



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1704

**Evaluación de comunidades de escarabajos
coprófagos como indicadores de las condiciones
ecológicas de remanentes boscosos en la Reserva
Forestal Protectora de Vanguardia, Municipio de
Villavicencio, Meta (Colombia)**

Christian Andrei Espinosa Castrillón
Fabián Andrés García Rubio

Universidad Santo Tomás
Facultad de Ingeniería Ambiental
Bogotá, Colombia

2019

**Evaluación de comunidades de escarabajos
coprófagos como indicadores de las condiciones
ecológicas de remanentes boscosos en la Reserva
Forestal Protectora de Vanguardia, Municipio de
Villavicencio, Meta (Colombia)**

**Christian Andrei Espinosa Castrillón
Fabián Andrés García Rubio**

Tesis de grado presentada como requisito para optar al título de:
Ingeniero Ambiental

Director:

Biólogo, M.Sc. François Herrera Jacquelin

Línea de Investigación:

Ordenamiento Ambiental del Territorio

Universidad Santo Tomás
Facultad de Ingeniería Ambiental
Bogotá, Colombia

2019

Lema.

“Nadie nos valorará si no lo hacemos nosotros primero.”

Antonio Banderas

“Como no estás experimentado en las cosas del mundo, todas las cosas que tienen algo de dificultad te parecen imposibles. Confía en el tiempo, que suele dar dulces salidas a muchas amargas dificultades.”

Miguel de Cervantes Saavedra

Resumen

En el presente trabajo se determinó la riqueza de especies de escarabajos coprófagos en tres remanentes boscosos en tres áreas con condiciones ecológicas distintas: bosque primario maduro, fragmentos de bosque dentro de áreas agropecuarias y zonas deforestadas dentro de la Reserva Forestal Natural de Vanguardia en el municipio de Villavicencio. En cada una de las tres zonas definidas se hicieron tres muestreos en diferentes fechas, que consistieron en diez trampas de caída, 5 cebadas con heces de vaca intercaladas con 5 con heces humanas, dispuestas cada 100 metros en un transecto de un kilómetro de longitud. Los individuos recolectados se identificaron hasta género. Se calcularon índices de riqueza biológica como *Chao* y *Jackknife*, índices de diversidad y dominancia como *Shannon-Wierner* y *Simpson* para calcular la variedad de géneros en el área de estudio; de igual forma se identificó la relación y similitud de las muestras mediante el índice de *Jaccard*. Del esfuerzo de muestreo se logró coleccionar 194 individuos pertenecientes a 14 géneros de la familia *Scarabaeidae* que representa entre el 82 y el 100% de los géneros presentes en el área de acuerdo a los estimados de *Jackknife* y *Chao* respectivamente. Se encontró que en el bosque primario y en los fragmentos los 14 géneros y los indicadores mostraron una alta riqueza de especies y baja dominancia. En la zona deforestada solamente se encontraron tres de los 14 géneros y los indicadores mostraron una baja riqueza de especies, pero una alta dominancia. En las zonas forestadas se encontraron en abundancia los géneros *Gromphas* y *Eurysternus* que son típicas de bosques en buen estado, el número de capturas fue significativamente mayor en la zona de bosque primario extenso que en la zona de bosque fragmentado, estos géneros no fueron encontrados en las zonas deforestadas. *Sylvicanthon*, que es un género que se adapta mejor a todo tipo de condición, fue encontrado tanto en las zonas forestadas como en las deforestadas. Se encontró que todos los géneros fueron coleccionados en trampas cebadas con heces de vaca o de humano; sin embargo, en las trampas con heces humanas el número de individuos capturados fue mucho mayor.

Palabras clave: Remanente Boscoso, Cebo, Jaccard, Shannon-Wiener, Simpson, Chao, Jackknife, Scarabaeidae, Gromphas, Eurysternus, Sylvicanthon.

Abstract

In the present work, the richness of coprophagous beetle species in remnant forest was determined at one area with different ecological conditions: primary old forest, fragmented forest and deforested areas within the *Vanguardia Natural Forest Reserve* at Villavicencio's City. In each of them we made three samples, each sample consisted of a transect of 1 km, with pitfall traps, baited with cow and human feces, and in each transect five traps used cow feces and five with Human stool; those traps were interspersed. The collected specimens will be identified until gender level. Wealth indices such as *Chao* and *Jackknife* are calculated, indices of diversity and dominance such as *Shannon-Wiener* and *Simpson* to calculate the variety of genres in the study area; similarly, the relationship and similarity of the samples is identified through the *Jaccard* index. The sampling effort was divided to collect 194 specimens belonging to 14 genders of the *Scarabaeidae* family that represents between 82 and 100% of the genera present in the area according to the estimates of *Jackknife* and *Chao*, respectively. It was found that in the primary old forest and at fragmented forest. At deforested area we just found three of the 14 genders and indicators of low species richness, but higher dominance. In the forested areas, the genders called *Gromphas* and *Eurysternus*, which are typical in places with good conditions; Those genders were found in abundance, the number of catches became the area of extensive primary forest, and in the zone of fragmented forest, these genders were not found. *Sylvicanthon*, which is a genus that best adapts to all types of conditions, has been found in all of the areas. It was found that all of genders were collected in traps with cow or human feces; However, in the traps with the number of individuals captured was much more important.

Keywords: Remnant Forest, Feces, Jaccard, Shannon-Wiener, Simpson, Chao, Jackknife, Scarabaeidae, Gromphas, Eurysternus, Sylvicanthon.

Contenido

	Pág.
1. Marco Teórico.....	7
1.1 Bosques Primarios Maduros	9
1.2 Bosques Fragmentados	10
1.3 Bosques Deteriorados.....	11
1.4 Escarabajos Coprófagos: importancia ecológica y utilidad como bioindicador..	12
1.5 Antecedentes de la Reserva Forestal Protectora de Vanguardia – Villavicencio, Meta.	14
2. Metodología.....	17
2.1 Fundamentos Teórico-Práctico (Fase I - II)	18
2.1.1 Preparación Conceptual	18
2.1.2 Visita Preliminar.....	18
2.2 Práctica (Fase III – IV).....	19
2.2.1 Georreferenciación de área de muestreo.....	19
2.2.2 Aplicación de metodología de muestreo “ <i>Pitfall</i> ”	21
2.3 Análisis (Fase V – VI).....	24
2.3.1 Preservación de individuos e Identificación taxonómica.....	24
2.3.2 Aplicación del índice de Shannon-Wiener.....	25
2.3.3 Aplicación del índice de Simpson	25
2.3.4 Análisis estadístico: ANOVA de un factor	26
3. Resultados y Discusión	27
3.1 Datos generales de la recolección de individuos	27
3.2 Datos generales de recolección de géneros.....	31
3.3 Géneros de escarabajos coprófagos.....	33
3.4 Comparación de cebos	37
3.5 Indicadores biológicos de abundancia y dominancia	39
3.5.1 JACCARD.....	39
3.5.2 SIMPSON Y SHANNON-WIENNER	41
4. Impacto Social.....	43
5. Conclusiones y recomendaciones.....	45
5.1 Conclusiones.....	45
5.2 Recomendaciones.....	46
6. Bibliografía	48

