

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA**  
**ESCUELA DE BIOLOGÍA**



“DIVERSIDAD DE ESCARABAJOS COPRÓFAGOS (Coleoptera: Scarabaeidae) EN LA FINCA EL CARMEN DE TONACATEPEQUE, SAN SALVADOR, EL SALVADOR”.

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:**

DULCE MARÍA BARDALES QUINTANILLA

JHOCELYN YAMILLETTE CRUZ CARTAGENA

**PARA OPTAR AL GRADO DE:**

LICENCIADA EN BIOLOGÍA

**CIUDAD UNIVERSITARIA, SEPTIEMBRE 2025**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA**  
**ESCUELA DE BIOLOGÍA**



“DIVERSIDAD DE ESCARABAJOS COPRÓFAGOS (Coleoptera: Scarabaeidae) EN LA FINCA EL CARMEN DE TONACATEPEQUE, SAN SALVADOR, EL SALVADOR”.

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:**

DULCE MARÍA BARDALES QUINTANILLA

JHOCELYN YAMILLETTE CRUZ CARTAGENA

**PARA OPTAR AL GRADO DE:**

LICENCIADA EN BIOLOGÍA

**ASESOR:**

M. Sc. RENÉ FUENTES MORÁN

**CIUDAD UNIVERSITARIA, SEPTIEMBRE 2025**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA**  
**ESCUELA DE BIOLOGÍA**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:**

DULCE MARÍA BARDALES QUINTANILLA

JHOCELYN YAMILLETTE CRUZ CARTAGENA

**PARA OPTAR AL GRADO DE:**

LICENCIADA EN BIOLOGÍA

**JURADO EVALUADOR:**

Lic. JOSÉ NAPOLEÓN CANJURA LÓPEZ

F. \_\_\_\_\_

Lic. JOSÉ RODRIGO BELLOSO ORELLANA

F. \_\_\_\_\_

M. Sc. RENÉ FUENTES MORÁN

F. \_\_\_\_\_

**CIUDAD UNIVERSITARIA, SEPTIEMBRE 2025**

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR:**

M.Sc. Juan Rosa Quintanilla Quintanilla

**VICERECTORA ACADÉMICA**

Dra. Evelyn Beatriz Farfán Mata

**VICERECTOR ADMINISTRATIVO**

M.Sc. Roger Armando Arias Alvarado

**SECRETARIO GENERAL**

Lic. Pedro Rosalío Escobar Castaneda

**FISCAL GENERAL**

Lic. Carlos Amílcar Serrano Rivera

**DECANO**

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA**

Dr. Luis Gilberto Parada Gómez

**DIRECTOR ESCUELA DE BIOLOGÍA**

Licda. Milagro Elizabeth Salinas Delgado

**CIUDAD UNIVERSITARIA, SEPTIEMBRE 2025**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, queremos agradecer a Dios por brindarme la fortaleza, sabiduría y salud para llevar a cabo este proyecto. Sin su guía, este trabajo no habría sido posible.

Nuestro más sincero agradecimiento al M. Sc René Fuentes Morán, por su invaluable apoyo y orientación como asesor de este proyecto. Su conocimiento y dedicación han sido fundamentales para el desarrollo de esta investigación.

Agradecemos profundamente a Ramón Henríquez, encargado de la finca, por brindarnos su confianza y permitirnos realizar nuestra investigación en su propiedad. Su colaboración ha sido esencial para llevar a cabo este estudio en el campo.

Finalmente, queremos expresar nuestra gratitud a la familia Turcios por su generosidad al darnos acceso a sus establos para obtener el excremento de cerdo necesario para nuestra investigación. Su disposición y apoyo han sido fundamentales para el éxito de este trabajo.

## **DEDICATORIA**

A mis padres por ser mi mayor fuente de apoyo durante todo mi proceso universitario y por siempre motivarme a seguir adelante.

A mi hermana que siempre me escuchó y me ayudó a resolver mis problemas.

A los docentes de la Universidad de El Salvador, gracias por compartir sus conocimientos que son la base de mi desarrollo académico.

A mi asesor, MSc. René Fuentes, mi agradecimiento por su ayuda, tiempo y dedicación a la realización de este trabajo de investigación.

**Dulce María Bardales Quintanilla**

Agradezco a Dios Padre Todopoderoso, por darme la vida y por permitirme culminar esta etapa tan importante en mi vida. A Nuestra Madre Santísima Virgen María, por cuidarme y guiarme siempre en cada paso de mi camino.

A mis mascotas, mis 7 perros, que han estado a mi lado durante los últimos 6 años y me han brindado su apoyo, siendo parte fundamental de este trabajo al proporcionar sus heces para los cebos.

A mi querida Madre, Elsa Cartagena, por su amor incondicional, apoyo constante, comprensión y por enseñarme a ser una mejor persona cada día.

A mi abuela Rosa Cartagena, por su apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida, por estar siempre a mi lado en cada paso de mi carrera.

A mi hermana Lady Cartagena, por su apoyo inquebrantable y por estar siempre allí para mí en cada etapa de mi vida.

A mis queridas amigas: Diana Raquel Villegas, quien siempre me ha acompañado desde la niñez; y a mis compañeras de carrera, Fátima Esmeralda Vásquez y Débora Fabiola Solórzano, con quienes hemos enfrentado los desafíos de la carrera, apoyándonos mutuamente en todo momento.

Y, finalmente, a mi asesor, René Fuentes, por su paciencia, sabiduría, conocimientos y comprensión, elementos clave que me han permitido avanzar y finalizar este proyecto con éxito

**Jhocelyn Yamillette Cruz Cartagena**

## INDICE DE CONTENIDO

I. RESUMEN .....	1
II. INTRODUCCIÓN.....	2
III. OBJETIVOS.....	4
3.1 Objetivo general .....	4
3.2 Objetivos específicos.....	4
IV. MARCO TEÓRICO.....	5
4.1. Antecedentes .....	5
4.2. Fundamentos teóricos.....	7
4.2.1 Orden coleóptera .....	7
4.2.2 Super Familia Scarabaeoidea .....	7
4.2.3 Familia Scarabaeidae.....	7
4.2.4 Sub Familia Scarabaeinae .....	8
4.2.5 Características de escarabajos coprófagos.....	8
4.2.6 Alimentación .....	10
4.2.7 Ciclo de vida.....	11
4.2.8 Modelos básicos de procesamiento de los excrementos.....	13
4.2.9 Clasificación.....	14
4.2.10 Diversidad .....	15
4.2.11 Historia evolutiva .....	15
4.2.12 Importancia de los escarabajos coprófagos .....	16
4.2.13 Amenazas de los escarabajos coprófagos.....	17
V. METODOLOGÍA.....	19
5.1 Ubicación geográfica del área de estudio .....	19
5.2 Descripción del área de estudio .....	20
5.3 Sitios de muestreo .....	20
5.3.1 Caracterización de zonas de muestreo.....	20
5.4 Fase de campo .....	25
5.4.1 Número de muestreos.....	25
5.4.2 Tipo de trampa.....	25
5.4.3 Ubicación de trampas .....	25
5.4.4 Tipo de cebo .....	26
5.4.5 Recolección y preparación de los cebos.....	26
5.4.6 Tiempo de acción de las trampas.....	27

5.5 Fase de captura .....	27
5.5.1 Toma de datos .....	28
5.5.2 Identificación de especies.....	28
5.6 Diseño estadístico.....	30
5.6.1 Índice de abundancia relativa por especies propuesto por Margaleff.....	30
5.6.2 Curva de rarefacción (acumulación de especies).....	31
5.6.3 Estimadores de riqueza.....	31
5.6.4 Índice de Diversidad Shannon-Wiener.....	32
5.6.5 Índice de Simpson Dominancia de especies.....	32
5.7 Nivel de estructura de ecosistemas.....	32
5.7.1 Similitud entre sitios.....	33
5.8 Análisis de varianza.....	33
VI. RESULTADOS.....	34
6.1 Riqueza.....	34
6.2 Especies por muestreo .....	34
6.3 Comportamiento de la abundancia capturada por mes .....	35
6.4 Índices de biodiversidad de la Finca El Carmen .....	37
6.5 Estimadores de riqueza.....	37
6.6 Curva de rarefacción (acumulación de especies) .....	37
6.7 Preferencia alimenticia .....	38
6.7.1 Preferencia de atracción de individuos.....	38
6.7.2 Análisis de varianza para preferencia de cebos.....	39
6.8 Riqueza según el tipo de cebo .....	39
6.8.1. Clasificación de especies según la dieta preferida.....	40
6.9 Gremio.....	42
6.10 Comportamiento de dominancia de especies.....	43
6.11 Abundancia relativa.....	44
6.12 Composición de la comunidad de escarabajos coprófagos de la Finca El Carmen .....	46
6.13 Riqueza de escarabajos coprófagos por puntos de muestreo.....	47
6.14 Diversidad beta.....	47
VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	49
VIII. CONCLUSIONES.....	58
IX. RECOMENDACIONES .....	60
X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	61

XI. ANEXOS .....70

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Descripción del comportamiento de reubicación del estiércol de escarabajos coprófagos. ....	14
<b>Tabla 2.</b> Especies de escarabajos coprófagos en la Finca El Carmen. ....	34
<b>Tabla 3.</b> Especies nuevas acumuladas de escarabajos coprófagos por muestreo. ....	35
<b>Tabla 4.</b> Comportamiento de la abundancia capturada por mes de escarabajos coprófagos. ....	36
<b>Tabla 5.</b> Resultados de índices de biodiversidad de escarabajos coprófagos. ....	37
<b>Tabla 6.</b> Especies estimadas y porcentaje de especies capturadas de escarabajos coprófagos de los cinco sitios de muestreo. ....	37
<b>Tabla 7.</b> Preferencia alimenticia de atracción de individuos en la Finca El Carmen. ....	38
<b>Tabla 8.</b> Análisis de varianza de preferencia de cebos de escarabajos coprófagos presentes en la Finca El Carmen. ....	39
<b>Tabla 9.</b> Preferencia alimenticia de atracción por riqueza biológica de escarabajos coprófagos. ....	40
<b>Tabla 10.</b> Comportamiento de las riquezas de escarabajos coprófagos según el cebo. ....	41
<b>Tabla 11.</b> Preferencia de las especies de escarabajos coprófagos al tipo de cebo. ....	41
<b>Tabla 12.</b> Preferencia alimenticia de géneros de especies colectadas de escarabajos coprófagos. ....	42
<b>Tabla 13.</b> Abundancia relativa de escarabajos coprófagos de la Finca El Carmen. ....	45
<b>Tabla 14.</b> Composición de escarabajos coprófagos de la Finca El Carmen. ....	46
<b>Tabla 15.</b> Índices de biodiversidad de escarabajos coprófagos calculados por zona de estudio. ....	47
<b>Tabla 16.</b> Comparación de indicadores de similitud de Jaccard entre zonas. ....	47

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Escarabajos pertenecientes a la familia Scarabaeidae. ....	7
<b>Figura 2.</b> Escarabajos de la subfamilia Scarabaeinae.....	8
<b>Figura 3.</b> Partes del cuerpo de un escarabajo coprófago .....	9
<b>Figura 4.</b> <i>Copris lugubris</i> con dimorfismo sexual y sin dimorfismo sexual.....	10
<b>Figura 5.</b> Etapas de desarrollo de un escarabajo. ....	11
<b>Figura 6.</b> Ciclo de vida de escarabajos coprófagos.....	13
<b>Figura 7.</b> Comportamiento de reubicación del estiércol. ....	14
<b>Figura 8.</b> Nidos fósiles de escarabajos rodadores. ....	16
<b>Figura 9.</b> El dios Khépri en pendientes. ....	16
<b>Figura 10.</b> Mapa de El Salvador, mostrando el departamento donde se trabajó.....	19
<b>Figura 11.</b> Imagen satelital de la Finca El Carmen .....	19
<b>Figura 12.</b> Tipo de vegetación existente en la Finca El Carmen en la zona de cultivo.....	21
<b>Figura 13.</b> Tipo de vegetación existente en la Finca El Carmen en la zona de pastizal. ....	22
<b>Figura 14.</b> Tipo de vegetación existente en la Finca El Carmen en la zona de quebrada. ....	23
<b>Figura 15.</b> Tipo de vegetación existente en la Finca El Carmen en la zona de bosque secundario. .	24
<b>Figura 16.</b> Tipo de vegetación existente en la Finca El Carmen en la zona habitacional. ....	24
<b>Figura 17.</b> Trampa de caída Pitfall.....	25
<b>Figura 18.</b> Transecto lineal con cada sitio de muestreo separado a 25 m. ....	26
<b>Figura 19.</b> Preparación de cebos .....	26
<b>Figura 20.</b> Procesos de recolección de excremento .....	27
<b>Figura 21.</b> Revisión de trampas 24 horas después de ser activadas. ....	27
<b>Figura 22.</b> Imágenes de las posibles especies de escarabajos coprófagos en El Salvador.....	28
<b>Figura 23.</b> Material utilizado para identificación de especies.....	29
<b>Figura 24.</b> Parte de metodología de laboratorio .....	29
<b>Figura 25.</b> Frecuencia acumulada de escarabajos coprófagos por muestreo en la Finca El Carmen.	35
<b>Figura 26.</b> Comportamiento de la abundancia capturada por mes de escarabajos coprófagos. ....	36
<b>Figura 27.</b> Curva de rarefacción de especies de escarabajos coprófagos de la Finca El Carmen. ....	38
<b>Figura 28.</b> Preferencia de atracción alimenticia de individuos de escarabajos coprófagos. ....	39
<b>Figura 29.</b> Preferencia alimenticia de atracción por riqueza biológica de escarabajos coprófagos. .	40
<b>Figura 30.</b> Preferencia de las especies de escarabajos coprófagos al tipo de cebo. ....	42
<b>Figura 31.</b> Preferencia alimenticia de géneros de especies colectadas de escarabajos coprófagos. .	43

**Figura 32.** Comportamiento de abundancia de especies de escarabajos coprófagos por zona de muestreo ..... 44

**Figura 33.** Comportamiento de la abundancia relativa obtenida..... 45

**Figura 34.** Dendograma de similitud entre zonas en la Finca El Carmen..... 48

## I. RESUMEN

El objetivo de la presente investigación es estudiar la diversidad de escarabajos coprófagos de la Finca El Carmen del municipio de Tonacatepeque de El Salvador, considerando la importancia ecológica que estos animales realizan. Los escarabajos coprófagos realizan una función ecológica y sanitaria importante en las zonas de ganado; entierran el estiércol, destruyendo así los huevos y larvas de moscas y algunos parásitos del ganado que también dependen de este recurso para reproducirse; remueven gran cantidad de tierra para introducir el estiércol en sus galerías, incrementando así la permeabilidad y aireación del suelo (Martínez et al., 2015).

En este estudio se realizaron seis muestreos entre los meses de septiembre 2023 a febrero 2024. Los muestreos se realizaron en cinco zonas diferentes que fueron identificadas como: zona de cultivo, zona de pastizal, zona de bosque secundario, zona de quebrada y zona habitacional, para la captura se utilizaron trampas tipo Pitfall, se colocaron 15 trampas separadas 25 metros una de otra, cada trampa contenía cebos de materia fecal. Se utilizaron tres tipos de cebos los cuales fueron: excremento de cerdo, excremento de perro y excremento humano, estas se activaron en la tercera semana de cada mes desde las 12:00 horas del mediodía en adelante y se revisaron 24 horas después de su activación. Algunas especies que no pudieron ser identificadas en campo se colectaron en frascos pequeños y fueron trasladados al laboratorio de Entomología de la Escuela de Biología de la Universidad de El Salvador.

Se obtuvieron 20 especies, distribuidas en 11 géneros y una abundancia de 2,906 individuos. Las tres especies más dominantes fueron *Onthophagus batesi* con 1499 individuos, *Histerido* sp1 con 637 individuos y *Dichotomius centralis* con 373 individuos. La mayor captura de individuos se obtuvo en el mes de septiembre y el mes de menor captura fue el mes de enero. Los estimadores de riqueza ACE y Chao 1 con porcentajes de 86.2% y 90.15 respectivamente, demostraron que el esfuerzo de muestreo fue óptimo para la captura de la mayor riqueza biológica presente en la Finca El Carmen.

## II. INTRODUCCIÓN

Los escarabajos coprófagos son coleópteros agrupados bajo la familia Scarabaeidae y la subfamilia Scarabaeinae. Caracterizados por alimentarse de excrementos principalmente de vertebrados, aunque también pueden alimentarse de carroña (necrófagos), frutas y restos vegetales en descomposición (Morón, 2004, Hanski y Cambefort, 1991).

Estos insectos se encuentran en una amplia variedad de hábitats, siendo en su mayoría especies generalistas, también se encuentran especies más especializadas sólo en el interior del bosque debido a sus características microclimáticas (baja radiación y temperatura). La selección de hábitat por parte de los escarabajos puede deberse a ciertos factores como; a) cobertura vegetal, uno de los factores primordiales que limitan su dispersión; b) el tipo de suelo o sustrato donde se permite la nidificación; c) influencia de tipo de excremento y d) influencia del clima y microclima dentro y fuera del hábitat (Hanski y Cambefort, 1991).

Según Halfpter y Favila (1993), los escarabajos coprófagos son excelentes bioindicadores de la salud de los ecosistemas, ya que reflejan las condiciones ambientales y la calidad de los hábitats en los que viven. Con estos organismos se puede hacer la evaluación y monitoreo de los efectos que generan las alteraciones antrópicas en los paisajes. Se ha demostrado que estos insectos muestran sensibilidad ante la destrucción de los bosques tropicales (Favila y Halfpter, 1997).

Vulinec (2000) resalta que los escarabajos coprófagos son especialmente sensibles a las perturbaciones en sus ambientes puesto que los afecta directamente en cuanto a la alteración de la temperatura, la humedad, o características del suelo, esta particularidad los hace útiles como indicadores de salud de los ecosistemas, de tal manera que son tenidos en cuenta en la realización de estudios de diversidad a corto y largo plazo.

En El Salvador según el MARN (2005), se han encuentran registradas 8,756 especies de fauna invertebrada, de las cuales 50% corresponden al Reino Animalia. No obstante, las colecciones entomológicas del país aún no están lo suficientemente desarrolladas para proporcionar datos completos sobre la diversidad de coleópteros y otras familias de insectos. Según Pineda et al. (2005) el cambio en el uso del suelo es una de las principales amenazas para las comunidades de escarabajos coprófagos, ya que provoca el desplazamiento de las especies o incluso su extinción. Ante esta

problemática, es urgente realizar estudios sobre la biodiversidad de la coprofauna en las pocas áreas con cobertura vegetal remanente, como la Finca El Carmen en Tonacatepeque, San Salvador, que se encuentra a menos de 2 kilómetros de la frontera agrícola, donde se están desarrollando cultivos de caña de azúcar, maíz, frijol y sorgo, entre otros.

El objetivo de este trabajo es estudiar la diversidad de escarabajos en la finca El Carmen, utilizando cinco zonas de muestreo desde cultivo, pastizal, bosque secundario, quebrada y zona habitacional con el fin de evaluar y comparar la diversidad presente en estos diferentes ambientes.

En el presente estudio se realizaron seis muestreos entre los meses de septiembre a febrero (2023-2024). Los muestreos se ejecutaron en cinco zonas diferentes dentro de la Finca El Carmen; para la captura de los individuos se utilizaron trampas tipo Pitfall, colocando 15 trampas cebadas con tres tipos de atrayentes distintos (excremento de cerdo, excremento de perro y excremento humano) en cada zona de muestreo. Se obtuvo una riqueza biológica de 20 especies y una abundancia de 2,906 individuos. Por su gran capacidad adaptativa, la especie más dominante presente en la Finca El Carmen fue *Onthophagus batesi* con 1,499 individuos capturados. Debido al potencial que tienen estos escarabajos como bioindicadores es importante la realización de estudios en diferentes zonas para determinar cómo las perturbaciones antropogénicas generan impactos negativos en el ecosistema.

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

Estudiar la diversidad de escarabajos coprófagos, en la finca El Carmen de Tonacatepeque, San Salvador, El Salvador.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Identificar la diversidad de escarabajos coprófagos, en la Finca El Carmen de Tonacatepeque, San Salvador, El Salvador.
- Determinar la composición de escarabajos coprófagos encontrados en la Finca El Carmen
- Comparar la biodiversidad de escarabajos coprófagos en cinco zonas de estudio en la Finca El Carmen.
- Generar un inventario de las especies de escarabajos coprófagos de las cinco zonas de estudio.
- Comparar la preferencia de cebo de la biodiversidad de escarabajos coprófagos presentes en la Finca El Carmen.

## IV. MARCO TEÓRICO

### 4.1. Antecedentes

En 1997, Valencia realizó una investigación sobre la importancia de tres escarabajos coprófagos (Coleopteras-Scarabaeidae) en el enterramiento de estiércol de ganado en pastizales de la costa de El Salvador. El estudio fue realizado durante los meses de abril a octubre de 1996 en las instalaciones de la estación experimental y de prácticas “La Providencia” de la Universidad de El Salvador, la cual cuenta con 143 manzanas de las cuales 26 son utilizadas para el pastoreo.

Un año después en 1998, Fuentes desarrolló una investigación sobre la competencia interespecífica como factor determinante de la distribución y abundancia de *Dichotomius carolinus colonicus* (Say, 1835) en El Salvador. Este estudio se realizó entre junio y agosto de 1997, periodo en el cual se efectuaron cinco muestreos en cuatro sitios diferentes (Parque Walter Thilo Deininger, Estación Experimental y de Prácticas "La Providencia", "La Planta", y el Cerro Perquín) y se utilizaron cebos de estiércol de vaca y caballo como atrayentes.

