327712		32.47057	0.99998409	Agroforestal-Bosque
3.886574		68.68485	0.02515665	Pastizal-Agroforestal
3.958002		68.75628	0.02482939	Pastizal-Bosque

Tabla 11. Análisis ANOVA para la riqueza de especies

por Sitio					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
SITIO	4	21.07	5.267	0.687	0.617
Residuals	12	39.60	3.30		

por vegetación					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
VEGETACION	2	58.13	29.07	8.808	0.00443 **
Residuals	12	39.60	3.30		

Tabla 12. Prueba Tukey para la riqueza

Group 1	Group 2	estimate	conf.low	conf.high	p.adj	p.adj.signif
Agroforestal	Bosque	0	2	-1.065142	5.065142	0.231
Agroforestal	Pastizal	0	4.8	1.734858	7.865142	0.00339
Bosque	Pastizal	0	2.8	-0.265142	5.865142	0.0747

Tabla 13. Análisis ANOVA para la diversidad

Effect	DFn	DFd	F_value	p_value
SITIO	4	10	0.70635627	0.60557684
VEGETACION	2	12	6.23543872	0.01390562

Tabla 14. Prueba Tukey para la diversidad

Comparison	diff	lwr	upr	p.adj. signif
Bosque-Agroforestal	0.39532	-0.25658886	1.04722886	0.27603492
Pastizal-Agroforestal	0.86194	0.21003114	1.51384886	0.01075548
Pastizal-Bosque	0.46662	-0.18528886	1.11852886	0.17831311

Tabla 15. Análisis ANOVA para tipos de trampa

	Df	Sum_Sq	Mean_Sq	F_value	Pr(>F)
COPROTRAMPA	1	9620.036	9620.036	4.639374	0.04069296
NECROTRAMPA	26	53912.643	2073.563		