Lista de figuras

	Pág.
Ilustración 1-2: Metodología	17
Ilustración 2-2: Cobertura del suelo en la Reserva Forestal Protectora de Vanguardia .	19
Ilustración 3-2: Puntos de muestreo de los diferentes remanentes boscosos.....	21
Ilustración 4-2: Trampa de caída tipo <i>Pitfall</i>	23

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1-1: Distribución de cobertura de suelo de la Reserva Forestal Protectora de Vanguardia.....	14
Tabla 2-1: Superficie de la Reserva Forestal Protectora de Vanguardia según división Veredal.....	16
Tabla 3-2: Rangos de clasificación Índice de Shannon-Wiener.....	25
Tabla 4-2: Calcificación de los valores del índice de Simpson.	26
Tabla 5-3: Prueba de normalidad al número de individuos recolectados según remanente boscoso.....	28
Tabla 7-3: Prueba de homogeneidad de varianzas para las mediciones de individuos de los diferentes transectos.....	29
Tabla 8-3: Prueba no paramétrica de Kruskall-Wallis como prueba de hipótesis para individuos	29
Tabla 9-3: Comparación múltiple mediante la prueba POST HOC de Tukey	30
Tabla 10-3: Prueba de normalidad al número de géneros recolectados según remanente boscoso.....	31
Tabla 11-3: Prueba de homogeneidad de varianzas al número de géneros recolectados según remanente boscoso.	31
Tabla 12-3: Prueba no paramétrica de Kruskall-Wallis como prueba de hipótesis.	32
Tabla 13-3: Datos totales de recolección de géneros de escarabajos coprófagos.	33
Tabla 14-3: Estimadores de <i>Chao</i> y <i>Jackknife</i>	37
Tabla 17-3: Valores del Índice de Jaccard para los diferentes remanentes boscosos....	40
Tabla 18-3: Resultados de los resultados de índices de diversidad y dominancia para los diferentes remanentes boscosos.....	41

Introducción

El piedemonte llanero Colombiano es una franja geográfica que abarca una amplia gama de biomas a lo largo de la cordillera oriental, su importancia radica en que comprende una zona de transición ecológica entre Bosques Montanos y Sabanas de Altillanura, abastecidas por redes hídricas y un potencial productivo para el interés humano con terrenos adaptados para la agricultura y la ganadería extensiva [1], es así que debido a su riqueza biológica se ha convertido en el objetivo de interés de industrias agrarias y ganaderas, siendo la fragmentación de hábitats uno de los principales problemas y limitadores de las funciones de los bosques húmedos tropicales de acuerdo a la pérdida en la conectividad ecológica dentro de la dinámica territorial, entre las cuales se mencionan la pérdida en la movilidad de especies silvestres y la pérdida del paisaje [2].

La Reserva Forestal Natural de Vanguardia está ubicada en el municipio de Villavicencio (Meta) y es considerada un ecosistema estratégico del pie de monte llanero de acuerdo a su que representa un área de recarga hídrica para el municipio de Villavicencio especialmente las zonas comprendidas por la cuenca alta del Caño Vanguardia y la Quebrada Vanguardino [3]. A pesar que el área fue constituida mediante el Acuerdo No 34 de 1984 del INDERENA y aprobado por la Resolución Ejecutiva No 244 de 1984 del Ministerio de Agricultura, y el Acuerdo No 57 de 1987 del INDERENA aprobado por la Resolución No 84 de 1988 para la protección de su extensión como área natural y de reserva forestal del municipio de Villavicencio en su momento; actualmente se realizan algunas actividades ganaderas, de extracción de madera y agrícolas, principalmente en la zona adyacente al municipio de Restrepo. Cormacarena ha detectado la captación ilegal de agua en varios precios de la Reserva Natural Forestal de Vanguardia [3]. Se tiene que tener en cuenta que casi la totalidad del área protegida está en predios privados.

Teniendo en cuenta lo anterior, este proyecto tiene como objetivo la determinación de la riqueza de especies de escarabajos coprófagos en tres diferentes condiciones ambientales

de la Reserva Natural Forestal de Vanguardia (boque primario continuo, fragmentos boscosos y zonas deforestadas), con el fin de valorar a los escarabajos coprófagos como bioindicadores del estado ecológico y ambiental de la Reserva Forestal Protectora de Vanguardia, reconociendo que estos son susceptibles a cambios y perturbaciones en el ambiente [4].

Problema de Investigación

Los Bosques Húmedos Tropicales (Bh-T) corresponden a los hábitats con menor área de protección natural; específicamente en Colombia este ecosistema cubría más de 9 millones de hectáreas hace aproximadamente de 50 años, sin embargo, en la actualidad se estima que solo queda el 35% de dicha cobertura mencionada [5]; lo cual supone una alta pérdida de la biodiversidad y de los bienes y servicios ecosistémicos considerándolo, así como uno de los ecosistemas de mayor amenaza en el país como lo menciona Andrea Victorino (2011) [60]. Esto se debe producto a que los Bosque Húmedos Tropicales existen específicamente en regiones cuyo suelo es fértil, dando lugar a procesos de producción agrícola, ganadera y deforestación los cuales son los principales causantes de la pérdida los Bosque Húmedos Tropicales [5]. En Colombia, estudios indican que el 65% de los Bosque Húmedos Tropicales han sido deforestados, generando al día de hoy procesos de desertificación. Lo más preocupante es que solo el 0.4% del total de Bosque Húmedos Tropicales en Colombia pertenece al SINAP (Sistema de Áreas Protegidas), hecho que ha obligado al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible a declarar este ecosistema como estratégico y de conservación [5]. Es así que a lo largo de los años se ha buscado una alternativa ecológica que permita determinar de forma eficiente la calidad ambiental de los Bosques Húmedos Tropicales, dando lugar al uso de los escarabajos coprófagos para tal fin, de acuerdo a que la presencia de algunas especies en concreto se debe a zonas con condiciones ecológicas particulares, las cuales se pueden interpolar con las esperadas en zonas de riqueza ambiental según Rangel Acosta (2012) [51].