Para el año 2001, Horgan efectuó la investigación sobre entierro de estiércol bovino por escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) de sitios de pastoreo de caballos y vacas en El Salvador. El proyecto tuvo tres sitios de muestreo ubicados a diferentes altitudes (granja costera de tierras bajas, granja de altitud media y un sitio mixto de pino y pasto de mayor altitud). Este estudio hace una comparación de los ensamblajes de escarabajos coprófagos, utilizando excremento de vaca y caballo como atrayente. El mismo autor en el año 2008 llevó a cabo un estudio sobre ensambles de escarabajos coprófagos en bosques y pastizales de El Salvador: una comparación funcional. Los muestreos se desarrollaron entre 1995 y 1997 en dos sitios de estudio: un bosque tropical seco ubicado en el Parque Nacional Walter Thilio Deininger y una zona de pastizal de ganado ubicado en las instalaciones de la estación experimental y de prácticas de la Universidad de El Salvador. Las trampas utilizadas fueron de tipo Pitfall y como atrayente se utilizó carroña, fruta podrida y estiércol de vaca.

En 2004, Fuentes ejecuto un estudio comparativo de las poblaciones de escarabajos coprófagos en un pastizal y un cafetal en la Finca Gallardo de Tonacatepeque, para ello realizó muestreo de julio a octubre de 2003 y como atrayente utilizo excremento de vaca. El mismo autor en 2008 realizó una investigación sobre la abundancia y estacionalidad del escarabajo invasor *Euoniticellus intermedius* (Reiche, 1849) en el municipio de Tonacatepeque, el estudio se efectuó entre junio de 2005 y mayo de

2006, utilizando solo excremento de vaca como atrayente. Para 2009, Fuentes desarrolla una evaluación de la composición y estructura de la biodiversidad de escarabajos coprófagos en dos cafetales del municipio de Tonacatepeque, departamento de San Salvador. La fase de campo tuvo una duración de cinco meses, entre agosto y diciembre de 2007 y se utilizaron doce trampas de caída tipo Pitfall para la captura de los escarabajos. Se efectuaron dos muestreos por mes y los atrayentes utilizados fueron de material fecal vacuno. Esta investigación tiene como objetivo medir el efecto que tiene la aplicación de prácticas amigables con el ambiente en las comunidades de escarabajos estercoleros y para ello se hizo la evaluación de la estructura y composición que estas comunidades de escarabajos presentan en los dos cafetales en estudio.

En 2014, Alemán realizó una investigación sobre escarabajos coprófagos (Coleoptera-Scarabaeinae) del Parque Ecoturístico Tehucán, Tecoluca, departamento de San Vicente, El Salvador. Como atrayente utilizó excremento de vaca y con el fin de describir la composición y estructura de la comunidad de escarabajos coprófagos que se presentaban en el bosque seleccionó tres tipos de comunidades existentes en el área: Vegetación “riberina”, vegetación “arbustiva” y vegetación “caducifolia”. El área de estudio posee una extensión de 78 manzanas y los muestreos se realizaron entre mayo y octubre.

En el mismo año 2014, Cea en la investigación sobre la comparación del ensamblaje de escarabajos necro-coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en cuatro sitios con diferente grado de perturbación en el Parque Nacional El Imposible, Ahuachapán, El Salvador, desarrolló un análisis de la riqueza, abundancia, diversidad, equitatividad, biomasa y composición de los gremios pertenecientes a la subfamilia Scarabaeinae en cuatro sitios que presentan diferente grado de perturbación antropogénica. El estudio se efectuó entre junio y noviembre de 2013; periodo en el que se llevaron a cabo 6 muestreos y se elaboraron trampas de caída (Pitfall), en las cuales se colocó un atrayente (excremento humano o carroña de pollo) para poder capturar los escarabajos.

## 4.2. Fundamentos teóricos

### 4.2.1 Orden coleóptera

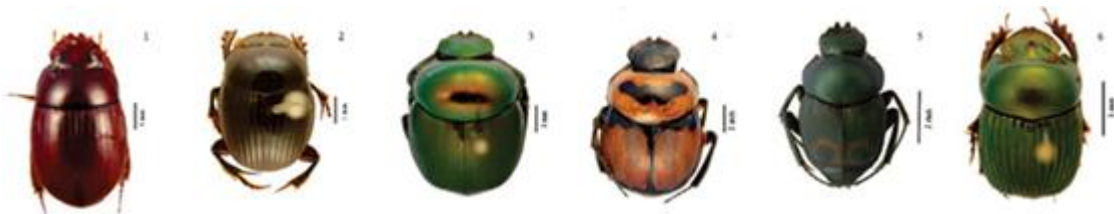
Son conocidos comúnmente como escarabajos, la palabra “coleóptera” viene del griego *Keleos* que significa vaina, y *pteron* que significa ala, como resultado se obtiene ala enfundada; este nombre se les atribuye debido a que poseen dos pares de alas, los élitros (alas anteriores) que se encuentran endurecidos y engrosados en forma de vaina con el fin de proteger el cuerpo y las alas membranosas del escarabajo (Bertone, 2004). El orden Coleóptera es el phylum de Arthropoda y de todo el reino animal más grande; incluye más cantidad de especies conocidas por la ciencia que cualquier otro orden. Se calcula que se han descrito alrededor de 350,000 especies de escarabajos en unas 190 familias en todo el mundo. (Bhargava, 2009).

### 4.2.2 Super Familia Scarabaeoidea

Esta super familia es un grupo de escarabajos cosmopolita y de gran diversidad, con un aproximado de 2,200 géneros y 31,000 especies. Se adaptan a la mayoría de hábitats y dependiendo de sus preferencias alimenticias estos pueden ser herbívoros, fungívoros, coprófagos, necrófagos y carnívoros (Arnett et al., 2002).

### 4.2.3 Familia Scarabaeidae

Los escarabajos de esta familia tienen una gran variación de tamaño, color y hábitats. Poseen cuerpos pesados, ovalados o alargados, usualmente escarabajos convexos, los tarsos son pentámeros y las antenas son lameladas de 8 a 11 artejos. Los últimos tres antenómeros (en algunas ocasiones puede haber más) se expanden de los laterales formando unas proyecciones aplanadas y las tibiae anteriores están más o menos dilatadas, con el borde exterior dentado (Triplehorn y Johnson, 2005) (Figura 1).



**Figura 1.** Escarabajos pertenecientes a la familia Scarabaeidae. 1) *Agamopus unguicularis*, 2) *Canthidium barbaticum*, 3) *Canthon corpulentus*, 4) *Canthon histrio*, 5) *Canthon lituratus* y 6) *Chalcocopris Hesperus*. Tomado de: Tissiani et al., 2017.

#### 4.2.4 Sub Familia Scarabaeinae

De acuerdo con Halffter y Edmonds (1982), esta subfamilia no es muy grande, tiene un aproximado de 4,500 especies distribuidas en unos 200 géneros. Este grupo de escarabajos se alimentan principalmente de estiércol, son robustos, miden de 5 a 30 mm de largo (Triplehorn y Johnson, 2005). El color que presentan es predominantemente negro, no obstante, también existen rojizos, verdes, amarillos e incluso con tonalidades metálicas (Solís, 2020).

Las especies de este grupo son generalmente globosos y poseen las patas anteriores con tibias muy dilatadas, las cuales se encuentran modificadas para poder cavar. El cípeo utilizado para cavar y manejar el alimento es amplio, en ocasiones es dentado y cubre las piezas bucales. El pigidio se encuentra expuesto y poseen tibias posteriores que presentan sólo un espolón apical. Muchas especies de estos escarabajos presentan cuernos tuberculosos u otros tipos de estructuras tanto el protórax como en la cabeza, esta característica se encuentra principalmente en los machos (Solís, 2021.) (Figura 2).

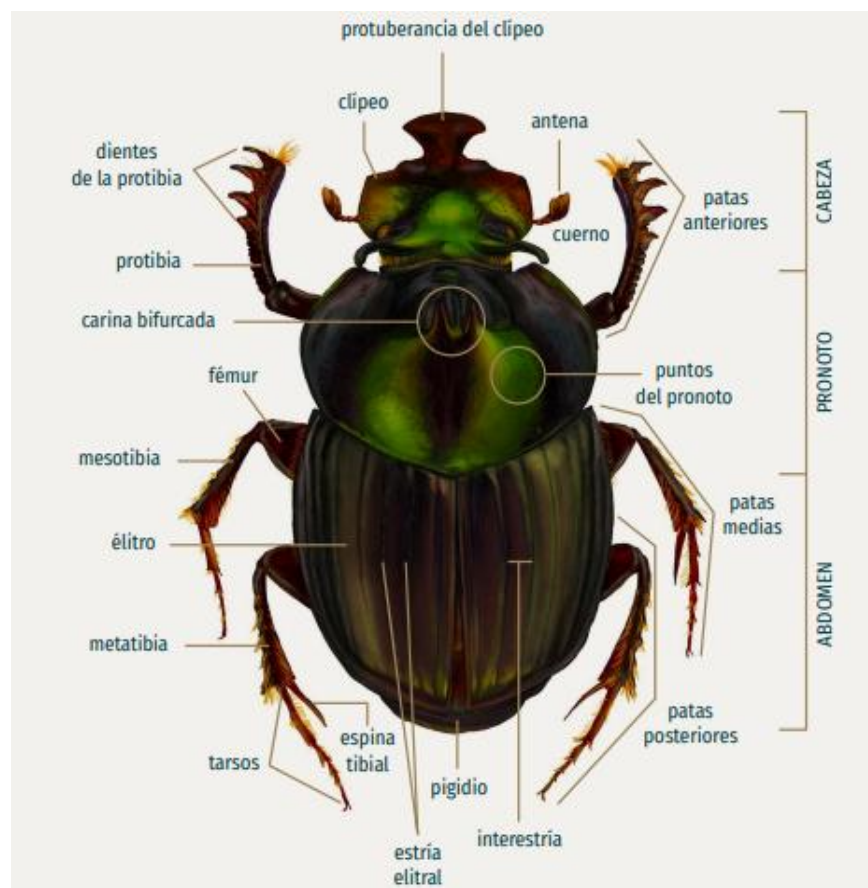


**Figura 2.** Escarabajos de la subfamilia Scarabaeinae. a) *Canthidium haroldi*, b) *Dichotomius satanas*, c) *Deltochilum mexicanum*, d) *Canthon vazquezae*, e) *Copris subpunctatus* y f) *Dichotomius annae*. Tomado de: Solís, 2020.

#### 4.2.5 Características de escarabajos coprófagos

Se caracterizan por tener el primer par de alas muy endurecido que forma un estuche protector para las alas membranosas y las partes blandas del dorso del abdomen. Su forma varía de acuerdo con su sexo y el grupo al cual pertenecen. En general el cuerpo tiene tres regiones: la cabeza, el tórax y el abdomen (Ratcliffe et al., 2002).

Sus principales características son: clipeo expandido cubriendo las partes bucales. Mandíbulas lameliformes, generalmente membranosas, con solo el margen externo esclerotizado, antenas con 8 o 9 segmentos, mazo antenal con 3 artejos. Coxas medias ampliamente separadas. Tibias posteriores casi siempre con una espuela apical. Los élitros exponen al pigidio, 6 esternitos abdominales fusionados y visibles. Los tarsos anteriores pueden estar ausentes en hembras o ambos sexos (Gill, 2005). Los tarsos de todas sus partes son pentámeros, es decir que tienen 5 segmentos (Carvajal et al., 2011). Generalmente colores oscuros brillantes y en algunos casos con visos metálicos que pueden ser rojos, verdes o azules, los machos se distinguen por presentar cuernos en la región cefálica. Las patas anteriores tienen partes ensanchadas para hacer huecos y enterrar comida (Domingo & Amat, 2005) (Figura 3). Miden desde poco más de 1 milímetro hasta 6 ó 7 centímetros. Son de forma generalmente redondeada y cóncava, aunque también hay alargados y más o menos planos (Halfpter y Edmonds, 1982; Ratcliffe et al., 2002; Morón, 2004).



**Figura 3.** Partes del cuerpo de un escarabajo coprófago (especie utilizada para el esquema anatómico: *Onthophagus rhinolophus*). Tomado de: INECOL y FMCN 2022.

En diversos tipos de escarabajos existe lo que se conoce como dimorfismo sexual, es decir, se pueden diferenciar morfológicamente y a simple vista las hembras y los machos, generalmente los machos presentan vistosos cuernos y en ocasiones son muy largos. En cambio, hay especies en las cuales no se puede distinguir el macho de la hembra (Martínez et al., 2011) (Figura 4).



**Figura 4.** *Copris lugubris* con dimorfismo sexual y sin dimorfismo sexual. Elaboración propia.

#### 4.2.6 Alimentación

En las sábanas africanas los Scarabaeinae han proliferado usando el excremento de grandes mamíferos como elefantes, antílopes (Cambefort, 1994); por el contrario, en el neotrópico la mayoría de las especies de escarabajos coprófagos aprovechan el excremento de vertebrados medianos y pequeños como primates, aves, reptiles y anfibios (Estrada et al., 1993; Castellanos et al., 1999; Morón, 2004).

La denominación de “escarabajo coprófago” no describe a cabalidad la exuberancia de preferencias alimenticias que se presenta en los ensamblajes neotropicales de Scarabaeinae (Gill, 1991).

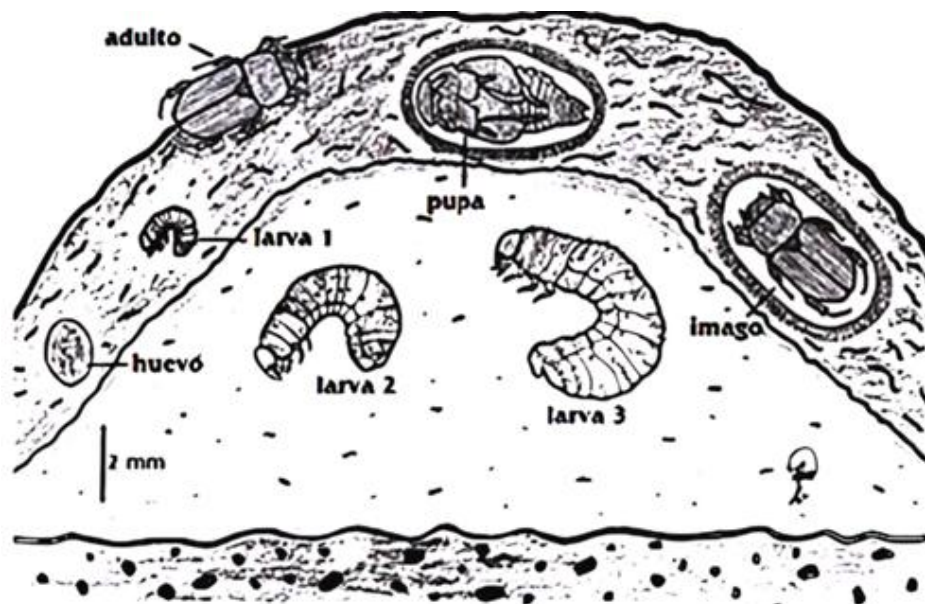
La coprofagia en Scarabaeinae se origina a partir de hábitos alimenticios basados en el consumo de humus y sustratos acuosos ricos en microorganismos (Halffter y Matthews, 1966). El cambio de sapofagia a coprofagia es considerado como uno de los eventos más importantes en la evolución de los escarabajos estercoleros (Halffter y Edmonds, 1982). Se estima que el uso de excremento aparece entre el final de la era Mesozoica y principios de la era Cenozoica o Terciaria (< 145 millones de años). Sin embargo, la mayor cantidad de evidencia fósil (bolas de cría hechas con excremento) data del periodo Mioceno (24 m.a.), en el cual proliferaron los grandes mamíferos herbívoros (Halffter y Edmonds, 1982).

#### 4.2.7 Ciclo de vida

El ciclo de vida de los escarabajos incluye la formación de una pareja de macho y hembra para hacer masas de nido de estiércol o galerías con este, ambos la cuidan para que la hembra ponga un huevo y durante el desarrollo se transforma en larva, la cual comerá el excremento que fue enterrado, después se vuelve una pupa similar a un capullo de mariposa para al final convertirse en adulto, mediante el proceso de metamorfosis. A partir de los adultos comienza otro ciclo de vida (Halffter y Edmonds, 1982) (Figura 5).

La fecundidad, o el número de huevos que ponen las hembras, de estos escarabajos es la más baja que se conoce en insectos (Martínez et al., 2011)

En general, la vida de las hembras y de los machos está limitada al periodo anual de reproducción. Esta época se presenta durante la mayoría de las especies durante el verano cálido y húmedo, el resto del año los estados en desarrollo o los adultos jóvenes permanecen enterrados en diapausa, hasta la siguiente temporada de lluvias (Martínez et al., 2011).



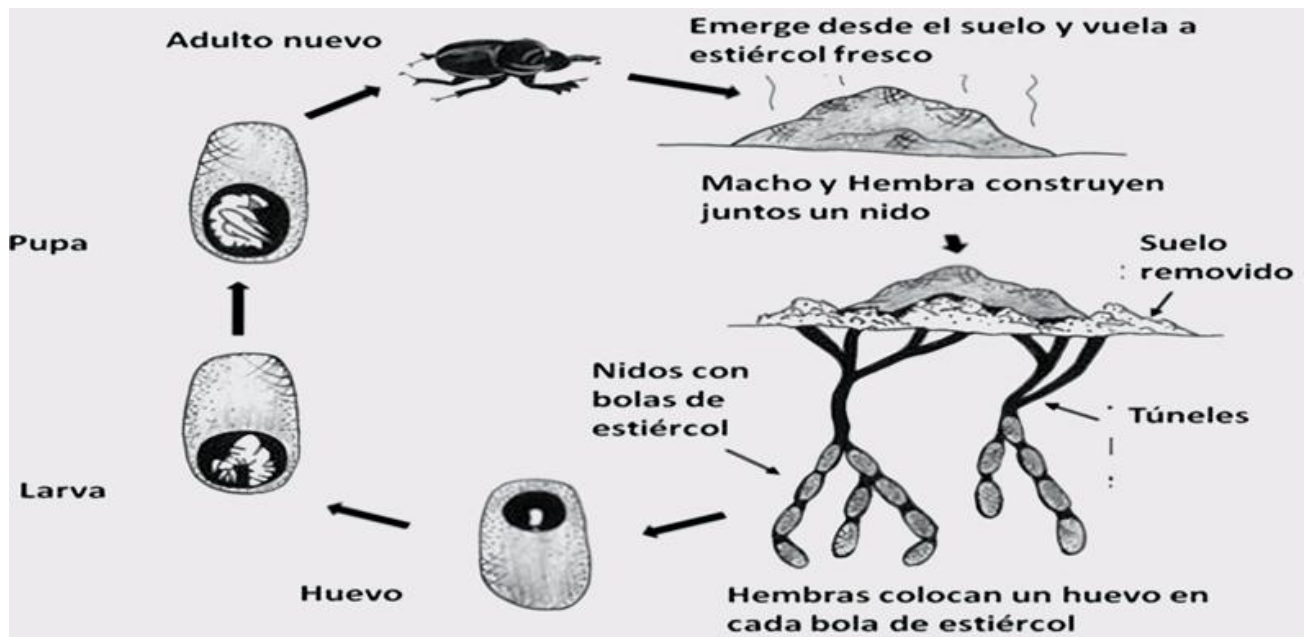
**Figura 5.** Etapas de desarrollo de un escarabajo. Tomado de: Martínez et al; 2011.

De acuerdo con Martínez et al. (2015), los escarabajos coprófagos poseen un ciclo de vida que se divide en dos etapas de desarrollo: el preimaginal y el imaginal (Figura 6). El desarrollo preimaginal se realiza en cinco períodos:

- Periodo embrionario: dura un aproximado de cinco días comienza después de la fertilización del ovocito con el espermatozoide, cuando se inicia la formación del huevo.
- Periodo posembriionario: se da la transformación del embrión a una larva.
- Periodo larval: tiene tres estadios, el primero dura solo unas horas y es cuando la larva ha eclosionado a corion, no ha comenzado a alimentarse, es pequeña y transparente; el segundo dura entre 10 a 12 días, aquí la larva ya ha comenzado a alimentarse y crece de manera considerable; por último, está el estadio tres que es cuando la larva deja de comer, aumentan su tamaño y casi no tienen movilidad.
- Periodo pupal: tiene inicio con la larva en estadio tres, la cual tomará la forma de pupa mediante el proceso de metamorfosis. Este periodo tiene una duración de entre seis a ocho días.
- Periodo del imago: termina de transformarse en adulto y emerge a la superficie para poder alimentarse.

En el caso del desarrollo imaginal este presenta tres periodos con comportamiento diferente:

- Periodo de prenidificación: inicia cuando el adulto joven emerge a la superficie, luego este se alimenta hasta convertirse en un adulto sexualmente maduro. Durante este periodo que puede durar días o semanas, tanto machos como hembras buscan boñigas frescas y utilizan el estiércol para enterrarlo y alimentarse.
- Periodo de nidificación: tiene inicio en la boñiga de estiércol en donde se forman parejas maduras sexualmente, se da comienzo a la preparación de los nidos, a la copulación y que la hembra ponga sus huevos.
- Periodo de posnidificación: inicia cuando el potencial reproductivo de los escarabajos (hembras y machos) se ha agotado, lo que significa que ya no se pueden reproducir y eventualmente mueren.