En el Departamento del Meta, específicamente en el municipio de Villavicencio se encuentra la Reserva Forestal Protectora Vanguardia (RFPV) con una superficie de 730,6 ha. Esta reserva forma parte del piedemonte llanero, un ecosistema de transición de alta biodiversidad y de prioridad para la conservación debido a su riqueza natural. La principal amenaza a esta área son los sistemas producción agropecuaria que ocupan actualmente un 33,8% del área natural protegida, lo que ha ocasionado una fragmentación de los bosques. Otro problema es la extracción ilegal de madera y leña (usada en los asaderos locales) y la disminución de caudales en las corrientes hídricas superficiales [3].

Justificación

Existe un interés en las autoridades locales como el municipio de Villavicencio, Cormacarena y asociaciones que manejan los acueductos en que se hagan estudios que permitan la caracterización biológica del área y que aporten herramientas para su adecuada administración. En este contexto la Universidad Santo Tomás está participando a través de sus facultades de ingeniería ambiental de Villavicencio y Bogotá en la caracterización espacial y biológica del área protegida.

Se reconoce que en la actualidad se presentan fuertes problemas de fragmentación de sus ecosistemas debido al cambio en el uso del suelo [3] que derivan en impactos ambientales como la pérdida de la biodiversidad de acuerdo a la degradación de hábitats y la sobreexplotación de los mismos [6]. Los escarabajos coprófagos son sensibles a las perturbaciones de los Bosque Húmedos Tropicales y se han utilizado ampliamente como grupo indicador relacionando las funciones ecológicas con el estado de un hábitat, sin embargo, desde hace 10 años no se hacen estudios ambientales que comprueben el estado de remanentes boscosos en la Reserva Forestal Protectora de Vanguardia en Villavicencio [3]. De acuerdo a investigaciones previas se pretende a través del estudio de los escarabajos coprófagos, cual es el estado ambiental de las diferentes zonas comprendidas por la Reserva Forestal Protectora de Vanguardia en el municipio de Villavicencio. Se compararán zonas de bosque primario, con zonas deforestadas y fragmentos en proceso de recuperación ecológica, las cuales serán determinadas de acuerdo a visitas previas a la Reserva Forestal Protectora de Vanguardia, el apoyo de pobladores de la zona que reconozcan que sitios de la reserva se encuentran en mejor estado ecológico y finalmente la identificación de las mismas por medio de cartografía base.

Objetivos

Objetivo General

- ✓ Evaluar las comunidades de escarabajos coprófagos en tres diferentes remanentes boscosos de la Reserva Forestal Protectora de Vanguardia, en el Municipio de Villavicencio, Meta.

Objetivos específicos

- ✓ Identificar los géneros de escarabajos coprófagos que pertenecen al área de estudio.
- ✓ Determinar la riqueza de especies de escarabajos coprófagos en tres remanentes boscosos de la Reserva Forestal Protectora de Vanguardia, de acuerdo al uso de los índices de Simpson, Shannon y Jaccard.
- ✓ Comparar la eficiencia al utilizar cebo a base de excremento humano y excremento de vaca en el transecto para el estudio de escarabajos coprófagos en el área de estudio.
- ✓ Establecer si las comunidades de escarabajos coprófagos son eficientes como indicador del estado ecológico de la Reserva Forestal Protectora de Vanguardia.

1. Marco Teórico

Los Bosques Húmedos Tropicales (Bh-T) cubren actualmente las zonas comprendidas entre los trópicos, específicamente sobre la línea del ecuador. A medida que aumenta la distancia a la línea ecuatorial, se encuentran bosques cada vez más secos y sujetos a la variabilidad de las estaciones climáticas [7]. Los Bosque Húmedos Tropicales se definen como ecosistemas especiales y de interés particular para el hombre, puesto que albergan una de las mayores diversidades de flora y fauna del planeta. Estos hábitats se constituyen a partir de características esenciales para su desarrollo tales como: un rango altitudinal entre los 0 y 1000 msnm, temperatura media mayor a 24°C y precipitaciones entre 2000 y 4000 mm/año [8]. La importancia de los Bosques Húmedos Tropicales está dada no solo por su riqueza ambiental traducida en el número de especies de fauna y flora que alberga, sino también en los servicios ecosistémicos [61] que proporciona como [9] la remoción de agentes contaminantes a la atmosférica por medio de la absorción tales como CO₂ producido por la quema de combustibles fósiles a nivel mundial, además de ser uno de los principales generadores de oxígeno actuando así en contra del cambio climático; regulación del ciclo hidrológico: específicamente el Amazonas contiene el 60% de agua dulce del planeta. La temperatura y humedad en esta región está controlada por la vegetación perteneciente a los Bosque Húmedos Tropicales. De igual forma, la evapotranspiración del Amazonas influye en las de la mitad de la precipitación de la zona y la mitigación de inundaciones: la cobertura selvática de los Bosque Húmedos Tropicales regula los flujos hidráulicos de las cuencas, lo que permite que los efluentes desciendan lentamente sobre los ríos y de esta forma sea más fácil el aprovechamiento del recurso.

La fragmentación de ecosistemas corresponde a un cambio estructural y funcional de un paisaje. Los cambios son originados por el ser humano por medio de actividades en el espacio geográfico, que generan parches aislados de bosques con formas y tamaños diferentes, rodeados de áreas transformadas para la infraestructura, asentamientos humanos, campos agrícolas o potreros para la ganadería. Como consecuencia de la

fragmentación se produce una reducción y pérdida de todo o casi todo el hábitat natural en el paisaje. Esto puede modificar notoriamente el clima y el ambiente físico a nivel local y regional [10]. Una extensa cobertura boscosa que es remplazada por campos agrícolas o potreros, genera un incremento en la temperatura, disminuye la evapotranspiración y, consecuentemente, hace que se reduzca la cantidad de lluvias [7] disminuyendo progresivamente la diversidad biológica. Si bien existen factores naturales que contribuyen a la fragmentación, es la presión antrópica, por medio de la expansión agrícola y los incendios forestales la causa fundamental de la creciente disgregación de los ecosistemas, al transformar las tierras forestales en espacios de uso agropecuario [10]. Una de las peores consecuencias de la fragmentación de los Bh-T es la que tiene que ver con la biodiversidad, específicamente con la pérdida o extinción de especies de plantas y animales. Al fragmentarse los Bosques Húmedos Tropicales reduce el hábitat disponible para la fauna y flora, lo cual provoca la eliminación de especies que requieren grandes extensiones para mantener una población a largo plazo [7]. La fragmentación es un proceso clave para entender cómo las dinámicas de ocupación del suelo intervienen en la calidad de los bosques. Una de las afectaciones de mayor interés son los cambios en los fragmentos forestales en sus franjas exteriores, también llamadas áreas de borde. Su origen se debe a que genera dinámicas con el contacto de fragmentos que convierten los bordes en flujos e interacciones de diferentes tipos de un hábitat para distintas especies que promueve la mezcla de especies de interior y exterior, así como la aparición de nuevas especies propias de ambientes de borde [11].