**Figura 6.** Ciclo de vida de escarabajos coprófagos. Tomado de: De la Vega et al., 2014.

De acuerdo a Halfpeter y Matthews (1966) y Halfpeter y Edmonds (1982) la reproducción de los escarabajos coprófagos presenta las siguientes características adaptativas asociadas:

- Comportamiento subsocial
- Cortejo y desarrollo de despliegue pre-cópula
- Cooperación de ambos sexos para construcción de nidos
- Larvas y pupas que les permiten su desarrollo en espacios cerrados
- Reducción de la fecundidad de las hembras

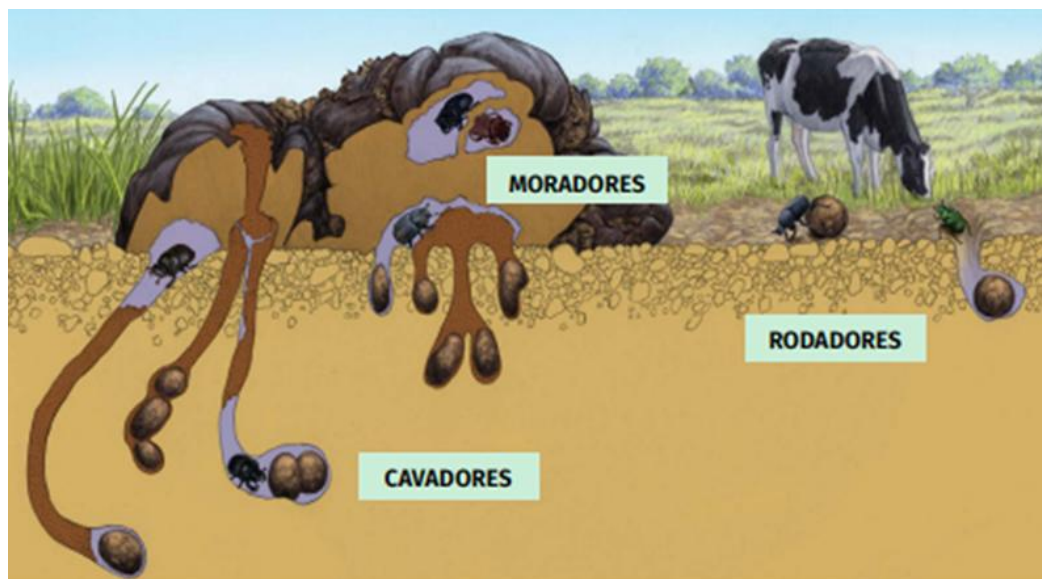
#### 4.2.8 Modelos básicos de procesamiento de los excrementos

Los escarabajos coprófagos se alimentan de la suspensión líquida del excremento que contiene microorganismos como bacterias y hongos, mientras que las larvas comen los restos sólidos de las plantas que no fueron digeridas por las vacas (Martínez et al., 2011).

Tanto para la alimentación como para la reproducción, los escarabajos manipulan el estiércol de tal manera que de acuerdo con este comportamiento se pueden formar cuatro grupos: los rodadores, los cavadores, los moradores y los kleptocópidos (Tabla 1) (Figura 7).

**Tabla 1.** Descripción del comportamiento de reubicación del estiércol de escarabajos coprófagos.

<b>Rodadores o telecópridos</b>	<b>Cavadores o paracópridos</b>	<b>Moradores o endocópridos</b>	<b>Kleptocópidos</b>
Forman pelotas de estiércol y las empujan con sus patas traseras para enterrarlas a cierta distancia (Martínez et al., 2011).	Construyen túneles en el suelo por debajo del excremento, donde alojan sus nidos y almacenan porciones de estiércol (Martínez et al., 2011).	Viven dentro o por debajo de la excreta en cámaras donde ponen sus huevos (Martínez et al., 2011).	Utilizan las masas de excremento enterradas por otros escarabajos más grandes para alimentarse y depositar sus huevos (Doube, 1990).



**Figura 7.** Comportamiento de reubicación del estiércol. Tomada de: INECOL y FMCN 2022.

#### 4.2.9 Clasificación

Los escarabajos estercoleros se clasifican ecológicamente usando cuatro características para identificar los diferentes grupos funcionales/gremios que se encuentran en una determinada comunidad de escarabajos. Esta clasificación es importante ya que cada característica tiene un impacto diferente en el ambiente.

- La primera característica está relacionada a la reubicación del alimento y se divide en tres categorías: endocópridos, telecópridos y paracópridos. Los endocópridos son los que llegan al estiércol y hacen un nido en el estiércol. Los telecópridos o rodadores agarran porciones del estiércol y hacen bolas y las mueven a su nido. Los paracópridos hacen túneles debajo del estiércol o en un ángulo (Halfpter, 1991). También se encuentran los kleptocópidos que roban el excremento de otros escarabajos (Doube, 1990).
- Otra clasificación está basada en la dieta. Se clasificaron en coprófagos, necrófagos y generalistas. Los coprófagos son los que prefieren el estiércol, los necrófagos la carroña y los generalistas no tienen preferencia (Barragán et al., 2011; Basto et al., 2012).
- La tercera característica es en base al momento del día que son más activos ya sea diurno o nocturno. Son considerados diurnos los que son activos después de la salida del sol hasta la puesta del sol (Barragán et al., 2011; Basto et al., 2012).
- La última característica es en base al tamaño del insecto. Se clasifican en pequeños (<10 mm) y grandes (>10mm) (Barragán et al., 2011; Basto et al., 2012).

#### **4.2.10 Diversidad**

A nivel mundial se reconocen 16 tribus distribuidas en 266 géneros y aproximadamente 6000 especies de escarabajos coprófagos. Para el neotrópico se conocen 1300 especies y 70 géneros. (Medina et al., 2001).

#### **4.2.11 Historia evolutiva**

Los más primitivos aparecieron hace aproximadamente doscientos millones de años, se han encontrado fósiles que demuestran que se alimentaban de excremento de dinosaurio (Figura 8). Estos insectos debido a su tamaño, abundancia y belleza siempre han atraído la atención del hombre, por lo que ambos seres han interactuado desde hace siglos. Los escarabajos forman parte de la religión, el folclore y la medicina natural o étnica y son usados como alimento, adornos y emblemas. Los antiguos egipcios, hace más de tres mil años, veneraban al escarabajo sagrado empujando su bola de excremento, esto era el símbolo terrestre del dios Khépri (representado por el insecto) escoltando al Sol (simbolizado por la boñiga o excremento de ganado vacuno) en su jornada diaria a través del cielo. Hoy en día se conservan amuletos, magníficas joyas en oro y piedras preciosas de esa época (Figura 9). En Laos, los coprófagos fueron usados como medicina para la diarrea, en China se utilizan para el

tratamiento del cáncer y en varios países de América del Sur se emplean como alimento o adornos (Cambefort, 1994).



**Figura 8.** Nidos fósiles de escarabajos rodadores. La mayor es una bola de alimento sin huevo, la menor es una bola de la que ya salió el adulto después de su desarrollo. Tomada de: Martínez et al., 2011.



**Figura 9.** El dios Khépri en pendientes. Tomada de: Martínez et al., 2011.

#### **4.2.12 Importancia de los escarabajos coprófagos**

Al acelerar la descomposición de la materia orgánica y su incorporación al ciclo de nutrientes, aumentan la fertilidad del suelo; por otro, contribuyen a la regulación hídrica al construir túneles y cámaras de nidificación que descompactan y airean el suelo, lo que también incrementa su capacidad para retener e infiltrar agua durante la época de lluvia, con beneficios directos en la producción de pastos y forrajes (INECOL y FMCN, 2022).

Debido a su comportamiento de enterrar el estiércol, se ha estimado que algunas especies pueden llegar a fijar el 15% del N<sub>2</sub> de las heces fecales. Este valor significa aproximadamente 9 kg de N<sub>2</sub> por pareja de escarabajos al año. 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 el estiércol, cumplen un papel fundamental en los suelos del bosque tropical, favoreciendo los procesos de

reciclaje de nutrientes y otros elementos. Por otro lado, se ha encontrado que la acción de enterrar el excremento limita el ciclo de vida de muchos parásitos intestinales que afectan a vertebrados (Carvajal et al., 2011).

En los estudios de biodiversidad, en los trópicos los coleópteros coprófagos son uno de los grupos más importantes de insectos que utilizan los excrementos de mamíferos omnívoros y herbívoros de tamaño grande y mediano. El excremento constituye el principal recurso alimenticio de adultos y larvas y es utilizado como sustrato para la nidificación, actividad que incluye el traslado y protección del excremento en galerías al interior del suelo y el cuidado parental de la cría (Grisales y Montes, 2018).

Poseen una amplia distribución geográfica, los Scarabaeinae son un grupo de distribución cosmopolita con ricas y abundantes comunidades distribuidas a lo largo de todos los continentes (excepto en la Antártida). Esto permite realizar comparaciones a través de múltiples escalas espaciales y temporales. De igual forma, el grupo presenta géneros y ampliamente documentados (Escobar y Chacón, 2000).

Son también buenos indicadores biológicos. Al ser sumamente sensibles a las condiciones medioambientales, su abundancia y diversidad puede ser afectada por cambios en su hábitat como consecuencia del uso del suelo (deforestación) o ciertas prácticas ganaderas, como la aplicación de herbicidas, desparasitantes e insecticidas (INECOL y FMCN, 2022).

Interesantes y fáciles de observar, monitorear su presencia o ausencia puede revelar el estado de salud de los ecosistemas donde se cría ganado, especialmente antes y después de emprender prácticas más amigables con el ambiente y la biodiversidad (INECOL y FMCN, 2022).

#### **4.2.13 Amenazas de los escarabajos coprófagos**

De acuerdo a Carvajal et al. (2011), las principales amenazas que atentan contra los escarabajos son:

- La deforestación que genera pérdida de hábitats.
- La expansión de la frontera agrícola, principalmente para el establecimiento de monocultivos
- La incorporación de fertilizantes al suelo y la aplicación indiscriminada de pesticidas, que matan las larvas y reducen las poblaciones.
- La presión demográfica que reduce las áreas prístinas en función del incremento de las áreas urbanas.
- El tráfico y comercio ilícito sobre ciertas especies de interés para coleccionistas.

Otras amenazas están dadas por procesos como el que a continuación se describe: La incidencia de los mecheros de combustión de gas en los bosques amazónicos, acaba con muchas especies de insectos, entre ellos los escarabajos. Esta pérdida guarda una gran sinergia sobre muchas plantas y árboles dioicos. La única forma en la que éstos pueden intercambiar su germoplasma es a través de polinizadores tanto específicos como generalistas. Dentro de los escarabeidos, muchos dinástidos, melolóntinos y cetóninos cumplen esta función. Pero en las noches, la presencia de grandes mecheros petroleros, que sobresalen del dosel arbóreo y cuya llama puede alcanzar los 10 metros de alto, actúan como gigantescas y permanentes trampas de luz que los atraen desde grandes distancias; actuando casi como un agujero negro en el espacio (Carvajal et al., 2011).

La conservación de los escarabajos e insectos en general atraviesa por múltiples problemas asociados al desconocimiento del papel biológico que cumplen en el ecosistema (Carvajal et al., 2011).

La expansión urbana, la deforestación y la transformación de áreas naturales en agrícolas, restan cada vez más ambientes para el desarrollo de estos invertebrados. Si sumamos a estos factores el uso de pesticidas e insecticidas para acabar con las denominadas plagas de los monocultivos, vislumbramos que el panorama no es muy favorable para la subsistencia de muchas especies de escarabajos (Carvajal et al., 2011).



## 5.2 Descripción del área de estudio

La Finca El Carmen posee una extensión de 14 manzanas de terreno distribuido en zonas de cultivos, áreas para forrajeo de ganado, cafetal abandonado, zona habitacional entre otros. Existe una construcción mixta, la cual sirve de bodegas de almacenamiento de equipos de refrigeración. Además, existe una casa que funciona como casco de la finca. Una zona es utilizada para realizar cultivos como: maíz, frijol y maicillo, para el desarrollo de dichos cultivos se suelen emplear abonos como: triple 15 y 16/20/0. Además de utilizar herbicidas como Rafaga 20 sl y root out 36 sl. Posee una amplia zona de cafetal que dejó de producir desde hace 25 años por lo que las especies de árboles de sombra han alcanzado alturas considerables al no tener ningún tipo de tratamiento, provocando esto, que la cantidad de luz solar que entra en ese ecosistema sea muy poca (Henríquez, 2024).

La finca posee una amplia diversidad de flora entre la que se puede mencionar especies como: “madrecacaos” (*Gliricidia sepium*), “cedros” (*Cedrela odorata*), “mamones” (*Melicoccus bijugatus*), “eucaliptos” (*Eucalyptus deglupta*), “laurel” (*Cordia alliodora*).

En lo referido a fauna de la zona se puede mencionar la presencia de especies como: “tepezcuintle” (*Cuniculus paca*), “mapaches” (*Procyon* sp.), “taltuza” (*Orthogeomys* sp.), “cotuza” (*Dasyprocta punctata*), “cusuco” (*Dasytus novemcinctus*), “garrobos” (*Ctenosaura similis*), “talapos” (*Momotus lessonii*), “golondrinas” (*Hirundo rustica*), “gavilanes” (*Accipiter nisus*), “chachas” (*Ortalis leucogastra*), “urracas” (*Calocitta formosa*), “pijullas” (*Crotophaga sulcirostris*), “mariposas” (Lepidoptera), “tucanes” (*Ramphastidae* sp.), “gorrión” (*Passer domesticus*) “pericos” (*Melospittacus undalatus*). La finca además de poseer aves residentes, sirve como dormitorio de aves migratorias facilitando condiciones ideales para refugio, alimento, crianza e incluso cambio de plumaje de dichas especies (Henríquez, 2024).

## 5.3 Sitios de muestreo

En el presente estudio se seleccionaron cinco sitios de muestreo identificados como: zona de cultivo, pastizal, quebrada, bosque secundario y zona habitacional:

### 5.3.1 Caracterización de zonas de muestreo

#### 5.3.1.1 Zona de cultivo:

Esta zona cuenta con una extensión de 1.5 manzanas, dentro de las cuales se encuentran cultivos como: “maíz” (*Zea mays*), “maicillo” (*Sorghum* sp.) y “frijol” (*Phaseolus vulgaris*) (Figura 12). Se siembra

durante el invierno, después de la cosecha la zona queda en un estado de recuperación para prepararse para la siembra del año siguiente. Entre la vegetación de contorno que posee se encuentran: “cocoteros” (*Cocos nucifera*), “eucaliptos” (*Eucalyptus* sp.), “naranja agria” (*Citrus aurantium*), “jocote” (*Spondia purpurea*), “cedros” (*Cedrela odorata*), “guineos” (*Banana inmadura*), “limón” (*Citrus aurantifolia*), “anona” (*Annona squamosa*), y una barrera natural hacia el Norte formada por árboles de eucaliptos (*Eucalyptus globulus*).

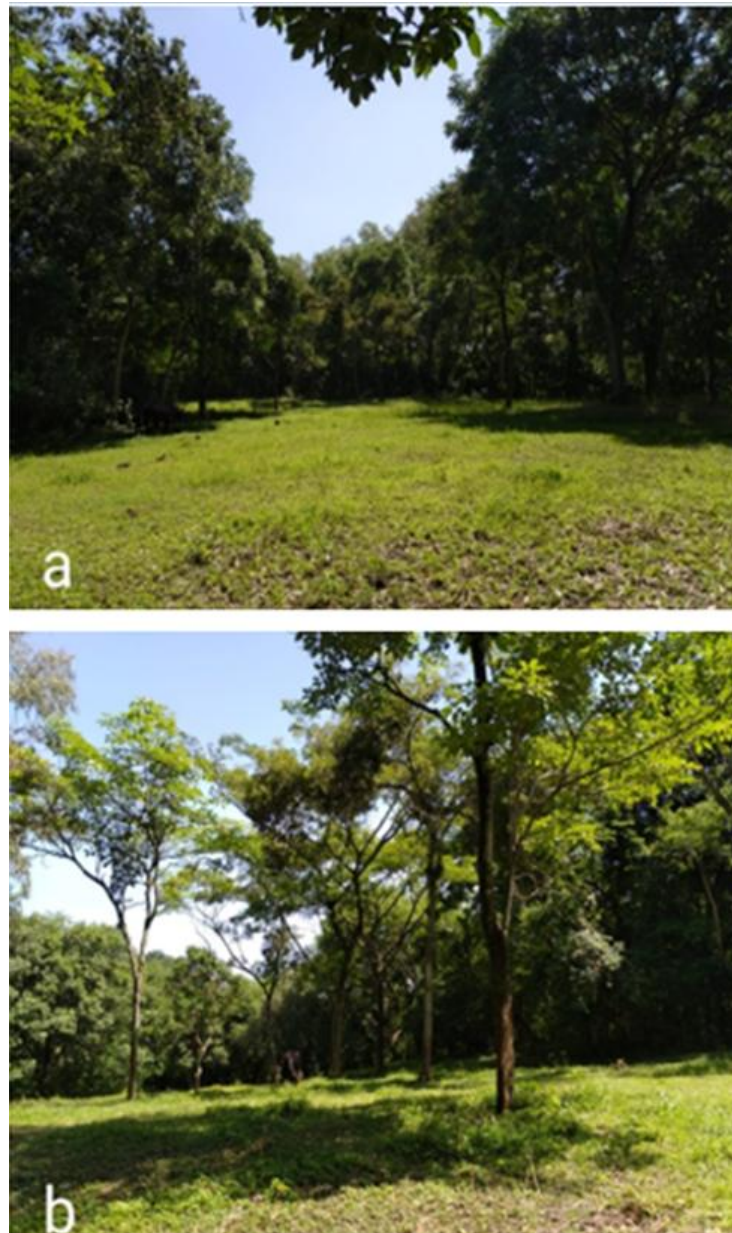


**Figura 12.** Tipo de vegetación existente en la Finca El Carmen en la zona de cultivo, a) cultivo de caña y b) cultivo de maíz.

### **5.3.1.2 Zona de pastizal:**

Esta zona cuenta con una extensión de 1.2 manzanas, además es utilizada para descanso y alimentación de ganado bovino. Dentro de las especies de flora más predominantes se encuentran: “madrecacaos” (*Gliricidia sepium*), “cedros” (*Cedrela odorata*), “mamones” (*Melicoccus bijugatus*), “eucaliptos” (*Eucalyptus globulus*), “laurel” (*Cordia alliodora*), entre otras; los cuales proporcionan sombra al pastizal (Figura 13). Entre la vegetación de contorno que posee se encuentran: “bambúes”

(*Bambusa vulgaris*), “Sincuya” (*Annona purpurea*), “platanillos” (*Heliconia rostrata*), “chichipince” (*Hamelia patens*), “laurel” (*Laurus nobilis*) “grama san agustín” (*Stenotaphrum secundatum*).



**Figura 13.** Tipo de vegetación existente en la Finca El Carmen en la zona de pastizal.

### 5.3.1.3 Zona de quebrada:

El área de este sitio es de 0.89 manzanas y presenta una topografía variada con partes planas y pendientes. El curso del agua de la quebrada es estacional, por ende, solo se puede observar flujo durante la época lluviosa. Dentro de las especies de flora más predominantes se encuentran: “mangos” (*Mangifera indica*), “guarumos” (*Cecropia peltata*), “bambúes” (*Bambusa vulgaris*), “sincuyas”

(*Annona purpurea*), “palma de coyol” (*Acrocomia aculeata*), “copinol” (*Hymenaea courbaril*), “platanillos” (*Heliconia rostrata*), entre otras; los cuales proporcionan sombra en la quebrada. Como vegetación de contorno se pueden mencionar “campanilla morada” (*Ipomea purpurea*), “guayaba” (*Psidium guajava*) y “platanillo” (*Heliconia* sp.) (Figura 14).



**Figura 14.** Tipo de vegetación existente en la Finca El Carmen en la zona de quebrada.

#### **5.3.1.4 Bosque secundario:**

El área de este sitio es de 7 manzanas aproximadamente y dentro de esta zona se encuentran tres tipos de estratos. El estrato arbóreo en donde se encuentran las especies de flora siguiente: “conacaste” (*Enterolobium cyclocarpum*), “madrecacao” (*Gliricidia sepium*), “laurel” (*Laurus nobilis*), “copinol” (*Hymenaea courbaril*), y “guarumo” (*Cecropia peltata*); el estrato arbustivo en donde se encuentra: “café” (*Coffea arabica*) y estrato herbáceo en donde se puede encontrar: “colocha” (*Selaginella* sp.). Como vegetación de contorno se encuentran los siguientes: “eucalipto” (*Eucalyptus globulus*), “saite” (*Acanthocereus tetragonus*), “coco” (*Cocos nucifera*) y “anona” (*Annona diversifolia*) (Figura 15).



**Figura 15.** Tipo de vegetación existente en la Finca El Carmen en la zona de bosque secundario.

### 5.3.1.5 Zona habitacional:

Este sitio tiene un área de 7 manzanas aproximadamente y dentro de esta zona se puede encontrar las especies de flora siguiente: “cedro” (*Cedrela odorata*), “zincuya” (*Annona purpurea*), “tempate” (*Jatropha curcas*) y “amate” (*Ficus insipida*). Como vegetación de contorno se pueden mencionar: “izote” (*Yucca gigantea*), “plátano” (*Musa paradisiaca*), “morro” (*Crescentia alata*) y “aguacate” (*Persea americana*) (Figura 16). Las perturbaciones antropogénicas son más evidentes, hay casas, caminos tanto para carros como de personas y mayor cantidad de desechos inorgánicos de los cuales se pueden mencionar: botes de plástico, bolsas, cajas, llantas, juguetes, etc.



**Figura 16.** Tipo de vegetación existente en la Finca El Carmen en la zona habitacional.

## 5.4 Fase de campo

### 5.4.1 Número de muestreos

Se realizaron 6 muestreos en los meses comprendidos entre septiembre de 2023 a febrero de 2024, tomando un muestreo por mes entre la segunda y tercera semana.

### 5.4.2 Tipo de trampa

Las trampas utilizadas para la investigación fueron de caída tipo Pitfall, sugeridas por Fuentes (2009), las cuales se elaboraron de forma artesanal utilizando botellas plásticas vacías de bebidas carbonatadas con capacidad de 2.5 litros. Cada depósito se cortó a una altura de 20 centímetros, partiendo la botella en dos mitades, una superior y una inferior y posteriormente la boquilla se colocó en forma invertida dentro de la botella, simulando un embudo. Con tres varas de bambú se elaboró un trípode para poder colocar el cebo. Para la instalación, se utilizó una pala dúplex para hacer un orificio en el suelo y poder introducir el contenedor plástico; arriba del recipiente se colocó el trípode y se colgó el cebo recubierto por tela de mosquitero para que el olor se expandiera y empezaran a atraer los escarabajos (Figura 17).