El Piedemonte Llanero es una zona del territorio colombiano cuya altura varía entre los 200 y 1000 m.s.n.m. y está situada antes de la elevación que comprende la cordillera oriental; el piedemonte se caracteriza por poseer suelos con una baja susceptibilidad a las inundaciones y una capacidad alta de acumulación de nutrientes provenientes de las partes superiores de la cordillera. La fertilidad de estos suelos está dada también, debido a que es la zona con más precipitación durante la época seca de los llanos, razón por la que los bosques que la comprenden son más densos y tienen más especies vegetales y animales en comparación a otras zonas del país [12].

En la Reserva Forestal Protectora de Vanguardia se encuentran tres tipos de ecosistemas: bosques primarios maduro, bosques fragmentados y bosques deteriorados.

La primera de estas formaciones ocupa la mayor extensión del área. La segunda muestra una importante composición florística que están sujetas a una constante intervención humana, debido a la extracción de especies vegetales, animales en forma de biomasa, ejemplo de lo anterior, extracción de madera. Los bosques primarios maduros son formaciones que superan los 30 años de edad y se caracterizan por presentar alturas promedio de 18 metros y diámetros de hasta 20 cm; ocupan una pequeña superficie del área de la reserva y se encuentran en su mayoría entremezclados con los bosques fragmentados. En menor proporción se encuentran bosques deteriorados, los cuales corresponden a zonas en las cuales se ha modificado el uso del suelo por actividades agropecuarias [3].

1.1 Bosques Primarios Maduros

Ocupan una superficie aproximada de 376,4 hectáreas y se ubican principalmente en las cuencas de los caños Vanguardiuno y Pozo Azul, y en menor proporción en la cuenca media de la quebrada Vanguardia; presentan una composición heterogénea, en cuanto a especies, géneros y familias y un dosel continuo con árboles de hasta 35 metros de altura y 120 cm de diámetro. Muestran tres estratos claramente definidos: el estrato bajo con alturas entre 5 y 10 metros, el medio con alturas entre 11 y 15 metros y el superior con alturas mayores a 16 metros [3].

La reserva muestra una composición florística con elementos propios de los bosques andinos, de la sabana del Orinoco y gran influencia de los bosques amazónicos, sustentado por la presencia de bosques adyacentes en los cuales se encuentran muchas especies como cumare (*Astrocaryum chambira*), bálsamo (*Myroxylon balsamum*), san pablo (*Geonoma maxima*), yagua (*Attalea insignis*), corneto (*Iriartea deltoidea*), arazá (*Eugenia stipitata*), bizcocho (*Senefeldera inclinata*) y algarrobo de monte (*Hymenaea oblongifolia*), entre otras [3].

Fotografía 1-1: Bosque Primerio Maduro en la Reserva Forestal Protectora de Vanguardia.



Fuente: Autores

1.2 Bosques Fragmentados

En la Reserva Forestal Protectora de Vanguardia, el Bosque Fragmentado está compuesto principalmente por individuos vegetales de gran altura y poca abundancia de especies con diversos senderos, por lo que es difícil masificarlos y establecer con exactitud el área que ocupa al interior de la misma, al no ser posible distinguirlos con claridad en las fotografías aéreas respectivas. Son bosques no muy uniformes y con gran número de especies, donde se destaca una presencia moderada de palmas del sotobosque y palmas emergentes en regeneración [3].

Entre las especies más dominantes y con mayor IVI se encuentra tuno (*Henriettella spp.*; *Miconia spp.*), guamo (*Inga alba*), arrayán (*Eugenia sp.*), anime (*Protium heptaphyllum*), lacre (*Vismia macrophylla*), gualanday (*Jacaranda obtusifolia*), gaque (*Clusia multiflora*), papelito (*Vochysia lehmannii*), romadizo (*Siparuna guianensis*), guarupayo (*Tapirira guianensis*) y rebentillo (*Alchornea triplinervia*) [3].

Fotografía 2-1: Bosque Fragmentado en la Reserva Forestal Protectora de Vanguardia.



Fuente: Autores

1.3 Bosques Deteriorados

La composición de estos bosques corresponde en términos generales a una sucesión temprana proveniente de la regeneración natural de especies; las cuales ocupan una superficie aproximada de 87,9 ha, las cuales se distribuyen mayoritariamente en la cuenca media del caño Pozo Azul y la divisoria de aguas entre el caño Vanguardiuno y el río Guatiquía; extensiones menores de esta formación se encuentran en cercanías a las vías de acceso de la reserva. Son bosques muy uniformes en altura y diámetro, con muchos individuos y pocas especies, donde abundan principalmente las heliófilas de rápido crecimiento.

Fotografía 3-1: Bosque Deteriorado para ganadería en la Reserva Forestal Protectora de Vanguardia.



Fuente: Autores

Fotografía 4-1: Bosque Deteriorado en la Reserva Forestal Protectora de Vanguardia.



Fuente: Autores

1.4 Escarabajos Coprófagos: importancia ecológica y utilidad como bioindicador

Los escarabajos coprófagos son un grupo diverso y participan en procesos ecológicos claves para el funcionamiento de los ecosistemas tales como Bosques Húmedos Tropicales, Bosques Secos Tropicales y Sabanas. Su utilidad como indicadores de la calidad del hábitat está relacionada con su rápida respuesta a las perturbaciones humanas [4] por lo cual han recibido gran atención como indicadores de los cambios del uso del

suelo y estado de los remanentes boscosos. La presencia de los escarabajos coprófagos en los Bh-T conlleva a procesos ecológicos importantes para el funcionamiento de los ecosistemas, tales como: la incorporación de la materia orgánica en el suelo y control de parásitos. También se conoce que el uso de la agricultura y de la ganadería en regiones tropicales y subtropicales son factores que modifican el ensamblaje de escarabajos coprófagos [4].