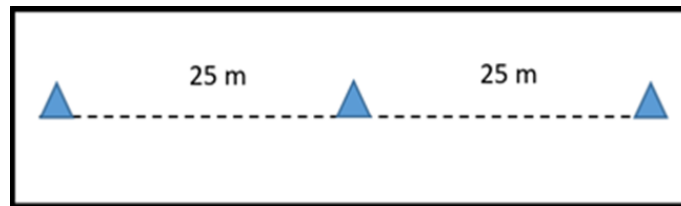


**Figura 17.** Trampa de caída Pitfall, a) trampa previa a su instalación, b) recipiente enterrado, c) trampa instalada.

### 5.4.3 Ubicación de trampas

Se colocaron un total de 15 trampas, distribuidas en 5 áreas de trabajo estableciendo un transecto lineal, las trampas se separaron a 25 metros uno del otro (Figura 18). Cada trampa contenía cebos con 336 gramos de materia fecal, el cual fue colocado en retazos de tela de mosquitero de (25 cm X 30 cm). Posteriormente se utilizó hilo para colocar los cebos en un trípode de bambú, que se ubicó sobre

la trampa. Para disminuir el error en los datos de campo, el excremento se homogenizó para garantizar que todos los cebos tuvieran la misma condición fisicoquímica (Figura 19).



**Figura 18.** Transecto lineal con cada sitio de muestreo separado a 25 m.



**Figura 19.** Preparación de cebos, a) Excremento utilizado como cebo, b) pesaje del excremento y c) cebos preparados.

#### 5.4.4 Tipo de cebo

En cada zona de muestreo se colocaron 3 trampas cebadas, una de cada atrayente. Al finalizar se colocaron 5 trampas de cada cebo, teniendo 15 trampas en total.

Las trampas fueron cebadas con tres tipos de atrayentes:

- Excremento de perro
- Excremento de cerdo
- Excremento humano

#### 5.4.5 Recolección y preparación de los cebos

Se recolectó excremento de cerdo, humano y perro con dos días de anticipación al día de activación de las trampas, se utilizó un recipiente grande y una cuchara por cada excremento. Llegado el día de activación de las trampas se prepararon añadiéndoles agua para que las mezclas estuvieran bien homogenizadas, con ello se logra generar cebos con mayor efecto atrayente. Para finalizar se fueron pesando y armando para que quedara listo para la activación de trampas (Figura 20).



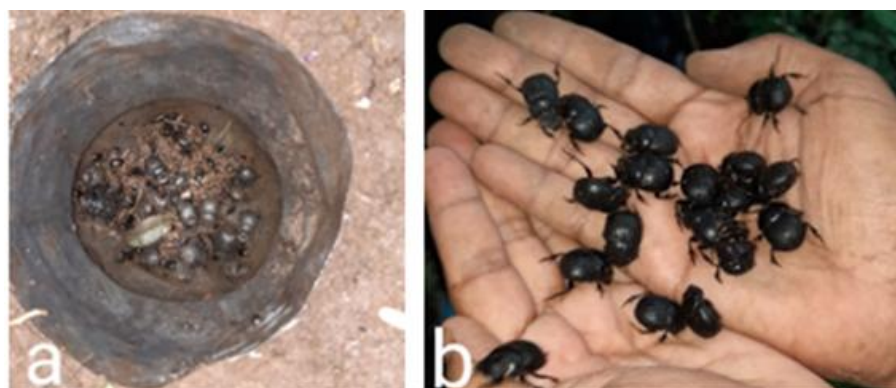
**Figura 20.** Procesos de recolección de excremento, a) recolección de excremento de cerdo y b) preparación y montaje del excremento.

#### **5.4.6 Tiempo de acción de las trampas**

Cada trampa se dejó trabajar por un periodo de 24 horas. Las trampas se colocaban a partir de las doce del mediodía y se revisaban al día siguiente a la misma hora. El orden de activación de las trampas inicio activando la zona de quebrada, luego la zona habitacional, seguido de la zona de bosque secundario, después la zona de cultivo y para finalizar la zona de pastizal; en este mismo orden se revisaron.

#### **5.5 Fase de captura**

Las capturas se desarrollaron entre los meses de septiembre-2023 a febrero-2024, con 15 trampas de caída tipo Pitfall, cebadas con excremento tanto de cerdo, de humano y de perro, éstas se activaron en la tercera semana de cada mes desde las 12:00 horas del mediodía en adelante y se revisaron 24 horas después de su activación (Figura 21).



**Figura 21.** Revisión de trampas 24 horas después de ser activadas.

### 5.5.1 Toma de datos

Para realizar la toma de datos, se elaboró un documento con las imágenes de las posibles especies de escarabajos coprófagos en El Salvador, además de la elaboración de una matriz en Excel donde se agregaron los datos de cada sitio de muestreo (Anexo 1).

### 5.5.2 Identificación de especies

#### 5.5.2.1 Identificación de especies In-Situ

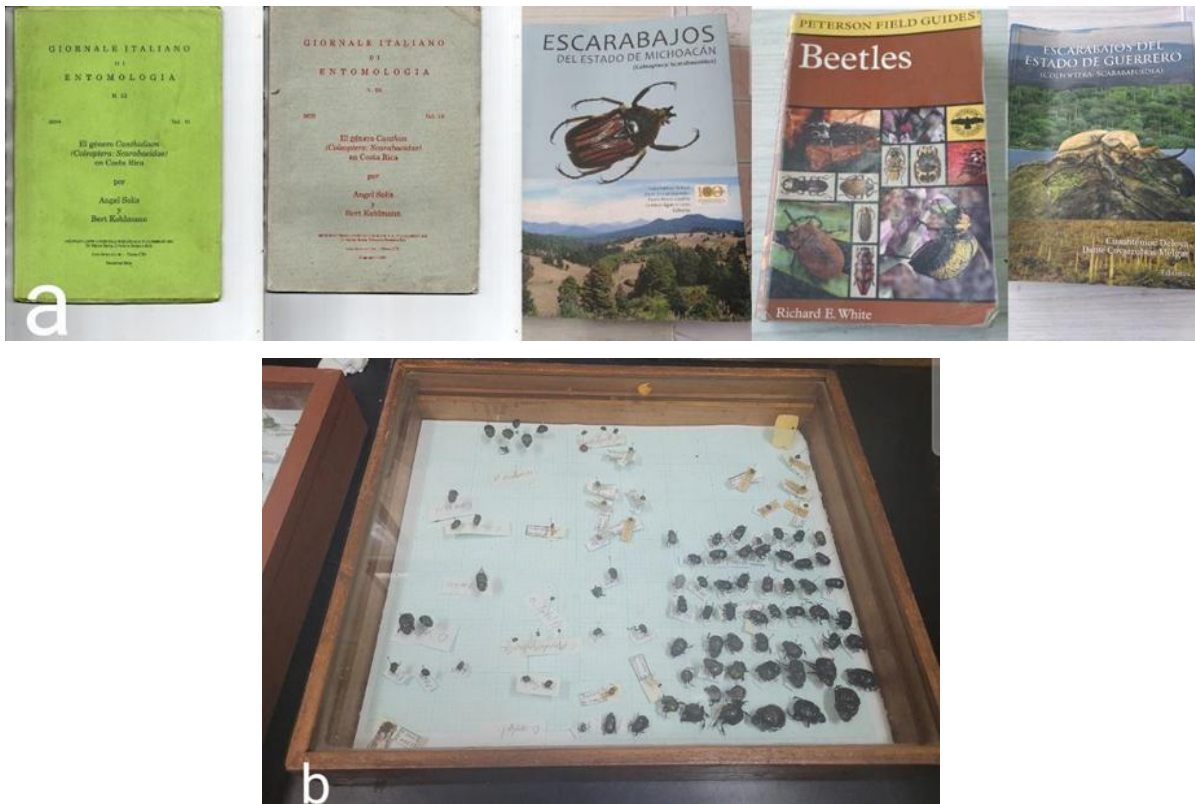
Para identificar las especies in-situ se procedió a revisar cada una de las trampas, retirando una por una las especies atrapadas en dichas trampas, para posteriormente proceder a su identificación utilizando una lupa led y el apoyo de un álbum fotográfico que se realizó sobre las posibles especies de escarabajos de El Salvador (Figura 22), para poder compararlas con cada especie colectada en los puntos de muestreo.

#### 5.5.2.2 Identificación de especies Ex-Situ

En aquellos casos que no fue posible identificar las especies en campo, se colectaron en frasco pequeños y fueron trasladadas al laboratorio de Entomología de la Escuela de Biología de la Universidad de El Salvador para su respectiva identificación con claves taxonómicas como las siguientes: El género *Canthon* (*Coleoptera: Scarabaeidae*) (2002) de Angel Solis y Berth Kohlmann, El género *Canthidium* (*Coleoptera: Scarabaeidae*) (2004) de Angel Solis y Kohlmann, Beetles (1983) de Richard White, Escarabajos del estado de guerrero (*Coleoptera: Scarabeoidea*) (2014) de Cuauhtémoc Deloya y Dante Covarrubias, Escarabajos del estado de Michoacán *Coleoptera: Scarabeoidea*) (2016) de Cuauhtémoc Deloya, Javier Saavedra, Pedro Reyes y Gustavo Aguirre, además de utilizar colecciones que estaban guardadas en el laboratorio que correspondían a investigaciones anteriores (Figura 23). Después de pasar un proceso de secado y etiquetado, se colocaron en forma ordenada y debidamente identificadas en una caja entomológica (Figura 24).



**Figura 22.** Imágenes de las posibles especies de escarabajos coprófagos en El Salvador.



**Figura 23.** Material utilizado para identificación de especies, a) claves taxonómicas y libros de apoyo utilizados b) colecciones de referencias de la Escuela de Biología.



**Figura 24.** Parte de metodología de laboratorio, a) etiquetado de las especies colectadas, b) proceso de secado de escarabajos colectados, c) escarabajos ordenados en su caja entomológica.

## 5.6 Diseño estadístico

Con el objetivo de aplicar el enfoque de ecosistema se calcularon los siguientes índices propuestos en el manual de Inventario de La Biodiversidad (MARN, 2003).

A nivel de composición de ecosistema (Diversidad Alfa)

- Identificación de especies de escarabajos coprófagos.
- Listado de especies de escarabajos coprófagos para cada sitio de muestreo.
- Abundancia relativa.

La abundancia relativa de una especie es la proporción de individuos de dicha especie en relación al total de individuos de todas las especies inventariadas y se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$Ar = \frac{Aix}{A\ total} \times 100$$

Dónde:

Ar: Abundancia relativa de la especie.

Aix: Número total de individuos de la especie i.

A total: Número total de Individuos de todas las especies muestreadas.

### 5.6.1 Índice de abundancia relativa por especies propuesto por Margaleff.

Índice de Margaleff: El índice de Margalef es otro índice de Abundancia relativa que tiene la ventaja de eliminar, el efecto del tamaño de la muestra. Los valores van desde 0 en adelante, de modo que, a mayor valor, mayor es la riqueza de especies (MARN, 2003). Relaciona el número de especies de acuerdo con el número total de individuos. El mínimo valor que puede adoptar es cero, y ocurre cuando solo existe una especie en la muestra ( $s=1$ , por lo que  $s-1=0$ ). Valores menores de 2 indican baja diversidad, valores entre 2 a 5 indican diversidad media y valores mayores de 5 indican alta diversidad.

$$R = (s - 1) / \log N$$

Donde:

R: Índice de Margaleff.

S: Número de especies.

N: Número total de especies.

### 5.6.2 Curva de rarefacción (acumulación de especies).

Permite evaluar la validez del esfuerzo de muestreo. Calcula el número esperado de especies de cada muestra si todas las muestras fueran reducidas a un tamaño estándar, es decir, si la muestra fuera considerada de  $n$  individuos ( $n < N$ ), ¿cuántas especies se habrían registrado? (Moreno, 2001).

$$E(S) = \sum 1 - \frac{(N - N_i)/n}{N/n}$$

Donde:

$E(S)$  = número esperado de especies.

$N$  = número total de individuos en la muestra.

$N_i$  = número de individuos de la  $i$ ésima especie.

$n$  = tamaño de la muestra estandarizado.

### 5.6.3 Estimadores de riqueza

#### 5.6.3.1 Estimador Chao 1

Estima el número de especies de una comunidad, basándose en los números especies raras de las muestras (Moreno, 2001).

$$Chao\ 1 = S + \frac{a^2}{2b}$$

Donde:

$S$ : es el número de especies en una muestra.

$a$ : es el número de especies representadas sólo por un individuo en la muestra.

$b$ : es el número de especies representadas por dos individuos en la muestra.

#### 5.6.3.2 Estimador ACE (Abundance Coverage Estimator)

Se aplica para conocer el número de especies máximo que se puede encontrar en el ecosistema (Pla, 2006).

$$ACE = r_{abun} + \frac{r_{rara}}{\hat{C}_{rara}} + \frac{\hat{f}_1}{\hat{C}_{rara}} \hat{\gamma}^2$$

Donde:

ACE: abundance coverage estimator.

$r_{abun}$ :  $k$  individuos en la muestra.

$r_{rara}$ :  $k$  raras observadas en toda la muestra.

#### 5.6.4 Índice de Diversidad Shannon-Wiener

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra (Moreno, 2001).

$$H' = \sum (n_i / N) \ln (n_i / N)$$

Donde:

H: Índice de Diversidad Shannon- Weiner.

$n_i$ : Número de individuos de cada especie.

N: Número total de todos los individuos capturados en el lugar.

#### 5.6.5 Índice de Simpson Dominancia de especies

Para comparar la diversidad de especies de un sitio es bueno tener una estimación de la dominancia entre las especies de la comunidad (MARN, 2003).

$$D = \frac{N \max}{N}$$

N

Dónde:

D: Índice de Dominancia.

N max: Número de Individuos de la especie más abundante.

N: Número total de Individuos de todas las especies. Nivel de estructura de ecosistemas.

#### 5.7 Nivel de estructura de ecosistemas

En este nivel se midieron las diversas variaciones en la composición de especies entre las comunidades en las áreas de estudio.

Para este análisis, se deberá calcular la diversidad Beta o diversidad de especies entre ecosistemas y además comparar la presencia o ausencia de las especies entre las comunidades con el coeficiente de similitud de Jaccard.

## 5.7.1 Similitud entre sitios

### 5.7.1.1 Índice de similitud de Jaccard

Relaciona el número de especies compartidas con el número total de especies exclusivas (Moreno, 2001).

$$C_j = j / (a + b - j)$$

Donde:

C<sub>j</sub>: Número de especies encontradas en ambos sitios.

j: Número de especies encontradas en ambos sitios.

a: Número de especies en el sitio 1.

b: Número de especies el sitio 2.

Los índices de biodiversidad alfa y beta propuesto fueron calculados utilizando el programa estadístico de computación Past 4.17.

## 5.8 Análisis de varianza

El ANOVA es un conjunto de técnicas estadísticas de gran utilidad y ductilidad. Es útil cuando hay más de dos grupos que necesitan ser comparados, cuando hay mediciones repetidas en más de dos ocasiones, cuando los sujetos pueden variar en una o más características que afectan el resultado y se necesita ajustar su efecto o cuando se desea analizar simultáneamente el efecto de dos o más tratamientos diferentes.

Para la presente investigación se utilizó el ANOVA de una vía o ANOVA de un factor se refiere a la variable que determina los grupos del estudio, o sea, la variable independiente o predictora. El número de grupos definido por un factor se conoce como el número de niveles del factor (Larson, 2008).

$$F = \frac{S_{entre}}{S_{dentro}}$$

Donde:

F: Coeficiente de ANOVA.

S<sub>entre</sub>: Suma de media de cuadrado debido al tratamiento.

S<sub>dentro</sub>: suma de media de cuadrados debido al erros.

## VI. RESULTADOS

### 6.1 Riqueza

Se colectó un número de 20 especies, distribuidos en 11 géneros y 2,906 individuos. De estos la especie *Onthophagus batesi* fue la más abundante con 1499 individuos, seguido del género *Histerido sp1* con 637 individuos y en tercer lugar la especie *Dichotomius centralis* con 373 individuos. En cuarto lugar, se encuentra *Canthon indigaceus* con 198 individuos, el quinto lugar, es para *Copris lugubris* con 72 individuos, el sexto lugar es para *Onthophagus belorhinus* con 41 individuos, el séptimo lugar es para *Canthon cyanellus* con 30 individuos. El resto de especies oscila entre 1 y 15 individuos (Tabla 2).

**Tabla 2.** Especies de escarabajos coprófagos en la Finca El Carmen.

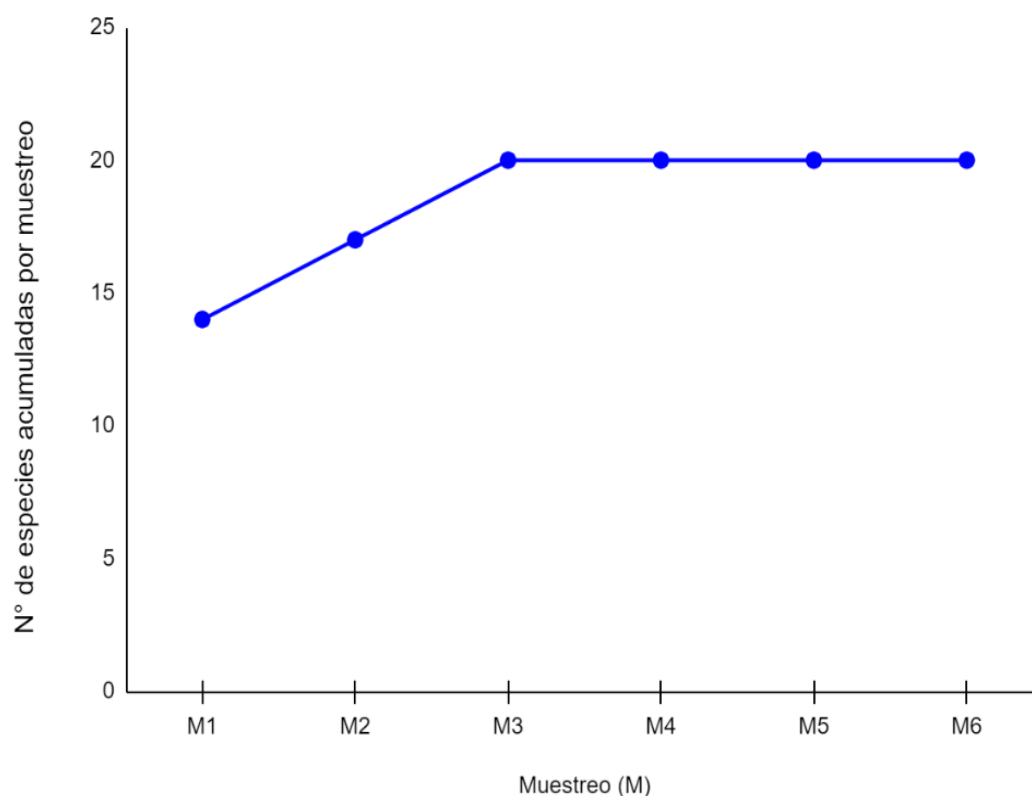
No.	Especies	Sitios de muestreos					Total
		Pastizal	Quebrada	Bosque secundario	Cultivo	Zona Habitacional	
1	<i>Canthon cyanellus</i>	3	1	6	1	19	30
2	<i>Canthon femoralis</i>	1	0	0	0	0	1
3	<i>Canthon indigaceus</i>	2	45	75	2	74	198
4	<i>Cantidium sp1</i>	0	2	0	0	0	2
5	<i>Copris costaricensis</i>	1	0	0	0	1	2
6	<i>Copris lugubris</i>	38	16	1	7	10	72
7	<i>Coprophaneus pluto</i>	0	0	0	0	1	1
8	<i>Deltochilum scabriusculum</i>	0	0	2	0	1	3
9	<i>Dichotomius annae</i>	2	3	6	2	2	15
10	<i>Dichotomius centralis</i>	101	97	105	30	40	373
11	<i>Histerido sp1</i>	118	238	102	120	59	637
12	<i>Onthophagus batesi</i>	490	608	129	115	157	1499
13	<i>Onthophagus belorhinus</i>	0	25	8	0	8	41
14	<i>Onthophagus marginicollis</i>	0	10	3	0	0	13
15	<i>Onthophagus sp1</i>	1	0	0	0	0	1
16	<i>Onthophagus sp2</i>	0	0	1	0	0	1
17	<i>Phanaeus demon</i>	0	2	1	1	3	7
18	<i>Phanaeus endymion</i>	0	0	2	0	1	3
19	<i>Uroxys deavilai</i>	3	0	1	0	0	4
20	<i>Omorgus suberosus</i>	0	3	0	0	0	3
<b>Total</b>		760	1050	442	278	376	2906

### 6.2 Especies por muestreo

El comportamiento de la riqueza de especies nuevas por muestreo, mostró la siguiente tendencia: para el muestreo uno se tuvieron 14 especies, para el segundo se sumaron 3 especies nuevas; generando una frecuencia acumulada de 17 especies, para el tercero se lograron 3 especies nuevas; llegando a frecuencia acumulada de 20 especies. En los muestreos cuatro, cinco y seis se mantuvo la riqueza. Finalmente se reportan 20 para todo el ecosistema (Tabla 3) (Figura 25).

**Tabla 3.** Especies nuevas acumuladas de escarabajos coprófagos por muestreo.

Muestreos (M)	Sp. nuevas	F. acumulada
M1	14	14
M2	3	17
M3	3	20
M4	0	20
M5	0	20
M6	0	20



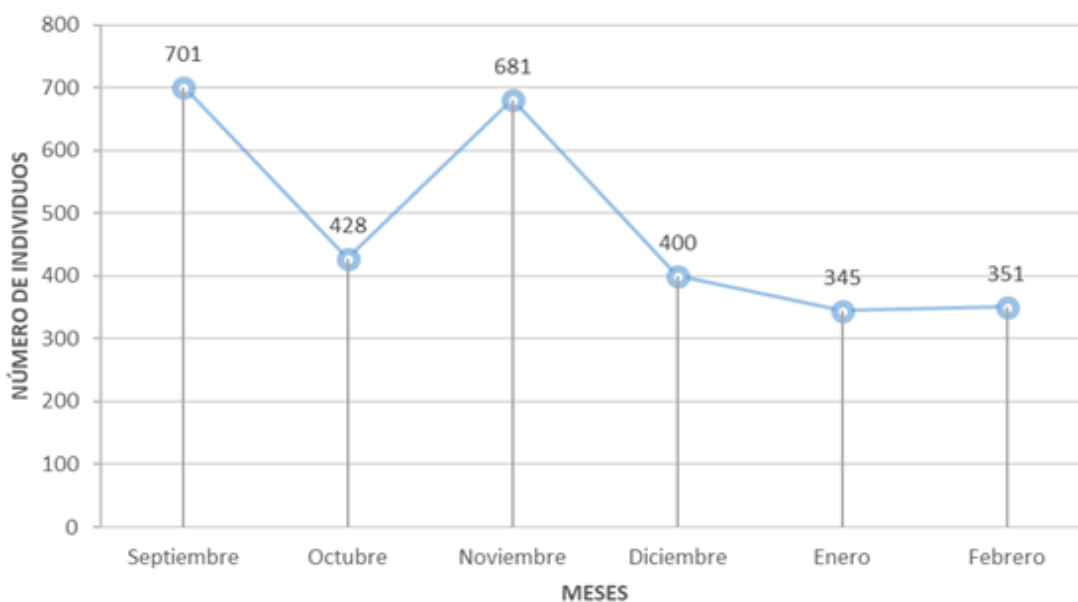
**Figura 25.** Frecuencia acumulada de escarabajos coprófagos por muestreo en la Finca El Carmen.