Los escarabajos coprófagos de la subfamilia *Scarabaeinae* son un grupo ampliamente usado en estudios ecológicos y evaluaciones de diversidad. En Colombia el estudio de este grupo de insectos creció en las últimas décadas. es un grupo que comprende aproximadamente 5900 especies distribuidas en 250 géneros a nivel mundial [13]. Las regiones tropicales son las más diversas en especies que se destacan por su contribución al reciclaje de nutrientes, fertilización y aireación del suelo, dispersión secundaria de semillas [13].

En el Bosque Municipal de Mariquita–Tolima, localizado en el extremo noroccidental del casco urbano, se encontró una mayor diversidad de escarabajos coprófagos en zonas boscosas debida tipología de los suelos, los cuales son más profundos y poco compactos a diferencia de aquellos de los pastizales y rastrojos que dificultan el establecimiento poblacional de los coprófagos [14]. De acuerdo a lo anterior, los escarabajos coprófagos son encontrados en diferentes tipos de ambientes, sin embargo, por ser especies coleópteras constituyen un grupo de gran interés e importancia biológica, económica y ecológica. Estos insectos bioindicadores de condiciones ecológicas tales como temperatura, humedad, entre otras presentan características morfológicas que los hacen tener las mejores condiciones adaptativas para la existencia en ambientes muy variados. [15]. Se puede notar que la riqueza de los coprófagos desciende desde los ambientes de mayor estructura vegetal como los Bosques Primarios Maduros a los menos estructurados como los Bosques Deteriorados en un 25% y de igual forma la abundancia en 69%. En general, estas especies son fundamentales para la conservación, adaptación y preservación de los territorios boscosos en presencia de riqueza natural. Los escarabajos coprófagos al igual que muchas de otras especies requieren de un apoyo o abono adicional natural como nutrientes del suelo (materia orgánica e inorgánica), recursos como el agua y las condiciones atmosféricas son factores que influyen en el comportamiento de los individuos, esto debido a su capacidad de adaptación en los diferentes remantes boscosos.

1.5 Antecedentes de la Reserva Forestal Protectora de Vanguardia – Villavicencio, Meta.

La Reserva Forestal Protectora de Vanguardia abarca una superficie de 730,6 Ha y se encuentra ubicada en jurisdicción de los corregimientos No 5 y 6 del municipio de Villavicencio, específicamente en las Veredas Vanguardia, San José Alto y Puente Amarillo. La Reserva fue constituida mediante el *Acuerdo No 34 de 1984 del INDERENA* y aprobada por la *Resolución Ejecutiva No 244 de 1984 del Ministerio de Agricultura*, para proteger nacimientos que abastecen de recursos hídricos a la población. En la actualidad la Reserva no cuenta con un estatus formal que acredite lo establecido en el anterior Acto Administrativo, debido a la antigüedad de la resolución, de igual forma no pertenece al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), sin embargo, la Junta de Acción Comunal de la Vereda Vanguardia Alta, es la que adelanta los planes de reforestación y conservación de la Reserva a nivel local y de forma independiente.

La distribución geográfica de la Reserva Forestal Protectora de Vanguardia está distribuida de la siguiente forma:

Tabla 1-1: Distribución de cobertura de suelo de la Reserva Forestal Protectora de Vanguardia

Veredas	Pastos y Cultivos	Bosques	Rastrojos	Total
San José Alto	42,4	29,8	15,4	87,6
Puente Amarillo	205,1	100,7	43,3	349,1
Vanguardia	13,7	245,9	29,2	288,4
Total	261,2	376,4	87,9	725,5

Fuente: Plan de Manejo Ambiental para la Reserva Forestal Protectora de Vanguardia – Acueducto Vanguardia.

La Reserva Forestal Natural Protectora de Vanguardia tiene 261,2 hectáreas que constituyen una parte de la zona que está siendo afectada por actividades humanas, pero también una gran parte de ella que es 37,2 está siendo conservada ya que se encuentra ubicada en el Bosque Húmedo Tropical del piedemonte del Meta en el ecosistema Bosque

Alto Denso muy húmedo. Los principales problemas que enfrenta la reserva forestal protectora de la vanguardia es su alto porcentaje en producción agropecuaria y ganadera dándole un mal uso a esta, además de que no se regulan las fuentes hídricas ya que existen acueductos comunitarios que no cuentan con sistemas de regulación. El aprovechamiento forestal, es el problema más grave que enfrenta la Reserva puesto que la extracción ilegal de madera, repercute negativamente en los valores biológicos de la zona, de tal modo que disminuye la abundancia de especies en el área. Finalmente, estos procesos de aprovechamiento del forestal se han traducido en fuertes problemas de erosión en la zona aumentando la ocurrencia de inundaciones y pérdidas en la estabilidad del suelo.

Los escarabajos coprófagos (*Scarabaeinae*) son una comunidad abundante en la Reserva Forestal Protectora de Vanguardia debido a que representa el 25% de la fauna de escarabajos tropicales del país. Este porcentaje es alto teniendo en cuenta que en Colombia el trabajo taxonómico ha sido apenas preliminar y actualmente hay un alto número de especies que se encuentran sin describir o sin identificar [16]. Estos escarabajos son un componente importante en la fauna de los ecosistemas boscosos tropicales cuya principal función ecosistémica se basa en el hábito de alimentación que aprovecha el excremento principalmente de vertebrados y en sus estrategias de reproducción asociadas al micro hábitat coprófago. Por consiguiente, la diversidad de escarabajos coprófagos, que sin importar la cadena trófica a la que pertenecen, ayudan a mantener el equilibrio ecológico y sirven como indicadores de calidad de áreas, de biodiversidad, de perturbación o como herramientas sencillas para las campañas educativas y de control, aportando en todas las formas beneficios a la biota. Una forma de monitorear y determinar el estado de fragmentación es mediante el uso de escarabajos coprófagos como indicadores ambientales debido a su alta susceptibilidad a los cambios en los ecosistemas permitiendo determinar así el estado de conservación de un hábitat [16].

La Reserva de Vanguardia está conformada por las cuencas de los caños Vanguardia, Toldanuvio y Puente Amarillo y la quebrada Vanguardino. En su mayor proporción hace parte de la vereda Puente Amarillo, la cual ocupa cerca del 48,5% de su extensión, seguida por la vereda Vanguardia con un total de 288,8 ha (39,5%) y finalmente por la vereda San José Alto, la cual comprende el 12% de su territorio [3].