### 6.3 Comportamiento de la abundancia capturada por mes

La mayor captura de individuos fue en el mes de septiembre con 701, en segundo lugar, el mes de noviembre con 681 y el tercer lugar es en el mes de octubre con 428, el cuarto lugar el mes de diciembre con 400 y para finalizar los meses de menor captura fueron los meses de febrero con 351 y enero con 345 respectivamente (Tabla 4) (Figura 26).

**Tabla 4.** Comportamiento de la abundancia capturada por mes de escarabajos coprófagos.

No.	Especie	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Total
1	<i>Canthon cyanellus</i>	3	25	2	0	0	0	30
2	<i>Canthon femoralis</i>	0	1	0	0	0	0	1
3	<i>Canthon indigaceus</i>	23	136	39	0	0	0	198
4	<i>Canthidium</i>	0	1	0	1	0	0	2
5	<i>Copris costaricensis</i>	1	0	0	0	1	0	2
6	<i>Copris lugubris</i>	16	1	37	1	12	5	72
7	<i>Coprophanæus pluto</i>	1	0	0	0	0	0	1
8	<i>Deltochilum scabriusculum</i>	2	1	0	0	0	0	3
9	<i>Dichotomius annae</i>	9	1	3	2	0	0	15
10	<i>Dichotomius centralis</i>	169	52	114	2	29	7	373
11	<i>Histerido sp1</i>	14	4	44	107	181	287	637
12	<i>Onthophagus batesi</i>	451	177	428	278	122	43	1499
13	<i>Onthophagus belorhinus</i>	1	14	8	9	0	9	41
14	<i>Onthophagus marginicollis</i>	0	13	0	0	0	0	13
15	<i>Onthophagus sp1</i>	0	0	1	0	0	0	1
16	<i>Onthophagus sp2</i>	0	0	1	0	0	0	1
17	<i>Phanaeus demon</i>	6	1	0	0	0	0	7
18	<i>Phanaeus endymion</i>	3	0	0	0	0	0	3
19	<i>Uroxys deavilai</i>	0	0	4	0	0	0	4
20	<i>Omorgus suberosus</i>	2	1	0	0	0	0	3
TOTAL		701	428	681	400	345	351	2906



**Figura 26.** Comportamiento de la abundancia capturada por mes de escarabajos coprófagos.

## 6.4 Índices de biodiversidad de la Finca El Carmen

El índice de equidad propuesto por Shannon-Wiener en toda el área de estudio presenta el valor de 2.11. Por su parte el índice de dominancia propuesto por Simpson para todo el ecosistema presentó un valor de 0.664 y en el caso del índice de riqueza específica propuesto por Margaleff presentó un valor de 2.38 (Tabla 5).

**Tabla 5.** Resultados de índices de biodiversidad de escarabajos coprófagos.

Indicador	Finca El Carmen
Abundancia	2,906
Riqueza	20
H' = Índice de Shannon-Weiner	2.11
D= Índice de Simpson	0.664
R= Índice de Margaleff	2.38

## 6.5 Estimadores de riqueza

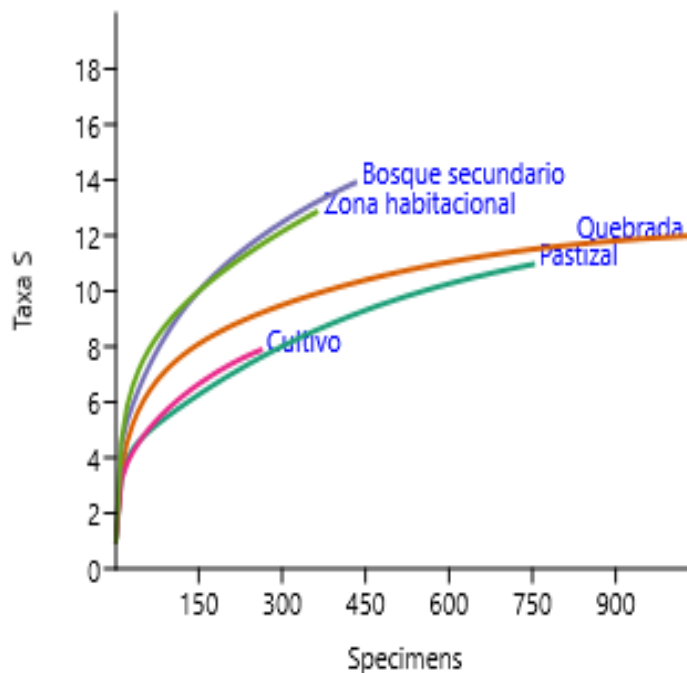
La riqueza de escarabajos coprófagos capturada en la Finca El Carmen fue de 20 especies. El estimador de riqueza ACE calculado para dicho ecosistema indica un número máximo de 23.19 especies esperadas. Por su parte el estimador de riqueza propuesto por Chao 1 determina que para todo el ecosistema el máximo de especies esperadas era de 22 (Tabla 6).

**Tabla 6.** Especies estimadas y porcentaje de especies capturadas de escarabajos coprófagos de los cinco sitios de muestreo.

Estimador	ACE	Chao 1
Número de especies esperadas	23.19	22
Número de especies capturadas	20	20
Porcentaje de representatividad	86.2%	90.1%

## 6.6 Curva de rarefacción (acumulación de especies)

El comportamiento de la abundancia de especies se puede apreciar en la Figura 27. Las zonas que mayor abundancia presentaron fueron en primer lugar la zona de quebrada con 1,050 individuos colectados, en segundo lugar, la zona de pastizal con 760 individuos colectados, en tercer lugar, la zona de bosque secundario con 442 individuos colectados, en cuarto lugar, la zona habitacional con 376 individuos colectados y para finalizar la zona que menos abundancia presentó fue la zona de cultivo con 278 individuos colectados. Teniendo un total de 2,906 individuos colectados en todo el ecosistema.



**Figura 27.** Curva de rarefacción de especies de escarabajos coprófagos de la Finca El Carmen.

## 6.7 Preferencia alimenticia

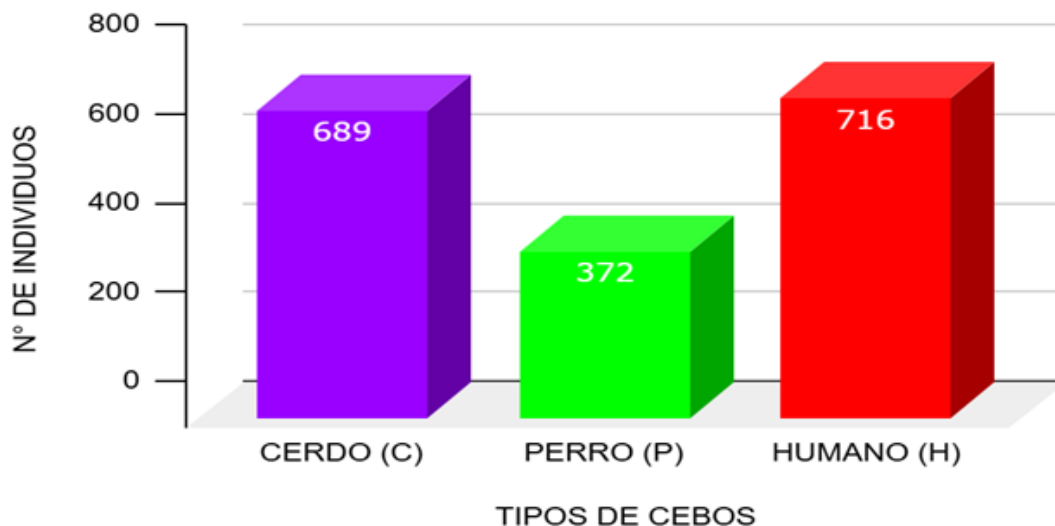
Para obtener los datos de preferencia alimenticia se trabajaron los datos del muestreo tres en adelante; los datos del muestreo uno y muestreo dos no se tomaron debido a que en dichos muestreos se encontraron las trampas caídas que estaban cebadas con heces humanas.

### 6.7.1 Preferencia de atracción de individuos

El cebo que presentó mayor preferencia de atracción fue el cebo de excremento humano con 716 de individuos colectados, seguido del cebo de cerdo con 689 individuos colectados y el que menos preferencia presentó fue el cebo de excremento de perro con 372 individuos colectados (Tabla 7) (Figura 28).

**Tabla 7.** Preferencia alimenticia de atracción de individuos en la Finca El Carmen.

Muestreo (M)	Cerdo (C)	Perro (P)	Humano (H)	Total
M3	240	138	303	681
M4	158	57	185	400
M5	160	99	86	345
M6	131	78	142	351
TOTAL	689	372	716	1777



**Figura 28.** Preferencia de atracción alimenticia de individuos de escarabajos coprófagos.

### 6.7.2 Análisis de varianza para preferencia de cebos

La aplicación del análisis de la varianza para preferencia de cebo obtuvo el resultado de p de 0.3943 y un valor f de 3.6823 (Tabla 8).

**Tabla 8.** Análisis de varianza de preferencia de cebos de escarabajos coprófagos presentes en la Finca El Carmen.

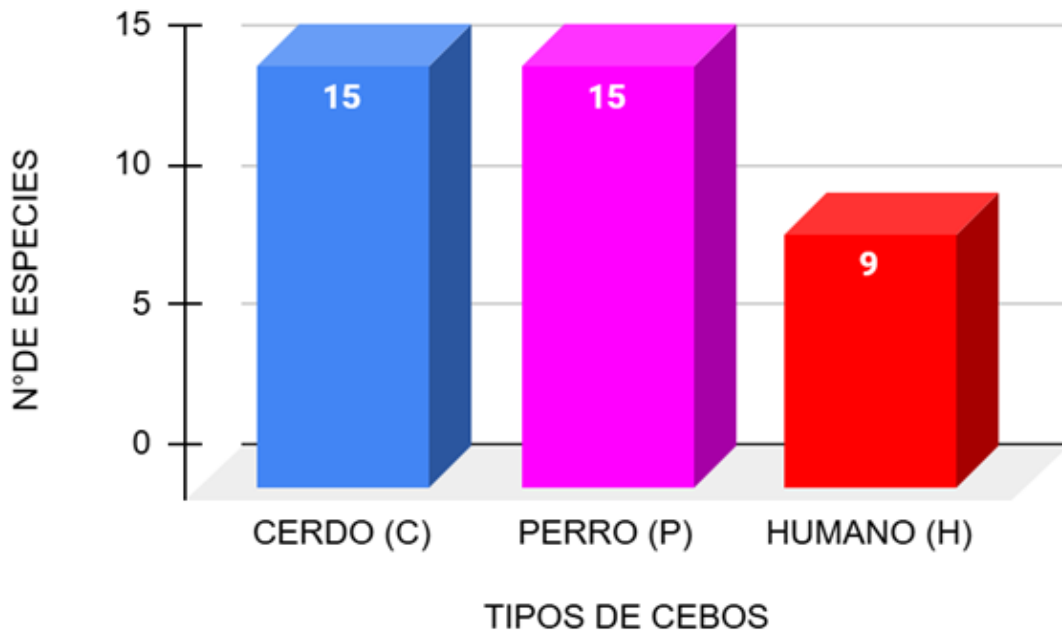
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	19278.77778	2	9639.388889	0.99059017	0.394389539	3.682320344
Dentro de los grupos	145964.3333	15	9730.955556			
Total	165243.1111	17				

### 6.8 Riqueza según el tipo de cebo

La comunidad de escarabajos coprófagos de la Finca El Carmen presenta una preferencia en cuanto al tipo de atrayente. El cebo de cerdo y de perro presentan una riqueza de 15 especies cada uno, mientras que el excremento de humano presenta una riqueza de 9 especies (Tabla 9) (Figura 29). De 20 especies solo 7 se encontraron en los tres tipos de cebo, 4 especies se encontraron únicamente en el atrayente de perro, 3 especies se encontraron únicamente en el de cerdo, mientras que el excremento de humano no presentó ninguna especie que se encuentre exclusivamente en este tipo de cebo.

**Tabla 9.** Preferencia alimenticia de atracción por riqueza biológica de escarabajos coprófagos.

Cebos	N° de especies
Cerdo (C)	15
Perro (P)	15
Humano (H)	9



**Figura 29.** Preferencia alimenticia de atracción por riqueza biológica de escarabajos coprófagos.

### 6.8.1. Clasificación de especies según la dieta preferida

Las especies que se encontraron en los 3 cebos son *O. belorhinus*, *D. annae*, *C. lugubris*, *O. batesi*, *Histerido* sp1, *D. centralis* y *C. indigaceus*. Las especies con preferencia únicamente al cebo de cerdo son *C. femoralis*, *Canthidium* sp1 y *Onthophagus* sp1. Las especies con preferencia únicamente al cebo de perro son *Coprophanaeus* sp1, *D. scabriusculum*, *Onthophagus* sp2 y *P. endymion* (Tabla 10).

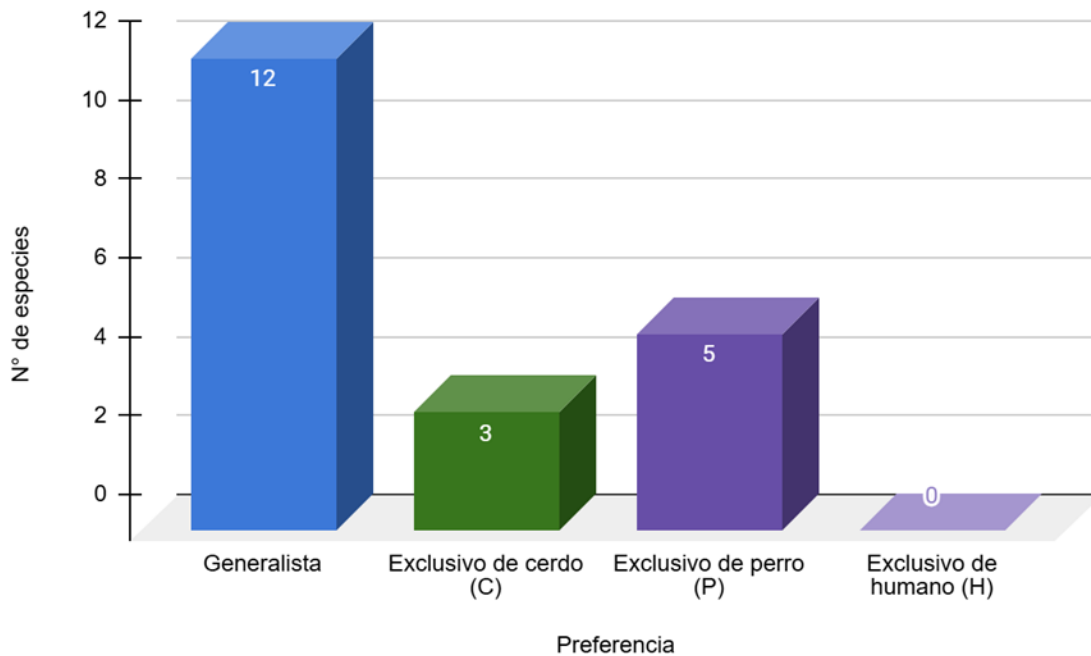
De las 20 especies encontradas, 12 son generalistas y se encontraron por lo menos en dos de los tres cebos. Por otro lado 5 especies poseen una preferencia exclusiva al cebo de perro, 3 se encontraron exclusivamente en el cebo de cerdo y en el caso del cebo de humano no se reportó ninguna especie exclusiva (Tabla 10 y 11) (Figura 30).

**Tabla 10.** Comportamiento de las riquezas de escarabajos coprófagos según el cebo.

No.	Especie	Tipo de Cebo			Total
		Cerdo	Perro	Humano	
1	<i>Canthon cyanellus</i>	4	26	0	30
2	<i>Canthon femoralis</i>	1	0	0	1
3	<i>Canthon indigaceus</i>	127	42	29	198
4	<i>Cantidium</i> sp1	2	0	0	2
5	<i>Copris costaricensis</i>	1	0	1	2
6	<i>Copris lugubris</i>	35	9	28	72
7	<i>Coprophanaeus pluto</i>	0	1	0	1
8	<i>Deltochilum scabriusculum</i>	0	3	0	3
9	<i>Dichotomius annae</i>	14	11	1	26
10	<i>Dichotomius centralis</i>	183	131	48	362
11	<i>Histerido</i> sp1	260	175	202	637
12	<i>Omorgus suberosus</i>	0	3	0	3
13	<i>Onthophagus batesi</i>	655	448	396	1499
14	<i>Onthophagus belorhinus</i>	15	16	10	41
15	<i>Onthophagus marginicollis</i>	3	10	0	13
16	<i>Onthophagus</i> sp1	1	0	0	1
17	<i>Onthophagus</i> sp2	0	1	0	1
18	<i>Phanaeus demon</i>	1	6	0	7
19	<i>Phanaeus endymion</i>	0	3	0	3
20	<i>Uroxys deavilai</i>	3	0	1	4
<b>Total</b>		<b>1305</b>	<b>885</b>	<b>716</b>	<b>2906</b>

**Tabla 11.** Preferencia de las especies de escarabajos coprófagos al tipo de cebo.

Preferencia	N° de especies
Generalista	12
Exclusivo de cerdo (C)	3
Exclusivo de perro (P)	5
Exclusivo de humano (H)	0



**Figura 30.** Preferencia de las especies de escarabajos coprófagos al tipo de cebo.

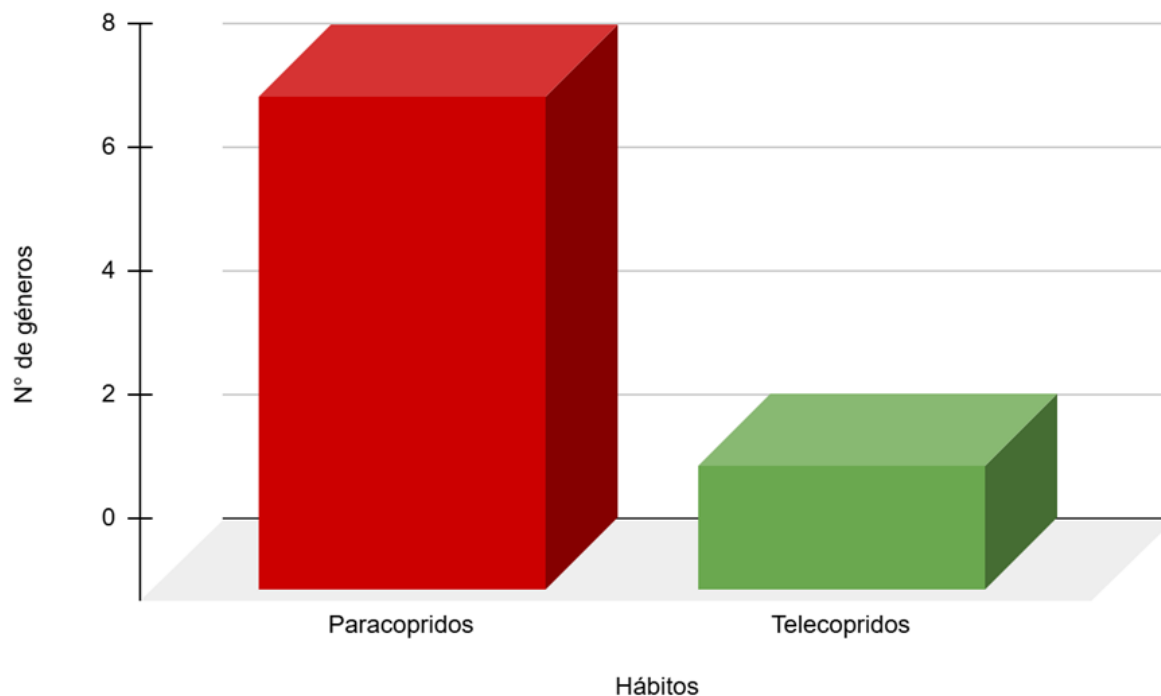
### 6.9 Gremio

De las 20 especies reportadas se han clasificado según su hábito de enterramiento del estiércol, obteniendo los siguientes resultados: El gremio de los cavadores (paracopridos) reportó 8 géneros: *Dichotomius*, *Phanaeus*, *Copris*, *Onthophagus*, *Histerido*, *Uroxys*, *Canthidium* y *Coprophanaeus* y 15 especies, además fueron colectados 2, 675 individuos de este gremio.

El gremio de los rodadores (telecopridos) reportó 2 géneros: *Deltochilum* y *Canthon* y 4 especies, además fueron colectados 231 individuos de este gremio (Tabla 12) (Figura 31).