Tabla 2-1: Superficie de la Reserva Forestal Protectora de Vanguardia según división Veredal.

Sector	Área (Ha)	Porcentaje
Vereda San José Alto	87,6	12,0
Vereda Puente Amarillo	354,2	48,5
Vereda Vanguardia	288,8	39,5
Total	730,6	100

Fuente: Plan de Manejo Ambiental para la Reserva Forestal Protectora de Vanguardia – Acueducto Vanguardia.

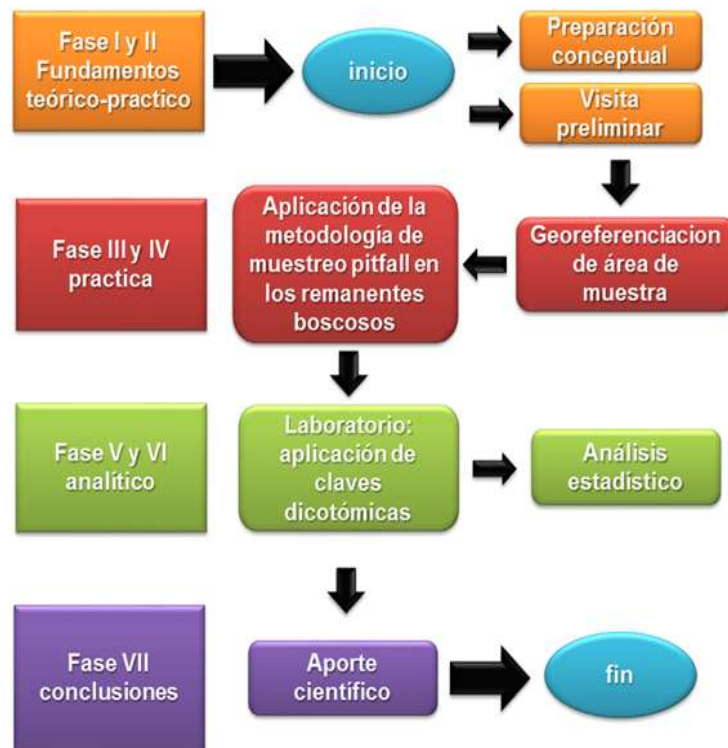
A nivel hidrográfico, hace parte de las cuencas superiores de la quebrada Vanguardia y los caños Pozo Azul, Vanguardino, Toldaviuno y Puente Amarillo, corrientes que desembocan directamente en el río Guatiquía, y de las que se abastecen cerca de 5.000 habitantes del sector rural de Villavicencio, por medio de acueductos veredales o pozos profundos. Su porcentaje de precipitación se ve afectado directamente en la reserva ya que desestabiliza los suelos disminuyendo su resistencia además del mal uso de actividades agrícolas. Según datos recogidos en las diferentes estaciones se presenta un régimen de distribución mono modal.

El ecoturismo en las zonas aledañas a la reserva se ha visto con mayor fuerza en las últimas décadas, en la actualidad en el sector se encuentran una gran cantidad de fincas turistas que cuentan con restaurantes hoteles y balnearios que ha hecho que los mismos pobladores identifiquen al turismo como una actividad económica además de la existencia del “Bioparque los Ocarros” que atraen más turismo ya que ofrece visitas o caminatas al interior de la reserva.

2. Metodología

La metodología abarca 7 fases como se observa en la Ilustración 2-1, estructurando las fases desde la preparación conceptual hasta llegar a un análisis estadístico, haciendo un aporte científico sobre escarabajos coprófagos como indicadores del estado ecológico de tres diferentes remanentes boscosos de la Reserva Forestal Natural Protectora de Vanguardia en Villavicencio, Meta.

Ilustración 1-2: Metodología



Fuente: Autores

2.1 Fundamentos Teórico-Práctico (Fase I - II)

2.1.1 Preparación Conceptual

En esta fase se realizó una revisión bibliográfica con el fin de identificar la metodología propuesta con el escrutinio de: escarabajos coprófagos con indicadores de ecosistemas naturales, ya que en la actualidad muchas de las investigaciones con estos insectos se han enfocado en el campo de la biología de conservación de especies, es así como estos escarabajos se están usando como herramientas para el monitoreo de áreas de conservación [19] así mismo métodos de captura propuestos por A. Newton (1975) [20], donde explica el método de trampa de foso (*Pitfall*) con cebo que consiste básicamente de un recipiente abierto que se coloca enterrado con su abertura a ras del suelo. Colgando o de alguna otra forma colocado sobre el recipiente se sitúa el cebo que puede consistir de excremento o carne descompuesta. Los excrementos que se utilizan pueden ser de origen humano o provenientes de otros animales como ganado vacuno, sin embargo, los de mamíferos no carnívoros aparentemente dan mejor resultado [20]. De igual forma se buscó la identificación y análisis de géneros de escarabajos coprófagos a través del uso de claves dicotómicas [21] con el fin de determinar taxonómicamente el género perteneciente de los individuos recolectados. Adicionalmente se realizó una búsqueda de información en el sitio oficial de la página web del lugar de estudio (Vanguardia-Villavicencio), donde nos permitió extraer datos de interés como: condiciones ambientales del suelo, aire y recursos naturales).

2.1.2 Visita Preliminar

Se realizó una visita de reconocimiento teniendo en cuenta las características físicas de la reserva a necesidad del proyecto, se hizo un reconocimiento con ayuda del Señor Federico Rodríguez (poblador de la zona) que conocía el terreno para posibles accesos a la reserva, de igual forma se realizaron muestras con platos de icopor con un ancho de 10x10 y una profundidad de 4 cm con su respectivo cebo, con ayuda del GPS se tomaron coordenadas geográficas, también se realizaron registros fotográficos donde se evidenció un ecosistema de bosque húmedo tropical. Actividades humanas como deforestación, comercio, zona turística y actividades agropecuarias que nos permitió identificar los distintos remanentes boscosos pertenecientes a la Reserva Forestal Protectora de Vanguardia en Villavicencio.

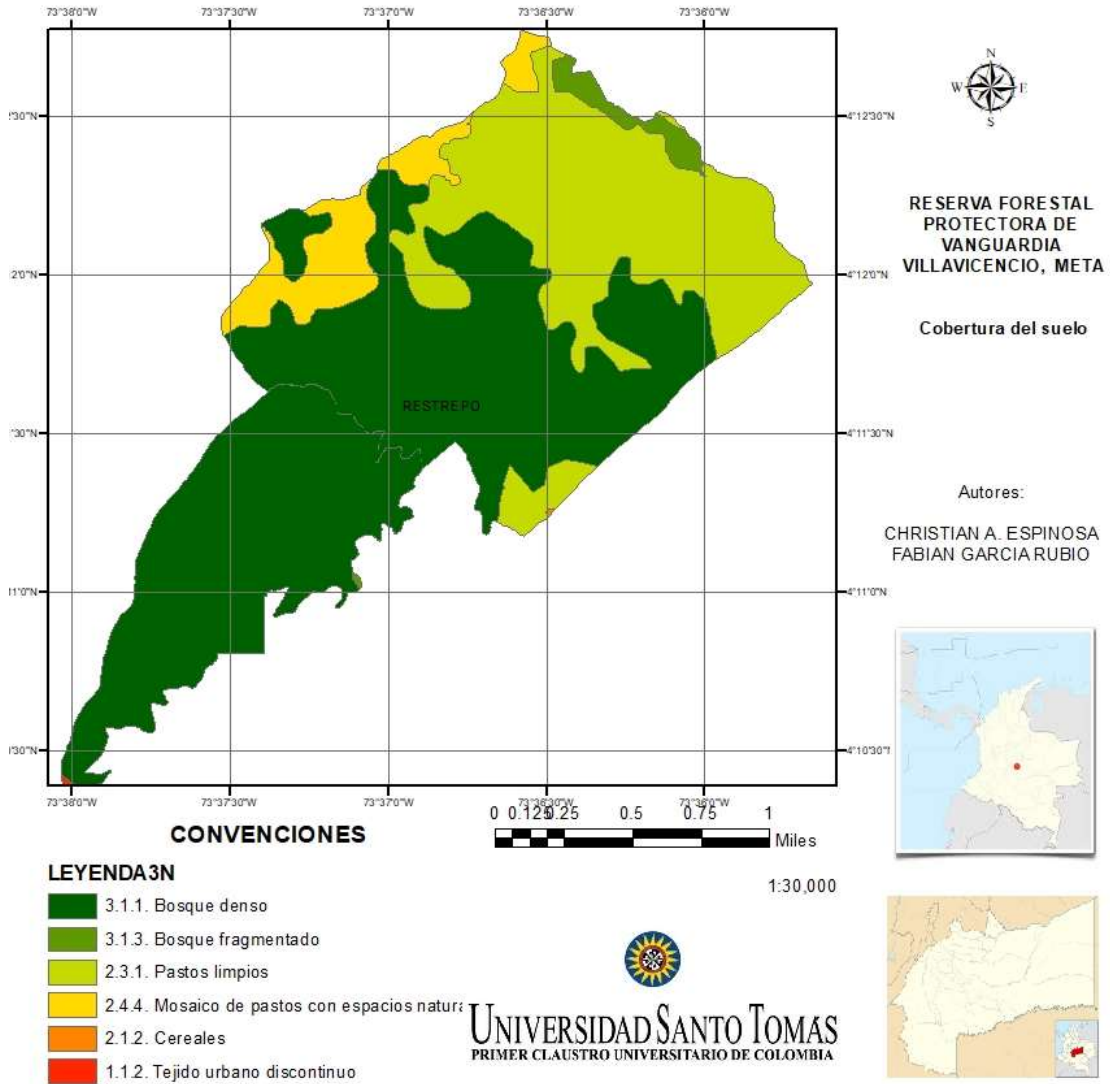
Es de importancia resaltar que toda actividad humana depende en última instancia del buen funcionamiento de los ecosistemas y de los flujos de servicios que éstos proveen [22]. Estos servicios se denominan servicios ecosistémicos y a pesar de su relevancia, diversos estudios revelan la creciente degradación de un gran número de servicios ecosistémicos, debido a la destrucción de hábitats (ej. deforestación) y malas prácticas de manejo [23]. Es así que la Reserva Forestal Protectora de Vanguardia representa una zona de importancia ecológica dada la gran oferta a nivel de hábitad que proporciona a los escarabajos coprófagos.

2.2 Práctica (Fase III – IV)

2.2.1 Georreferenciación de área de muestreo

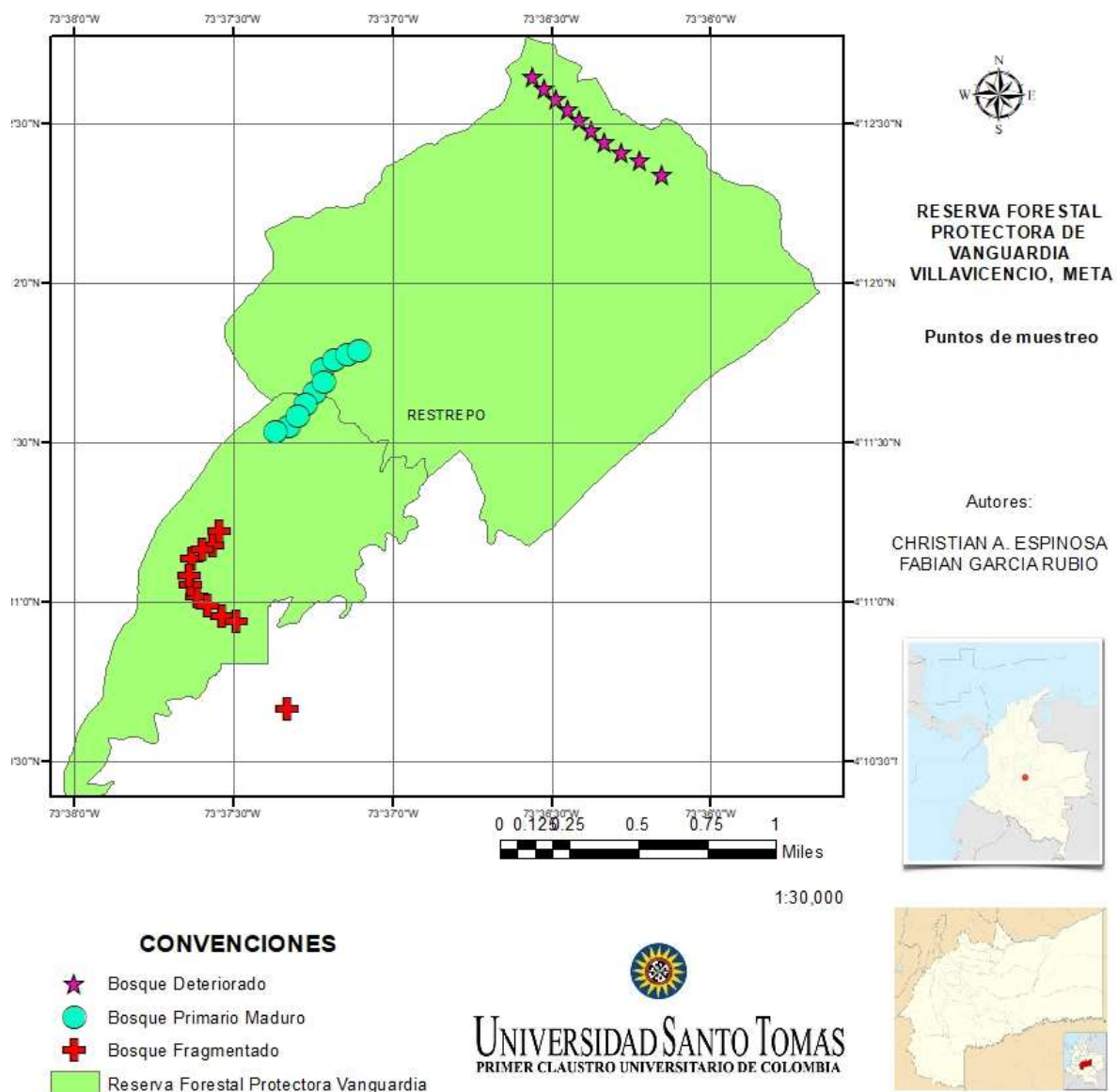
Teniendo en cuenta las condiciones físicas de la reserva, se escogieron tres remanentes boscosos, Dicha georreferenciación del área se hizo por medio de recursos digitales y sistemas de información geográfica tales como QGIS y/o ArcGIS a escalas 1:2000 y 1:30000 con el fin de posicionar los puntos a muestrear.