**Tabla 12.** Preferencia alimenticia de géneros de especies colectadas de escarabajos coprófagos.

Género	Gremio (Hábito)
<i>Dichotomius</i>	Paracopridos
<i>Phanaeus</i>	Paracopridos
<i>Copris</i>	Paracopridos
<i>Onthophagus</i>	Paracopridos
<i>Histerido</i>	Paracopridos
<i>Uroxys</i>	Paracopridos
<i>Canthidium</i>	Paracopridos
<i>Coprophanaeus</i>	Paracopridos
<i>Canthon</i>	Telecopridos
<i>Deltochilum</i>	Telecopridos



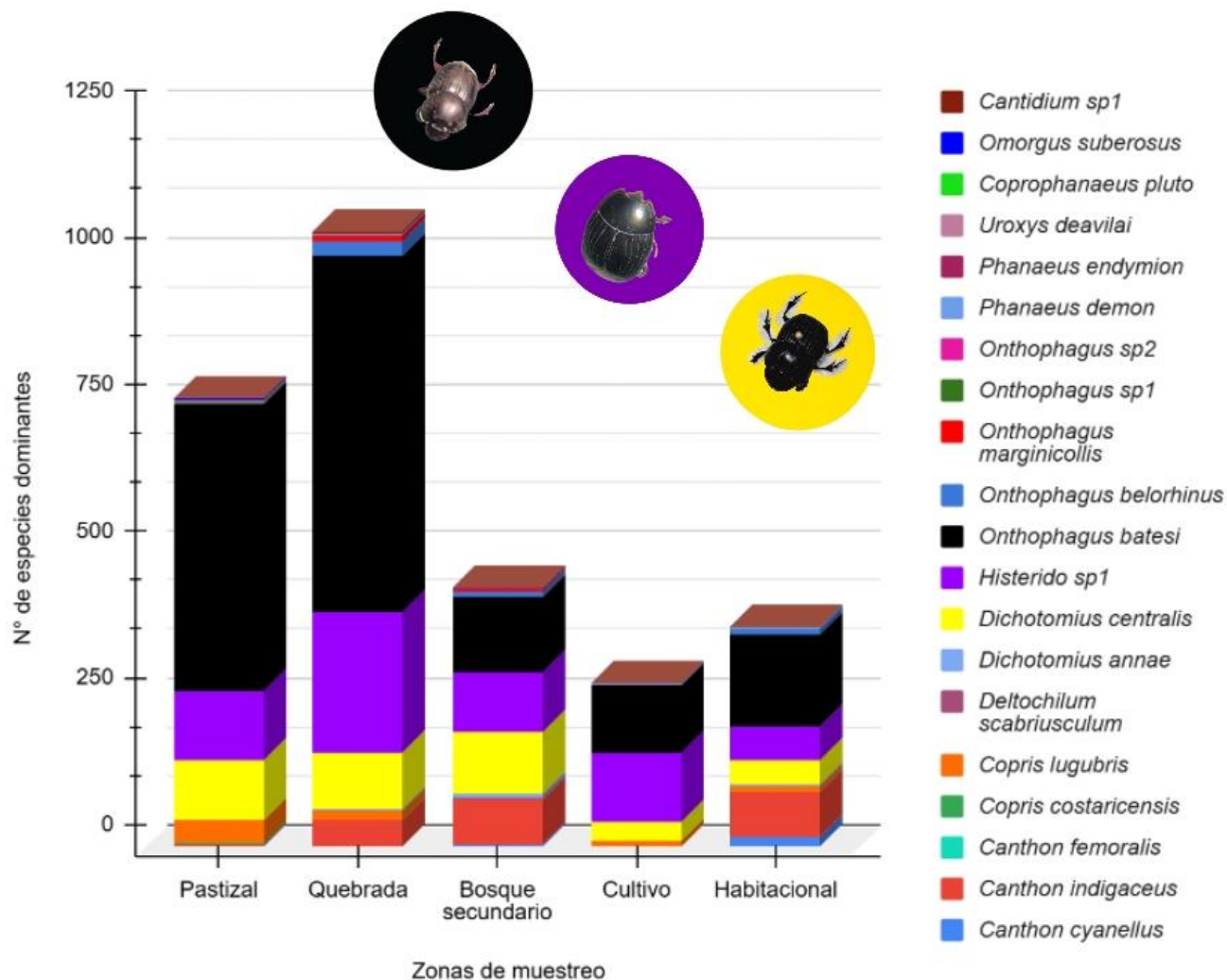
**Figura 31.** Preferencia alimenticia de géneros de especies colectadas de escarabajos coprófagos.

### 6.10 Comportamiento de dominancia de especies

En total se colectaron 2,906 individuos siendo la zona de muestreo con mayor abundancia la zona de Quebrada con 1,050 escarabajos colectados, seguido de la zona de Pastizal con 760 escarabajos colectados, en tercer lugar, la zona de Bosque Secundario con 442 escarabajos colectados, en cuarto lugar, está la zona Habitacional con 376 escarabajos colectados y para finalizar la zona que menos abundancia presentó fue la zona de cultivo con 278 escarabajos colectados.

En la zona de quebrada las especies más abundantes son: en primer lugar, *Onthophagus batesi* con 608 individuos, en segundo lugar, está el género *Histerido* sp1 con 238 individuos y en tercer lugar está *Dichotomius centralis* con 97 individuos. En la zona de pastizal las especies más colectadas son: en primer lugar, *Onthophagus batesi* con 490 individuos, en segundo lugar, está el género *Histerido* sp1 con 118 individuos y, en tercer lugar, *Dichotomius centralis* con 101 individuos. En la zona de bosque secundario las especies más colectadas son: en primer lugar, *Onthophagus batesi* con 129 individuos, en segundo lugar, *Dichotomius centralis* con 105 individuos y en tercer lugar está el género *Histerido* sp1 con 102 individuos. En la zona de cultivo las especies más colectadas son: en primer lugar, el género *Histerido* sp1 con 125 individuos, en segundo lugar, *Onthophagus batesi* con 115 individuos y en tercer lugar *Dichotomius centralis* con 30 individuos. En la zona habitacional las

especies más colectadas son: en primer lugar, *Onthophagus batesi* con 157 individuos, en segundo lugar, *Canthon indigaceus* 74 individuos y en tercer lugar está el género *Histerido* sp1 con 59 individuos (Figura 32).



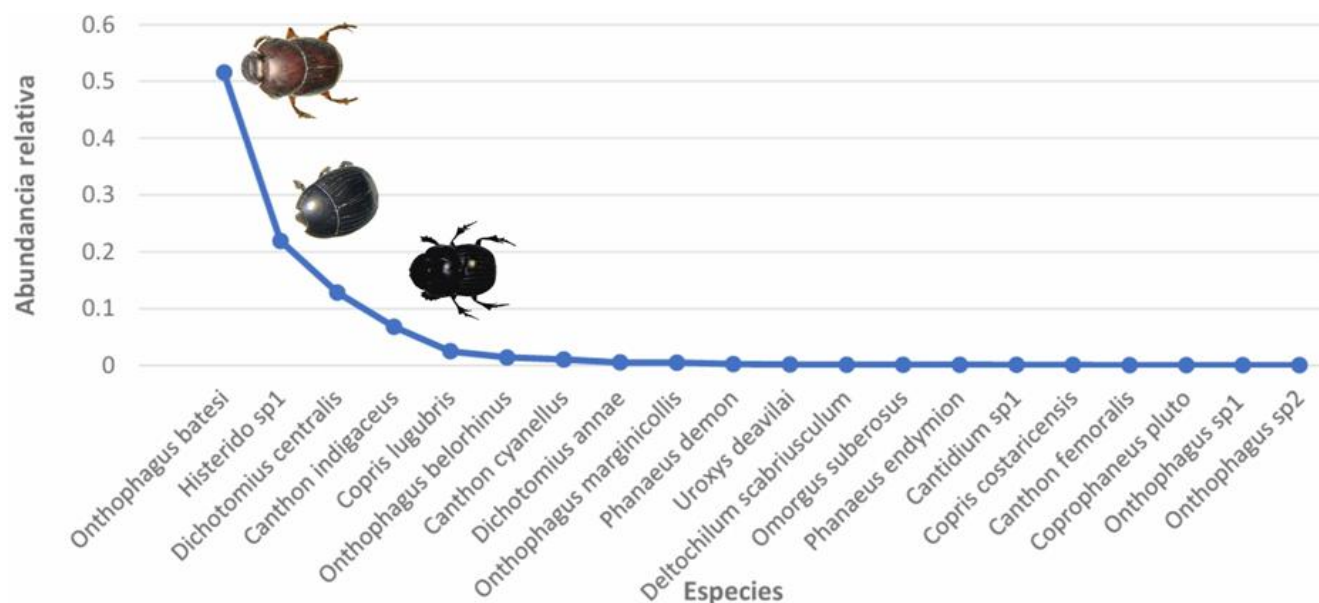
**Figura 32.** Comportamiento de abundancia de especies de escarabajos coprófagos por zona de muestreo (pastizal, quebrada, bosque secundario, cultivo, zona habitacional).

### 6.11 Abundancia relativa

De acuerdo con la (Tabla 13), el escarabajo coprófago más abundante presente en la Finca El Carmen es *Onthophagus batesi* con 51.6 %, convirtiendolo en la única especie dominante; seguido de *Histerido* sp1 con 21.9 % en segundo lugar de dominancia; y en tercer lugar se encuentra *Dichotomius centralis* con un 12.8% en tercer lugar de dominancia. El resto de los escarabajos presentan una abundancia de menos del 10 %, siendo 4 especies las que presentan la abundancia más baja de 0.034% (Figura 33).

**Tabla 13.** Abundancia relativa de escarabajos coprófagos de la Finca El Carmen.

No.	Especie	AB.R
1	<i>Onthophagus batesi</i>	0.5158
2	<i>Histerido sp1</i>	0.2192
3	<i>Dichotomius centralis</i>	0.1283
4	<i>Canthon indigaceus</i>	0.0681
5	<i>Copris lugubris</i>	0.0248
6	<i>Onthophagus belorhinus</i>	0.0141
7	<i>Canthon cyanellus</i>	0.0103
8	<i>Dichotomius annae</i>	0.0051
9	<i>Onthophagus marginicollis</i>	0.0048
10	<i>Phanaeus demon</i>	0.0024
11	<i>Uroxys deavilai</i>	0.0014
12	<i>Deltochilum scabriusculum</i>	0.001
13	<i>Omorgus suberosus</i>	0.001
14	<i>Phanaeus endymion</i>	0.001
15	<i>Cantidium sp1</i>	0.0007
16	<i>Copris costaricensis</i>	0.0007
17	<i>Canthon femoralis</i>	0.0003
18	<i>Coprophaneus pluto</i>	0.0003
19	<i>Onthophagus sp1</i>	0.0003
20	<i>Onthophagus sp2</i>	0.0003
<b>TOTAL</b>		1



**Figura 33.** Comportamiento de la abundancia relativa obtenida.

## 6.12 Composición de la comunidad de escarabajos coprófagos de la Finca El Carmen

La comunidad de escarabajos coprófagos en la Finca El Carmen está conformada por las subfamilias Scarabaeinae, Abraeinae y Omorginae; cuenta con ocho tribus: Ateuchini, Phanaeini, Coprini, Onthophagini, Canthonini, Deltochilini, Acrytinis y Omorgini; y además cuenta con once géneros y veinte especies diferentes.

De la tribu Ateuchini los géneros reportados son *Dichotomius*, *Cantidium*, *Uroxys* y presenta 4 especies; de Phanaeini se reportan los géneros *Phanaeus* y *Coprophaneus* y presenta 3 especies; de Coprini se reporta el género *Copris* y presenta 2 especies; para Onthophagini se encuentra el género *Onthophagus* y presenta 5 especies; en la tribu Canthonini se reporta el género *Canthon* y presenta 3 especies; para Deltochilini se reporta el género *Deltochilum* y una especie; para Acrytinis se reporta el género *Histerido* y presenta una especie; por último está la tribu Omorgini que reporta el género *Omorgus* y cuenta con una especie. (Tabla 14).

**Tabla 14.** Composición de escarabajos coprófagos de la Finca El Carmen.

Subfamilia	Tribu	Género	Especie
Scarabaeinae	Ateuchini	<i>Dichotomius</i>	<i>annae</i>
			<i>centralis</i>
		<i>Cantidium</i>	sp1
	<i>Uroxys</i>	<i>deavilai</i>	
	Phanaeini	<i>Phanaeus</i>	<i>demon</i>
			<i>endymion</i>
	<i>Coprophaneus</i>	sp1	
	Coprini	<i>Copris</i>	<i>lugubris</i>
			<i>costaricensis</i>
	Onthophagini	<i>Onthophagus</i>	<i>batesi</i>
			<i>belorhinus</i>
			sp1
			sp2
			<i>marginicollis</i>
Canthonini	<i>Canthon</i>	<i>cyanellus</i>	
		<i>indigaceus</i>	
		<i>femoralis</i>	
Deltochilini	<i>Deltochilum</i>	<i>scabriusculum</i>	
Abraeinae	Acrytinis	<i>Histerido</i>	sp1
Omorginae	Omorgini	<i>Omorgus</i>	<i>suberosus</i>

### 6.13 Riqueza de escarabajos coprófagos por puntos de muestreo

Los resultados de riqueza comparada por cada sitio muestran valores que varían entre 8 y 14 especies máximo. En la zona de pastizal la riqueza biológica fue de 11 especies, en la zona de quebrada fue de 12 especies, en la zona de bosque secundario fue de 14 especies, en la zona de cultivo la riqueza biológica fue de 8 especies y en la zona habitacional fue de 13 especies (Tabla 15).

**Tabla 15.** Índices de biodiversidad de escarabajos coprófagos calculados por zona de estudio.

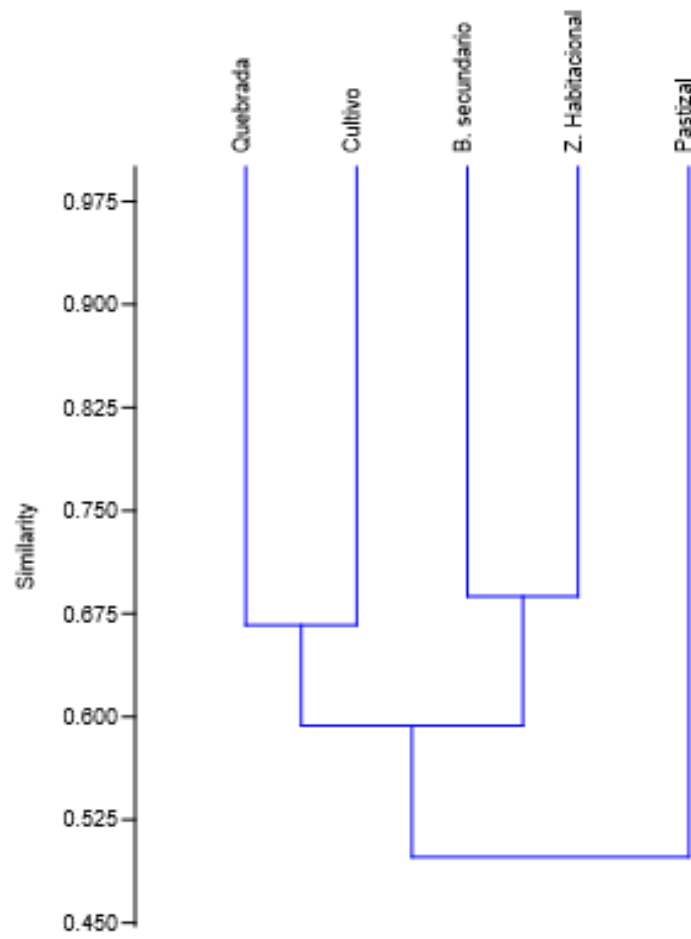
Indicador	Pastizal	Quebrada	Bosque	Cultivo	Habitacional
Riqueza	11	12	14	8	13
Shannon	1.098	1.274	1.682	1.185	1.688
Margaleff	1.508	1.581	2.134	1.244	2.024
Abundancia	760	1050	442	278	376
Simpson	0.5407	0.6026	0.7773	0.6324	0.7491
ACE	13.1	12.92	18.03	10.66	19.37
Chao I	12	12.25	16	8.332	15.99

### 6.14 Diversidad beta

El indicador de similitud de Jaccard, nos muestra que la zona de Quebrada con la zona de Cultivo presenta una similitud de 67%. Además, que la zona de Bosque Secundario y la zona Habitacional comparten una similitud de 68% y estos dos sitios en comparación con la zona de Cultivo y la zona de Quebrada comparten una similitud de 60% (Tabla 16) (Figura 34).

**Tabla 16.** Comparación de indicadores de similitud de Jaccard entre zonas.

Comparación localidades	Pastizal	Quebrada	Bosque secundario	Cultivo	Habitacional
Pastizal	1	-	-	-	-
Quebrada	0.43	-	-	-	-
Bosque secundario	0.47	0.62	-	-	-
Cultivo	0.58	0.67	0.57	-	-
Habitacional	0.5	0.56	0.68	0.61	-



**Figura 34.** Dendograma de similitud entre zonas en la Finca El Carmen.

## VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La diversidad y abundancia de los diferentes organismos presentes en el suelo desempeñan la tarea de mantener la estructura, fertilidad y calidad del mismo (Vega, 2023). Las actividades humanas, la deforestación, la destrucción de la naturaleza y la contaminación son una amenaza constante para la biodiversidad (Pulido, 2009).

En la presente investigación se logró determinar una riqueza biológica de 20 especies, lo cual concuerda con lo reportado por Horgan (2001) en su investigación en zonas de pastoreo en El Salvador quien reportó una riqueza de 20 especies. Estos resultados son muy cercanos con los obtenidos por Cea (2014) y Fuentes (1998) con 21 especies y Horgan (2008) con 24 especies, los cuales reportan una riqueza biológica superior a las 20 especies; este incremento en riqueza se puede deber a que en los lugares donde se realizaron estos estudios son sitios protegidos; el realizado por Cea fue desarrollado en Parque Nacional El Imposible y tanto Fuentes como Horgan realizaron muestreos en El Parque Nacional Walter Thilo Deininger. Ordoñez y Flores (1995) afirman que las ANP (áreas naturales protegidas) son de gran importancia para la preservación de riqueza natural de los diferentes países; estas áreas tienen el propósito de proteger la diversidad genética de las especies silvestres, debido a esto hay una mayor biodiversidad de vida, ya que los escarabajos se encuentran en lugares con poca presencia antropogénica y un mejor ecosistema en donde poder desarrollarse. Es de hacer notar que a pesar que los estudios mencionados se realizaron en áreas naturales protegidas, presentan una riqueza cercana a lo reportado en la finca en estudio, lo anterior demuestra la importancia de los agroecosistemas para la sostenibilidad de la biodiversidad de coleópteros coprófagos en la zona.

Por otro lado, los estudios realizados por Valencia (1997); Fuentes (2004; 2008; 2009) y Alemán (2014) obtuvieron una riqueza inferior a 20 especies, variando entre 9 a 15 especies. Es importante mencionar los estudios realizados por Fuentes (2004; 2008; 2009), ya que estos fueron realizados al igual que este estudio en el municipio de Tonacatepeque en donde se identificó 13, 11 y 11 especies respectivamente. A pesar de haberse realizado en el mismo municipio, en La Finca El Carmen se encontró casi el doble de lo reportado por Fuentes, esto se puede deber a que cada vez más hay menos áreas de bosque y la finca se está convirtiendo en un refugio para la biodiversidad. Es muy probable que la riqueza también sea inferior debido al tipo de cebo utilizado en las trampas, ya que todos los estudios con menos de 20 especies capturadas usaron exclusivamente excremento de vaca como cebo; en el caso de los estudios con más de 20 especies capturadas, utilizaron por lo menos dos cebos distintos, permitiendo así una mayor atracción a los escarabajos.

Avendaño (2002) reportó 33 especies, Pulido (2009) reportó 47 especies y García y Ospino (2005) colectó 29 especies. Los tres estudios difieren de los valores reportados por la presente investigación, al presentar una riqueza superior. Por su parte los estudios reportados por Bustos y Lopera (2003), Arias et al. (2022) y Rodríguez et al. (2019) coinciden con los resultados obtenidos en la presente investigación, ya que en estos tres estudios la riqueza biológica oscilaba entre 18 y 21, manteniéndose cercano a los valores obtenidos en este estudio. Existen otros estudios como los realizados por Lozada et al. (2010), Morales et al. (2023) y Sermeño et al. (2022) quienes reportaron riquezas menores a los reportados en esta investigación.

La Finca El Carmen es un sitio que, a pesar de tener zonas de cultivo, de ganado y áreas habitacionales está rodeado de mucha vegetación; esto ha permitido que la biodiversidad de diferentes organismos, en este caso los escarabajos coprófagos, tengan un lugar para poder desarrollarse y cumplir su ciclo de vida. El crecimiento de vegetación de manera espontánea que permite la generación de hábitats y de fuentes de alimento es lo que se conoce como refugios de biodiversidad (SYNGENTA, s.f.). La frontera agrícola cada año está más cerca de la finca, toda el área de alrededor del sitio son zonas de cultivo y, por ende, que en la finca se haya cuantificado una cantidad alta de especies puede deberse a que la zona se ha convertido en un refugio en donde se está acumulando la mayor diversidad de organismos.

En lo relativo a la abundancia se reportaron 2,906 individuos, dicho comportamiento está cercano a lo reportado por Fuentes (2008) y Fuentes (2009) con 2,237 y 2,176 individuos respectivamente. Por otra parte, se puede mencionar el estudio realizado por Fuentes (2004) en donde cuantifico un total de 1,502 individuos; la baja abundancia puede deberse a que solo se utilizó cebo de vaca como atrayente y que se realizó solo en dos zonas de muestreo (pastizal y cafetal). En el caso de Alemán (2014) que reportó una captura muy inferior con 837 individuos; de esta investigación se desconoce información de su metodología, lo que dificulta determinar la posible razón de esta baja abundancia. Por el contrario, están los estudios realizados por Valencia (1997), Fuentes (1998) y Horgan, (2001) que reportan abundancias superiores a la de la presente investigación con capturas de entre 3,800 a 5,000 individuos. Por otra parte, están las investigaciones de Horgan (2008) y Cea (2014) con abundancias muy superiores a las reportadas previamente, en donde se capturaron 13,509 y 10,050 individuos respectivamente. La diferencia entre estos dos últimos estudios con los demás se le puede atribuir a que Horgan (2008) realizó muestreos en un periodo de tres años (1995 -1997), permitiendo así que se recolecten hasta más del triple que las otras investigaciones, las cuales realizaron sus muestreos de

entre tres a seis meses. Por otro lado, está la investigación realizada por Cea (2014) que a pesar de haber realizado muestreos en solo un periodo de 6 meses logró capturar más del doble que las otras investigaciones; esto podría relacionarse a que la zona de estudio Parque Nacional El Imposible es el parque nacional más grande del país y es considerado como una reliquia natural debido a su ecosistema que se encuentra bajo amenaza mundialmente (bosque tropical seco premontano y tropical seco); también por ser uno de los últimos refugios de la biodiversidad de fauna silvestre, servir como fuente de recursos hídricos y por su importancia para el turismo sostenible (SalvaNATURA, 2016). La abundancia reportada por Cea, también pudo ser influenciada por el cebo utilizado el cual fue excremento humano y carroña, lo que generó una atracción alta para los escarabajos y por la época en que se realizaron los muestreos que fue durante la época de lluvia (junio-noviembre).

Los estudios realizados por Bustos y Lopera (2003) y Pulido (2009) presentan una abundancia muy parecida a la presente investigación con abundancias de 2,881 y 3,140 individuos respectivamente. En el caso de las investigaciones realizadas por Lozada et al. (2010), Morales et al. (2023), Arias et al. (2022) y Sermeño et al. (2022) presentaron abundancias inferiores a 2,200 individuos, por consiguiente, no son cantidades cercanas a las reportadas en la presente investigación. Por el contrario, están los estudios por Avendaño (2002), García y Ospino (2005) y Rodríguez et al. (2019), que no se acercan a los valores de esta investigación con abundancias de más de 7,000 individuos capturados. Las abundancias superiores a 7,000 es muy probable que se deba a la cantidad de trampas que se activaron durante los muestreos. En el caso de Avendaño (2002), este activó un total de 144 trampas durante los meses de abril a agosto, es importante mencionar que utilizó dos tipos de cebo (humano y vaca) y que el área de estudio se realizó en un último remanente de bosques lluviosos del norte de Guatemala y por ende podría considerarse como un refugio natural para la biodiversidad. En el caso de García y Ospino (2005), la colecta se realizó usando trampas pitfall y de forma manual, se hizo uso de excremento humano, se activaron un total de 180 trampas (el doble de las activadas en la presente investigación) y se realizaron los muestreos en cuatro diferentes altitudes; lo anterior son seguramente la razón por la cual se obtuvo una abundancia superior a pesar de que la colecta de los individuos se realizó en solo 5 meses. La investigación de Rodríguez et al. (2019) presentó la mayor abundancia de todas las investigaciones reportadas anteriormente con un total de 14,866 individuos; esto se puede explicar debido a que se realizó la colecta en un periodo de 11 meses y se activaron un total de 288 trampas (el triple de trampas de las activadas en esta investigación) y también debido a que se

utilizaron 6 cebos de diferentes mamíferos nativos presentes en el zoológico, lo que posiblemente ocasionó una atracción muchísimo mayor que las demás investigaciones.

La especie dominante de esta investigación fue *Onthophagus batesi*, coincidiendo con las encontradas por Fuentes (2004 y 2009), ya que al igual que este estudio su especie dominante fue *Onthophagus batesi* con 838 y 763 individuos respectivamente, en 2004 obtuvo como tercera especie dominante a *Dichotomius centralis* con 173 especímenes, mientras que en 2009 obtuvo a *D. centralis* como segunda especie dominante con 593 individuos, mientras que la presente investigación tiene a dicho escarabajo como tercera especie dominante con 373 ejemplares. Los tres trabajos coinciden con dos de sus tres especies con mayor dominancia; esto podría deberse a que todas se realizaron en el municipio de Tonacatepeque, también coincidieron en tres meses (octubre, noviembre y diciembre) de la realización de los muestreos. Por otra parte, Alemán (2014) en su investigación en el Parque Ecoturístico Tehuacán también obtuvo a *O. batesi* como especie dominante. Esta especie se encuentra en bosques tropicales y suelen salir a sitios abiertos y desmontados (Halffter & Matthews, 1966), al ser una especie que puede crecer en una variedad de hábitats permite que su población se desarrolle de una manera óptima, hay que tomar en cuenta que en las fincas del municipio de Tonacatepeque suelen haber zonas de pastizal y de cultivo a los alrededores, cada vez queda menos bosque debido al crecimiento agrícola, no obstante *O. batesi* se ha podido adaptar a las condiciones, logrando tener una dominancia considerable sobre las demás especies. De acuerdo con Fuentes (2009), *O. batesi* puede que sea la especie con mayor dominancia, pero este posee un tamaño tres veces más pequeño que *D. centralis*, por lo tanto, esta última se puede considerar como una especie con mayor eficiencia dentro del nicho ecológico en el cual están compitiendo. Según Valencia (1997) y Horgan (2001) *O. batesi* tiene una preferencia por los lugares con sombra, es nocturno, tiene una preferencia por el estiércol de caballo y es más activo durante el mes de septiembre; lo anterior se puede confirmar, ya que en la presente investigación se tuvo una mayor abundancia en la zona de pastizal, quebrada y bosque secundario, todos son lugares en donde prevalece la sombra.

La zona con mayor abundancia fue la zona de quebrada con 1,050 especímenes; seguido de la zona de pastizal con 760 individuos colectados; luego está el bosque secundario con 442; y por último está la zona habitacional y zona de cultivo con 376 y 278 individuos respectivamente. En un estudio realizado por Escobar (1997) quien realiza su estudio en 4 hábitat incluyendo uno de ellos cerca de una quebrada en Colombia, los resultados obtenidos muestran baja abundancia de escarabajos en dicha

zona el autor explica que pueden deberse a que dicha zona está sujeta a continuas modificaciones por la inundación de las quebrada a lo largo del año, impidiendo el establecimiento de nidos en el suelo, para el caso de la presente investigación la zona de quebrada no presentó ningún tipo de inundación, su mayor abundancia habría podido ser causada por la presencia de buena cobertura vegetal (figura 14). García y Ospino (2005) sostiene que diversos grupos faunísticos son influenciados significativamente por la heterogeneidad espacial, respondiendo en mayor grado a la estructura del hábitat, siendo la cobertura vegetal la variable que posee mayor efecto sobre la microdistribución espacial de los escarabajos, debido a que controlan la evaporación y la temperatura del excremento en el suelo (Matthews, 1975). El sitio que menos abundancia presentó fue la zona de cultivo esto podría estar relacionado a que el sitio tenía presencia de luz solar directa, lo cual pudo incidir en la efectividad de los cebos y superar la tolerancia al calor de los individuos. Además, cuando se realizaron los muestreos en la jornada de revisión de trampas, los cebos en dicha zona siempre estaban resacos y duros, estos aspectos mencionados pudieron incidir en la baja captura ya que los excrementos frescos suelen ser más atractivos para dichas especies.

La mayor captura de individuos fue en el mes de septiembre con 701, en segundo lugar, el mes de noviembre con 681 y el tercer lugar es en el mes de octubre con 428, el cuarto lugar el mes de diciembre con 400 y para finalizar los meses de menor captura fueron los meses de febrero con 351 y enero con 345 respectivamente (tabla 4) (figura 26). Estos valores pueden estar relacionados a las variables ambientales, de acuerdo a Halffter & Edmonds (1982) la distribución y cambios en patrones de riqueza, abundancia y composición de especies de escarabajos puede deberse a los cambios en el ambiente. El resumen climatológico anual emitido por el MARN para el año (2023) indica que la época de lluvia osciló entre los meses de junio a octubre, siendo noviembre el que presentó un remanente de lluvia por el paso de la tormenta tropical Pilar, de lo anterior podríamos indicar que para efectos de la presente investigación los meses de septiembre y octubre fueron los meses de lluvia, los meses de noviembre y diciembre representaron la estación de transición y los meses de enero y febrero fueron los de estación seca; con esto podríamos comprender por qué el mes de septiembre fue el más abundante y los meses de enero y febrero los más decrecientes (tabla 4) (Figura 26). Según Andresen (2005) y Navarrete & Halffter (2008) la estacionalidad desempeña un papel determinante en la distribución de los escarabajos coprófagos, encontrándose la mayor diversidad de especies durante la estación lluviosa; investigaciones como las de Fuentes (1998), Horgan (2001), Cea (2014) y Rodríguez et al. (2019) registran las mayores capturas en épocas de lluvia. En un estudio realizado por Morales et al. (2023) tuvo como objetivo determinar las diversidades taxonómica y funcional de

escarabajos coprófagos en dos periodos climáticos (lluvia y sequía) en Colombia, obteniendo como resultado que el periodo de lluvia obtuvo el 78% de individuos capturados y el periodo sequía solo un 28% de individuos capturados. Esto se debe a que las condiciones de humedad y temperatura son vitales en el aprovechamiento del recurso alimenticio y la reproducción de estos escarabajos (Halffter & Edmonds, 1982). Mientras que factores relacionados con ambientes secos pueden inducir alteraciones en la estructura de la comunidad (Andresen, 2005). Sin embargo, los ritmos estacionales no influyen en la presencia o ausencia de algunas especies sobre todo en aquellas que presentan hábitos generalistas (Halffter & Favila, 1993), como ocurre con las tres especies dominantes en el presente trabajo, los cuales se han recolectado en los seis meses de muestreo sin importar la estación.

La riqueza biológica capturada en la Finca El Carmen fue de 20 especies. De acuerdo con los resultados de los muestreos se pudo concluir que el área de estudio posee una diversidad baja de escarabajos coprófagos, esto se pudo evidenciar debido a que el índice de diversidad de Shannon Weiner es de 2.11, ya que cuando este valor es menor que 3 indica la existencia de una diversidad baja. Por otro lado, el resultado del índice de Margaleff fue de 2.38 lo que demuestra que la Finca El Carmen posee una diversidad media de especies, ya que es un número superior a 2 e inferior a 5. En cuanto a la dominancia de especies, el índice de Simpson con un valor de 0.664 indica que, de las especies capturadas, solo existen pocas especies con dominancia dentro del sitio de estudio. En la Finca El Carmen, la única especie dominante es *Onthophagus batesi* con una abundancia de 51.6 %; seguido de *Histerido* sp1 con una abundancia de 21.9% y *Dichotomius centralis* con una abundancia de 12.8%. Es importante mencionar que las dos últimas especies mencionadas previamente son únicamente consideradas como segundo lugar de dominancia y tercer lugar de dominancia respectivamente, ya que *Onthophagus batesi* tiene una abundancia muy superior a las demás especies.

Con base a los datos obtenidos por los estimadores de ACE y Chao1, los cuales estiman que el máximo de especies capturadas es de 23.19 y 22 respectivamente. Las 20 especies reportadas representan el 86.2% (ACE) y 90.1% (Chao1) de las especies que pudieron haber sido identificados, por lo tanto, puede afirmarse que el esfuerzo de muestreo fue el óptimo para la captura de la mayor riqueza biológica de la zona. Este comportamiento se puede evidenciar en la curva de rarefacción (Figura 27), la cual muestra una tendencia asintótica.

El cebo que presentó mayor preferencia de atracción fue el de excremento humano, seguido del de cerdo y por último el de perro. En cuanto a la preferencia por tipo de cebo la mayor riqueza está

compartida entre el cebo de cerdo y el de perro, siendo el de humano el que menor riqueza presentó. Esto indica que el excremento de humano es el mejor para atraer mayor cantidad de individuos, pero en riqueza biológica difiere ya que es el que menor riqueza presentó en comparación con los otros dos cebos.

A pesar que se observó una diferencia numérica en la preferencia de cebos, siendo el excremento humano el de mayor atracción para los escarabajos, la prueba analítica de varianza no mostró diferencia significativa en el número de escarabajos atraídos por cada cebo ( $F = 0.9905$ ;  $P = 0.3943$ ; ( $> 0.05$ )); por lo cual se debe de considerar otros factores que están influyendo en dicha preferencia.

Respecto a la mayor abundancia de individuos asociada al cebo de excremento humano; esta dominancia concuerda con otras investigaciones como Roman y Navarro (2009) que compara tres tipos de cebo, los cuales fueron excremento bovino, pescado en descomposición y excremento humano; siendo el cebo excremento humano el que mejores resultados obtuvo, al igual que Cea (2014) quien utiliza cebo de excremento humano y cebo de carroña de pollo, obteniendo mejores resultados en cebo de excremento humano, Chamorro et al. (2019) utiliza trampas con excremento humano, trampas con carroña, recolecciones manuales y trampas aéreas cebadas con cerveza; siendo las trampas con cebos de excremento humano la que mayor abundancia presentó de los cuatro métodos utilizados. Esto coincide con Noriega y Fagua (2009) quienes aseguran que el uso de trampas cebadas con excremento humano es el método más sencillo y eficiente para capturar el mayor número de especies existentes, además de ser es un atrayente de amplio espectro, que permite la captura tanto de coprófagos que son completamente especialistas como aquellos que se alimentan de carroña y otros recursos (Howden y Nealis, 1975; Escobar, 2004). Además, es probable que estas especies detecten compuestos nitrogenados que hacen que las heces humanas sean mucho más atractivas para ellos; estos compuestos son vitales en las especies adultas en el período de maduración sexual, etapa en la que finalizan el desarrollo de su sistema muscular y las hembras culminan la maduración de sus huevos (Hanski y Cambefort, 1991; Bustos y Lopera, 2003).

De las 20 especies encontradas, 12 son generalistas, 4 fueron exclusivas del cebo de perro y 3 exclusivas del cebo de cerdo y el cebo humano no presentó ninguna especie exclusiva. Siendo las tres especies con mayor abundancia las que se comportaron como generalistas (*O. batesi*, *Histerido* sp1, *D. centralis*).

Con relación a los gremios el estudio reporta 8 géneros de los cavadores (paracopridos), los cuales fueron *Dichotomius*, *Phanaeus*, *Copris*, *Onthophagus*, *Histerido*, *Uroxys*, *Cantidium* y

*Coprophanaeus* y 15 especies, además fueron colectados 2, 675 individuos de este gremio. Para el caso de los rodadores (telecopridos) se obtuvieron 2 géneros los cuales fueron *Deltochilum* y *Canthon* y 4 especies, asimismo fueron colectados 231 individuos de este gremio.

El patrón de prevalencia del gremio cavador, seguido por el gremio rodador concuerda con los estudios de Valencia (1997) Noriega et al. (2007), Martínez et al. (2009), Luzuriaga y Marín (2013), Cea (2014), Cerritos y Ochoa (2017), dicho patrón concuerda con los encontrados en dicha investigación. De acuerdo a Halffter (1991) la presencia de mayor número de cavadores (paracopridos) está relacionado directamente con el suelo. Debido a que algunos suelos no presentan compactación, son suelos con profundidad efectiva de hasta 50 cm, pedregosidad hasta después de los 50 cm y predominan las arcillas. Los cavadores (paracopridos) prefieren suelos arcillosos sobre los arenosos debido a que conservan mayor humedad y evita que el estiércol enterrado se seque con mayor facilidad (Price y May, 2009). Según Noriega et al. (2007), la dominancia de cavadores está relacionada a su baja sensibilidad a los disturbios al ser de hábitos generalistas, esto les permite aprovechar mayor diversidad de recurso; en las zonas expuestas con poca cobertura vegetal al construir sus galerías debajo del excremento, donde depositan sus huevos dando paso a una nueva generación (Verdú et al., 2012). Además, las especies rodadoras son más dominantes en zonas de mayor conservación o de bosque maduro; así mismo estas especies rodadoras, son las más susceptibles a los disturbios antrópicos de sus hábitats, ya que no poseen estrategias termoreguladoras para estar en zonas con poca sombra como pastizales donde mueren por el aumento interno de temperatura, por lo que están restringidos a zonas con una cobertura vegetal y dosel considerables (Jennings, 1999). Con esto podríamos deducir que al obtener más especies cavadoras en este estudio es debido a que las zonas presentan una baja conservación, asemejándose más a hábitat con cierto grado de perturbación, además se percibe el acercamiento de la frontera agrícola (observación personal) y dicho acercamiento en forma gradual contribuiría más a la disminución de la capacidad productiva del suelo.

La composición de la comunidad está conformada por 3 subfamilias Scarabaeinae, Abraeinae y Omorginae. La subfamilia Scarabaeinae presenta las tribus Ateuchini, Coprini, Canthonini, Deltochilini, Onthophagini, Phanaeini. Además, la subfamilia Abraeinae presenta la tribu Acrytinis y la subfamilia Omorginae la tribu Omorgini. Siendo la tribu Ateuchini la que presenta más géneros y la tribu Onthophagini la que presenta más especies. Estableciendo que la subfamilia Scarabaeinae presenta mayor representación a nivel genérico con 6 tribus y 9 géneros. Dicha composición es mayor a los encontrados por Valencia (1997) que presenta 5 tribus y 4 géneros y Castillo (2011) que posee

3 tribus y 4 géneros todos perteneciente a subfamilia Scarabaeinae. Además de estar dentro de los rangos encontrados en las investigaciones de Fuentes (1998) con 8 tribus y 9 géneros, Fuentes (2003, 2008 y 2009) con 6 tribus y 6 géneros en las tres investigaciones respectivamente, Cea (2014) con 8 tribus y 12 géneros, Rodríguez et al. (2019) con 6 tribus y 12 géneros.

Al analizar el comportamiento del dendrograma propuesto por Jaccard, (Figura 34) se puede apreciar que existe una agrupación entre la zona de bosque secundario con la zona habitacional, ya que comparten una similitud de 68%, lo cual se ve reflejado en las 11 especies que comparten entre los dos sitios. El mismo dendrograma permite identificar un segundo grupo formado por la zona de cultivo y la zona de quebrada que poseen un 67% de similitud entre ellas y 8 especies en común.

Por su parte la zona de pastizal es considerada la más disímil ya que el coeficiente de similitud solo le asigna un 50% de similitud en comparación con lo mostrado en las otras zonas de muestreo.

Es importante mencionar que de acuerdo al listado oficial de especies de vida silvestre amenazadas y en peligro de extinción publicado por el MARN (2023), en la presente investigación se reportan cinco especies dentro de la lista. Como en peligro se encuentra a *Deltochilum scabriusculum* y como amenazadas están *Canthon femoralis*, *Onthophagus belorhinus*, *Phanaeus endymion* y *Uroxys deavilai*. Una especie es considerada en peligro cuando se encuentra en inmediato riesgo de desaparecer del territorio nacional, por otro lado, una especie amenazada no está en peligro de extinción a corto plazo; no obstante, en ambos casos estas especies han llegado a estar en esta lista debido a la destrucción y reducción de sus hábitats (MARN, 2023). Debido a esto es importante seguir realizando estudios de investigación con el fin de asegurar la conservación de las especies y poder llevar un monitoreo de las poblaciones de escarabajos coprófagos.

## VIII. CONCLUSIONES

- En esta investigación, se documentaron 20 especies, distribuidas en 11 géneros y 2,906 individuos.
- La comunidad de escarabajos coprófagos en la Finca El Carmen, según los resultados del presente estudio, está compuesta por tres subfamilias y ocho tribus.
- La subfamilia Scarabaeinae es la más abundante en el área estudiada, representada por seis tribus, nueve géneros y un total de 2,266 individuos. Esto refleja una notable riqueza en términos de diversidad taxonómica y densidad poblacional de estos escarabajos coprófagos en el ecosistema.
- La especie dominante fue *Onthophagus batesi*, su capacidad de adaptación a diferentes hábitats permitió que esta especie se desarrolle de manera óptima.
- El sitio con mayor riqueza biológica fue el bosque secundario, que albergó un total de 14 especies, en segundo lugar, fue la zona habitacional con 13 especies, el tercer lugar fue para la zona de quebrada con 12 especies y la zona con menos riqueza biológica obtenida fue para la zona de cultivo con 8 especies de escarabajos coprófagos.
- La zona de quebrada destacó por su alta abundancia, seguida de la zona de pastizal y el tercer lugar fue la zona del bosque secundario. La zona que menos abundancia de individuos presentó fue el cultivo.
- Con relación a la preferencia alimenticia se evidenció de forma numérica que el cebo de excremento humano fue el que mostró mayor atracción, seguido del cebo de cerdo y con menor atracción el cebo de perro; no obstante, de manera estadística, el análisis de varianza demostró que no existe una diferencia significativa en cuanto a la cantidad de escarabajos coprófagos atraídos por cada tipo de cebo.
- En cuanto a la riqueza biológica, el cebo de cerdo y perro presentaron una mayor diversidad de especies, con 15 especies cada uno, mientras que el cebo de humano albergó 9 especies. Esto sugiere que los excrementos de cerdo y perro favorecen una mayor diversidad de especies de escarabajos coprófagos, mientras que los excrementos humanos atraen a una comunidad más especializada o restringida en términos de especies.
- Las especies raras fueron aquellas que mostraron capturas mínimas, con un rango de 1 a 4 ejemplares. Las especies identificadas como raras en esta investigación fueron: *Canthon femoralis*, *Coprophanaeus pluto*, *Onthophagus* sp1, *Onthophagus* sp2, *Canthidium* sp1,

*Copris costaricensis*, *Omorgus suberosus*, *Phanaeus endymion*, *Deltochilum scabriusculum* y *Uroxys deavilai*.

- El análisis de diversidad beta indica que las zonas más similares se están dividiendo en dos grupos, el primero conformado por la zona del bosque secundario y la zona habitacional, el segundo grupo está formado por la zona de cultivo y la zona de quebrada. Por otro lado, la zona más disímil es el pastizal.

## IX. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios más profundos sobre la diversidad de escarabajos coprófagos en agroecosistemas: Es fundamental continuar con investigaciones detalladas sobre la riqueza y distribución de estas especies en diferentes agroecosistemas, con el fin de obtener un mejor entendimiento de su contribución ecológica y fortalecer el conocimiento sobre su biodiversidad en nuestro país.
- Impartir charlas y talleres de sensibilización para la comunidad local: Se recomienda organizar actividades educativas, como charlas y recorridos de campo, dirigidas a los habitantes de las zonas rurales. Estas actividades deberían enfocarse en la importancia ecológica de los escarabajos coprófagos y su papel crucial en los agroecosistemas, con el objetivo de fomentar su conservación y protección.
- Aplicar medidas para mitigar los impactos negativos de la frontera agrícola: Es necesario implementar estrategias de manejo sostenible que reduzcan los efectos adversos de la expansión agrícola sobre la biodiversidad. Esto incluye la protección de los hábitats naturales de los escarabajos coprófagos, promoviendo su conservación y preservación dentro de las comunidades agrícolas.
- Realizar muestreos en temporada de lluvias para evaluar variaciones en abundancia y riqueza: Se sugiere llevar a cabo muestreos durante la temporada de lluvias, cuando la actividad de los escarabajos coprófagos es mayor, para analizar posibles cambios en su abundancia y riqueza entre diferentes hábitats. Además, es importante ampliar los muestreos a áreas cercanas o a otras zonas de Tonacatepeque para verificar la presencia y estabilidad de las especies encontradas en otros lugares.
- Se sugiere que se realicen investigaciones de diversidad similares en donde se realicen colectas más exhaustivas durante todo un año, en donde se incluya en su totalidad tanto la época seca como la época lluviosa para conocer el efecto en el comportamiento de los escarabajos.
- Se recomienda realizar estudios sobre diversidad de escarabajos coprófagos utilizando cebos con excremento de animales silvestres presentes en el país, así poder hacer una comparación con las investigaciones que han utilizado cebos con excremento de animales domésticos.
- Se recomienda utilizar índices climáticos para poder analizar cómo los cambios climatológicos afectan en la abundancia y riqueza biológica de los escarabajos coprófagos.

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alemán, O. R. (2014). ESCARABAJOS COPRÓFAGOS (Coleoptera-Scarabaeinae) DEL PARQUE ECOTURÍSTICO TEHUCÁN, TECOLUCA, DEPARTAMENTO DE SAN VICENTE, EL SALVADOR. XLI Congreso Socolen: Sociedad Colombiana de Entomología. Universidad Nacional de Colombia.

Andresen, E. (2005). *Interacción entre primates, semillas y escarabajos coprófagos en bosques húmedos tropicales: un caso de diplocora*. Universidad y Ciencia, 2: 73-84.

Arias, G. A., Vanegas, D. A., García, A. L., Santos, C., & Andresen, E. (2022). *Efecto de la cobertura vegetal en escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) y sus funciones ecológicas en un bosque andino de Colombia*. Revista de Biología Tropical, 70(1), 53-66. <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop..v70i1.47849>

Arnett J Ross H, Thomas MC, Skelley PE, Frank JH. (2002). *American Beetles, Volume II: Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea*. CRC Press. <https://books.google.com.gt/books?id=YiPNBQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>.

Avendaño, C. (2002). *Diversidad de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en un paisaje tropical de la Región Lachuá, Guatemala*. <https://docs.repositoriobiocultural.org/2021/09/13/diversidad-de-escarabajos-coprofagos-coleoptera-scarabaeidae-scarabaeinae-en-un-paisaje-tropical-de-la-region-lachua-guatemala/>

Barragán, F., Moreno, C., Escobar, F., Halffter, G., Navarrete, D. (2011). *Negative impacts of human land use on dung beetle functional diversity*. PLoS ONE. 6(3): e17976.

Basto, G., Rodríguez, R., Delfín, H., Reyes, E. (2012). *Escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de ranchos ganaderos de Yucatán, México*. Revista Mexicana de Biodiversidad. 83(2):380– 386.

Bertone M.A. (2004). *Dung Beetles (Coleoptera: Scarabaeidae and Geotrupidae) of North Carolina Cattle Pastures and Their Implications for Pasture Improvement*. North Carolina State University. [accessed 2023 Oct 9]. [https://www.semanticscholar.org/paper/Dung-Beetles-\(Coleoptera%3A-Scarabaeidae-and-of-North-Bertone/9c0a4a6964dfd84155028e300796e6de37053132](https://www.semanticscholar.org/paper/Dung-Beetles-(Coleoptera%3A-Scarabaeidae-and-of-North-Bertone/9c0a4a6964dfd84155028e300796e6de37053132).

Bustos, L. & 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)*. En *Escarabeidos de Latinoamérica: estado del conocimiento*. Monografías Tercer Milenio vol. 3, SEA, Zaragoza: 59 – 65.

Bhargava V. (2009). *Assessing the potential role of coleoptera (insecta) as bioindicators in simbalbara wildlife sanctuary*

Cambefort, Y. (1994). *Le scarabée et les dieux*. Société Nouvelle des éditions Boubée, París. 224 pp.

Carvajal, V., Cortez, S., Ortega, A. (2011). *Escarabajos del Ecuador, Principales Géneros*. [https://www.researchgate.net/publication/294581162\\_Escarabajos\\_del\\_Ecuador\\_Principales\\_Generos](https://www.researchgate.net/publication/294581162_Escarabajos_del_Ecuador_Principales_Generos)

Castellanos, M., Escobar, F., Stevenson, P. (1999). *Dung beetles (Scarabaeidae: Scarabaeinae) attracted to woolly monkey (Lagothrix lagothricha Humboldt) dung at Tinigua National Park, Colombia*. The Coleopterists Bulletin 53: 155 – 159

Castillo, R. (2011). *Diversidad preliminar de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) atraídos a excremento humano en el Calvario, Meta*. Revista Conexión Agropecuaria JDC. 1. 17-33.

Chamorro, R., Gallo, O., Delgado, S., Enríquez, I., Guasumba., V. López, G. (2019). *Los escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) del Bosque Protector Oglán Alto, Pastaza, Ecuador*. *Biota Colombiana*, 20(1), 34-49. DOI: 10.21068/c2019.v20n01a03.

Cea, P. (2014). *Comparación del ensamblaje de escarabajos necro-coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en cuatro sitios con diferente grado de perturbación en el Parque Nacional el Imposible, Ahuachapán, El Salvador [bachelor]*. Universidad de El Salvador. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/9968/>.

Cerritos, D., Ochoa, L. (2017). *Caracterización de la comunidad de escarabajos (Coleoptera: Scarabaeidae) asociados al estiércol en Zamorano, Honduras [Tesis de licenciatura Universidad de Zamorano]*. Repositorio Académico de la Universidad de Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6090>

De la Vega C, Elizalde H, González M, Reyes C. (2014). *Escarabajos estercoleros para la ganadería de la región de aysén.* :87.

Deloya, C., & Covarrubias, D. (2014). ESCARABAJOS DEL ESTADO DE GUERRERO (Coleoptera: Scarabaeoidea) (Primera edición).

Deloya, C., Ponce, J., Reyes, P., & Aguirre, G. (2016). ESCARABAJOS DEL ESTADO DE MICHOACÁN (Coleoptera: Scarabaeoidea) (Primera edición).

Domingo, G., Amat E. (2005). Instituto & Naturales, Ciencias. *Guía para la cría de Escarabajos.* Doi: 10.13140/2.1.1845.9848.

Doube, B. (1990). *A functional classification for the analysis of dung beetle assemblages.* *Ecological Entomology*, 15, 371-383. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1990.tb00820.x>

Escobar, F., Chacón, P.(2000). *Distribución espacial y temporal en un gradiente de sucesión de la fauna de coleópteros coprófagos (Scarabaeinae, Aphodiinae) en un bosque tropical montano.* *Rev Biol trop.* 48(4): 961-75.

Escobar, F. (1997). *Estudio 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. (2004). *Diversity and composition of dung beetle (Scarabaeinae) assemblages in a heterogeneous Andean landscape.* *Tropical Zoology* 17: 123- 136.

Estrada A; Halfpter G; Coates R; Meritt D. (1993). *Dung beetles attracted to mammalian herbivore (Alouatta palliata Gray) and omnivore (Nasua narica Linneaus) dung in the tropical rain forest of Los Tuxtlas, México.* *Journal of Tropical Ecology*, 945–54.

Favila M, Halfpter G. (1997). *The use of indicator groups for measuring Biodiversity as related to community structure and function.* *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie).* doi:10.21829/azm.1997.72721734.

Fuentes, R. (1998). Competencia interespecífica como factor determinante de la distribución y abundancia de *Dichotomius carolinus colonicus* (Say, 1835) en El Salvador [diploma]. Universidad de El Salvador. [accessed 2023 Oct 6]. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/18205/>.

Fuentes, R. (2004). Estudio comparativo de las poblaciones de escarabajos coprófagos (Coleoptera, Scarabaeidae) en un pastizal y un cafetal en Tonacatepeque, Departamento de San Salvador, El Salvador.

Fuentes, R. (2008). Abundancia y estacionalidad del escarabajo *Euoniticellus intermedius* (Reiche, 1849) Coleoptera: Scarabaeidae, Tonacatepeque, San Salvador, El Salvador. XXXV Congreso Socolen: Sociedad Colombiana de Entomología. Universidad Nacional de Colombia.

Fuentes, R. (2009). Evaluación de la composición y estructura de la biodiversidad de escarabajos coprófagos en dos cafetales, del municipio de Tonacatepeque, departamento de San Salvador [masters]. Universidad de El Salvador. [accessed 2023 Oct 4]. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/12574/>.

García, H. G., Ospino, D. A. (2005). Escarabajos coprófagos (coleoptera: Scarabaeinae) en un gradiente altitudinal de la vertiente noroccidental, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. <http://repositorio.unimagdalena.edu.co/handle/123456789/803>

Gill, B. (1991). *Dung beetles in tropical American forest. Cap. 12, Págs. 211 – 229 en: Hanski, I. & Y. Cambefort (Editores). Dung beetle ecology.* Princeton University Press. Princeton, New Jersey. 475p.

Gill, B. (2005). *Generic guide to new world scarab beetles.* UNL State Museum- Division of Entomology: <http://museum.unl.edu/research/entomology/Guide/Scarabaeoidea/Scarabaeidae/Scarabaeinae/Scarabaeinae-Overview/ScarabaeinaeO.html>

Grisales, J., Montes, N. (2018). *Biodiversidad de escarabajos coprófagos (scarabaeidae) asociados a arreglos silvopastoriles, y pradera convencional.* [Tesis de licenciatura Universidad Tecnológica de Pereira]. Repositorio Académico de la Universidad de Pereira. <https://hdl.handle.net/11059/10124>

Halffter G. 1991. Historical and ecological factors determining the geographical distribution of beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Biogeographia*. 15.

Halffter, G., Edmonds, E. (1982). *The nesting behavior of dug Beetles(Scarabaeinae).An Ecological and evolutive approach.* *Instituto de Ecología*, 19(1):1-176

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

Halffter G., Matthews E. (1966). *The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae)* Folia Entomológica Mexicana 12:1-312

Hanski, I; Cambefort, Y. (Eds). (1991). *Dung Beetles Ecology*. Princeton University Press. Princeton New Jersey. U.S.A.

Henríquez, R. (2024). *Información sobre la Finca El Carmen /entrevistado por Dulce Bardales y Jhocelyn Cartagena*.

Horgan, FG.(2001). *Burial of bovine dung by coprophagous beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) from horse and cow grazing sites in El Salvador*. :9.

Horgan, F. (2008). *Dung beetle assemblages in forests and pastures of El Salvador: A functional comparison*. Biodiversity and Conservation, 17, 2961-2978. <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9408-2>

Howden, F., & Nealis, V. (1975). *Effects of the clearing in a tropical rain forest on the composition of coprophagous scarab beetles fauna (Coleoptera)*. Biotropica 7: 77-83.

INECOL y FMCN. (2022). *Guía de escarabajos estercoleros de Chiapas y el centro-sur de Veracruz, FMCN-Agencia Francesa de Desarrollo, México*. ISBN: 978-607-99061-6-0

Jennings, S. (1999). *assessing forest canopies and understorey illumination: canopy closure, canopy cover and other measures*. Institute of chartered foresters, 72: 59.

Larson MG. (2008). *Analysis of Variance. Circulation* ; 117: 115-121.

Lozada, C. C., Gallego, M. C., & Locarno, L. C. P. (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), Article 1.

Luzuriaga, C., Marin, D. (2013). *Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) como indicadores de diversidad biológica en la Estación Biológica Pindo Mirador. Pastaza, Ecuador.* [Tesis de Ingeniería Universidad Técnica Particular de la Loja de Quito]. Repositorio Académico de la Universidad de UTPL Disponible en: <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/6234>

Martínez, N., García, H., Pulido, L., Ospino, D. y Narvaez, J. (2009). *Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) de la vertiente noroccidental, Sierra Nevada de Santa Martha, Colombia.* Entomology Neotropical 38: 708-715

Martínez, M., Cruz, R., Montes de Oca, E., Suárez, T. (2011). *La función de los escarabajos del estiércol en los pastizales ganaderos, Secretaría de Educación de Veracruz, Instituto de Ecología, A.C., Serie para la Docencia.* ISBN 978-607-7536-16-1

Martínez, I., Cruz, M., Huerta, C., Montes, E. (2015). *La cría de escarabajos estercoleros. México.* [http://www1.inecol.edu.mx/cv/CV\\_pdf/libros/Cria\\_Escarabajos.pdf](http://www1.inecol.edu.mx/cv/CV_pdf/libros/Cria_Escarabajos.pdf).

Matthews, E. (1975). *La biogeografía ecológica de los escarabajos del estiércol.* Acta politécnica mexicana, 16 (72), 89-98.

MARN. (2003). (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). *Manual de Inventario de la biodiversidad* 119 pp.

MARN. (2005). Estado del conocimiento de la biodiversidad en El Salvador. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <http://rcc.marn.gob.sv/xmlui/handle/123456789/258>.

MARN. (2023). Acuerdo 257, Listado Oficial de Especies de Vida Silvestre Amenazadas y en Peligro de Extinción. <https://bibliotecaambiental.ambiente.gob.sv/documentos/acuerdo-257-listado-oficial-de-especies-de-vida-silvestre-amenazadas-y-en-peligro-de-extincion/>.

MARN. (2023) (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). *Resumen Climatológico anual 2023.*

Medina, C., Lopera, A., Vítolo, A., Gill, B. (2001). *Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) de Colombia.* Biota Colombian, a2(2):131-144.

Morales, A., Cogollo, J. E., & Morales, I. (2023). *Diversidad de escarabajos coprófagos en dos periodos de precipitación anual en un fragmento de bosque andino, Santander, Colombia*. Intropica. <https://doi.org/10.21676/23897864.4625>

Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T – Manuales y Tesis SEA, Vol. 1.

Morón M. (2004). *Escarabajos. 200 millones de años de evolución*. Instituto de Ecología. A.C. y Sociedad Entomológica Aragonesa. Zaragoza (Segunda edición).

Navarrete, D., Halffter, G. (2008). *Dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) diversity in continuous forest, forest fragments and cattle pastures in a landscape of Chiapas, Mexico: the effects of anthropogenic changes*. Biodivers Conserv. 17(12):2869–2898.

Noriega, J., Realpe, E., & Fagua, G. (2007). *Diversidad de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en un bosque de galería con tres estadios de alteración*. Universitas Scientiarum, 1(12): 51-63.

Noriega J., G. Fagua. (2009). *Monitoreo de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en la Región Neotropical*. 24: 165-188. Técnicas de campo en ambientes tropicales: Manual para el monitoreo en ecosistemas acuáticos y artrópodos terrestres. Primera Edición. Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana (Colección libros de investigación).

Ordoñez, M. de J., & Flores, O. (1995). *Areas Naturales Protegidas* (1.a ed.).

Pineda, E., Moreno, C., Escobar, F. (2005). *Frog, bat, and dung beetle diversity in cloud forest and coffee agroecosystems of Veracruz, Mexico*. Conservation Biology 19: 1 – 11.

Pla, L. 2006. Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. Interciencia, 31(8),583-590.

[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378)

Price J. May D. (2009). *Essentials of Conservation Biology*. Sinauer Associates Inc. Sunderland Massachusetts USA.

Pulido, L. (2009). Diversidad y distribución potencial de escarabajos coprófagos (Coleoptera:Scarabaeidae: Scarabaeinae) bajo escenarios de cambio climático en un paisaje fragmentado al Sur de Costa Rica. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/66>

Ratcliffe, B., Jameson, M., Smith, A. (2002). *Scarabaeidae Latreille 1802*. En: Arnett Jr., R. H., M. C. Thomas, P. E. Skelley y J. Howard Frank (Eds.). American Beetles. Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea. Vol 2. crc Press llc, eua. pp. 39-81.

Rodríguez, E., Sánchez., G., Gómez, B. (2019). *Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en la reserva El Zapotal, Chiapas, México*. Revista Peruana de Biología. 26. 339-350. 10.15381/rpb.v26i3.16778.

Roman, K., & Navarro, L. (2009). *Comparación de la comunidad de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarbaeidae: Scarabaeinae) en una zona de uso ganadero y un relicto de bosque seco tropical del departamento de Sucre*. Researchgate, 24.

SalvaNATURA. (2016). Parque Nacional El Imposible. Salvanatura. <http://www.salvanatura.org.sv/parque-nacional-el-imposible/>

Sermeno, C., Lopera, A., Moreno, O., Candamil, J., Ramírez, L., & Taboada, C. (2022). *Diversidad de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en tres zonas urbanizadas del Caribe colombiano*. Revista Peruana de Biología, 29(1). <https://doi.org/10.15381/rpb.v29i1.20887>

Solis, A., Kohlmann, B. (2002). El género *Canthon* (Coleoptera: Scarabaeidae)

Solis, A., Kohlmann, B. (2004). El género *Canthidium* (Coleoptera: Scarabaeidae)

Solís, Á. (2020, noviembre 17). Clave para reconocer las subfamilias de la familia Scarabaeidae. Identificación y monitoreo de insectos. <https://identomologica.com/uncategorized/clave-para-reconocer-las-subfamilias-de-la-familia-scarabaeidae/>

Solís, A. (2021). LA SUPERFAMILIA SCARABAEOIDEA DE COSTA RICA. <https://identomologica.com/uncategorized/la-superfamilia-scarabaeoidea-en-costa-rica/#scarab>

SYNGENTA. (s.f.). *Guía para la instalación de refugios de biodiversidad*. [https://www.polinizadores.com/imagenes/documentos/Guia\\_de\\_Implementacion.pdf](https://www.polinizadores.com/imagenes/documentos/Guia_de_Implementacion.pdf)

Tissiani, A., Vaz-de-Mello, F., & Campelo-Júnior, J. (2017). *Dung beetles of Brazilian pastures and key to genera identification (Coleoptera: Scarabaeidae)*. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 52, 401-418.

Triplehorn CA, Johnson NF. (2005). *Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects*. 7th ed. [https://www.academia.edu/30669150/Borror\\_and\\_Delong\\_2005\\_Study\\_of\\_Insects](https://www.academia.edu/30669150/Borror_and_Delong_2005_Study_of_Insects).

Valencia, A. V. (1997). Importancia de tres escarabajos coprófagos (coleopteras-scarabaeidae) en el enterramiento de estiércol de ganado en pastizales de la costa de El Salvador. Universidad de El Salvador.

Vega, R. (2023). Neutralidad de la degradación de la tierra en El Salvador. [https://www.unccd.int/sites/default/files/202310/EI%20Salvador\\_LDN%20TSP%20Final%20Report%20%28Spanish%29.pdf](https://www.unccd.int/sites/default/files/202310/EI%20Salvador_LDN%20TSP%20Final%20Report%20%28Spanish%29.pdf)

Verdú, J., Tercedor, J., & Jiménez, M. (2012). *Evidence of different thermoregulatory mechanisms between two sympatric scarabaeus species using infrared thermography and micro-computer tomography*. *Plos One*, 7(3): e33914.

Vulinec, K. 2000. *Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae), monkeys, and conservation in Amazonia*. *Florida Entomologist*, 83(3): 229-241.

White, R. (1983). *A Field Guide to the Beetles of North America*.

## XI. ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de toma de datos.

- Matriz por muestreo

NO	Especies	P1				P2				P3				P4				P5				TOTAL
		T1	T2	T3	TOTAL	T1	T2	T3	TOTAL	T1	T2	T3	TOTAL	T1	T2	T3	TOTAL	T1	T2	T3	TOTAL	
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						

- Matriz por lugar-mes

No.	Especie	MUESTREOS						Total
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	
1								
2								
3								
4								
5								

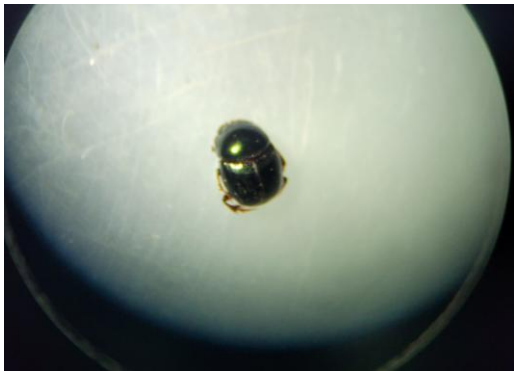
**Anexo 2.** Listado de especies encontrado en la Finca El Carmen



*Canthon cyanellus*



*Canthon ferromalis*



*Canthon indigaceus*



*Canthidium sp1*



*Copris costaricensis*



*Copris lugubris*



*Coprophanaeus pluto*



*Deltochilum scabriusculum*



*Dichotomius annae*



*Dichotomius centralis*



*Histerido sp1*



*Onthophagus batesi*



*Onthophagus belorhinus*



*Onthophagus marginicollis*



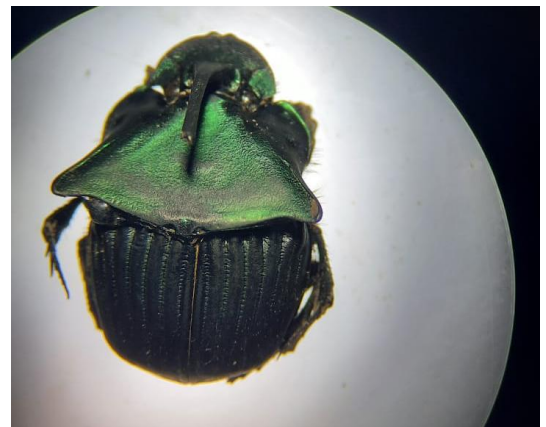
*Onthophagus sp1*



*Onthophagus sp2*



*Phanaeus demon*



*Phanaeus endymion*



*Uroxys deavilai*



*Omorgus suberosus*