Ilustración 2-2: Cobertura del suelo en la Reserva Forestal Protectora de Vanguardia



Fuente: Autores

Ilustración 3-2: Puntos de muestreo de los diferentes remanentes boscosos.



Fuente: Autores

2.2.2 Aplicación de metodología de muestreo “Pitfall”

De acuerdo a la bibliografía base y lo propuesto por Rangel Acosta (2012) [51], la colecta de insectos requiere aplicar una variedad amplia de técnicas debido al gran número de especies y variedad de hábitos de vida que presentan. La mayoría de las técnicas utilizadas responden a objetivos específicos de cada tipo de estudio; sin embargo, pueden

ser divididas de manera muy general en técnicas de colecta directas (activas) y técnicas de colecta indirectas. En este trabajo se sigue una propuesta de colecta, la cual está basada en la experiencia personal y en información bibliográfica [24] [25] [26] [27] [28] [29] [30] [31] [32] [33].

Fotografía 5-2: Trampa tipo *Pitfall*



Fuente: Autores

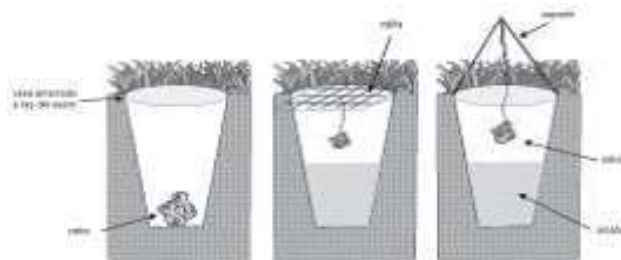
Fotografía 6-2: Recolección de individuos



Fuente: Autores

En la recolección indirecta donde se atraen los organismos con un tipo de cebo en este caso excremento de humano y ganado vacuno, el nombre de dicha trampa está dado por el tipo de cebo [34]. La intención de cada una de ellas es atraer y capturar insectos afines a estos cebos en este caso son especies coprófagas se alimentan de excremento. De igual forma y siguiendo la metodología propuesta por A. Newton (1975) [20] y G. Halffter (1993) [36] para la captura de los escarabajos coprófagos en los tres diferentes remanentes boscosos se utilizaron trampas de caída tipo *Pitfall*.

Ilustración 4-2: Trampa de caída tipo *Pitfall*



Fuente: Halffter, G. y M. E. Favila (1993) [36]

Para el diseño de las trampas se utilizaron platos de icopor hondo tipo sopera 0.9 litros. Los platos son enterrados con la apertura a ras del suelo y llenos hasta la mitad con una solución de agua y jabón para romper la tensión superficial del agua. Sobre la trampa de caída se cuelgan vasos plásticos pequeños y en la parte interna con materia fecal ya sea de humano o de ganado vacuno como se ve observa en la *Ilustración 4* a unos 5 cm de altura sobre el centro de la apertura del plato con el fin de que queden suspendidos con la ayuda de pinchos de madera. La trampa es cubierta con un plástico de 400 cm² que protege su contenido de la lluvia. Cada trampa se geo-referencia y se cuelga una cinta *flagging* de colores vivos para ayudar a su localización, en la rama más cercana.

Se realizaron tres muestreos entre abril y septiembre del 2018. Los muestreos se tomaron en tres diferentes remanentes boscosos los cuales se establecieron transectos lineales de 1000 m, cada uno separado por 100 m una de la otra. En cada transecto se colocaron 10 trampas intercaladas tipo *Pitfall* (trampas de caída) y en su interior cada una contenía material fecal de humano y de ganado vacuno. Las coprotrampas pueden ser iguales que cualquier necrotrampa, pero el cebo debe ser excremento. El tipo de excremento más

utilizado es de caballo, pero puede ser de cualquier otro animal o de humano. La mayor sencillez de la coprotrampa se debe a que sus olores no son tan fuertes como el de la carroña y requiere estar más expuesta para que éstos se dispersen, pero una diferencia importante es que su duración está limitada (dos o tres días), debido a que el excremento tiende a secarse rápidamente [32].

Para la captura de los escarabajos por punto se escogieron los remanentes boscosos: bosque maduro, bosque en recuperación y bosque intervenido, obteniéndose 10 trampas por transecto y en total 100 muestras con un ensayo preliminar.

2.3 Análisis (Fase V – VI)

2.3.1 Preservación de individuos e Identificación taxonómica

La preservación consiste en mantener a los ejemplares colectados en las mejores condiciones posibles para su estudio. Para los escarabajos coprófagos Se utilizó el Alcohol etílico: el líquido comúnmente utilizado en la preservación de insectos es el alcohol etílico al 70%.

De acuerdo a lo indicado por Mestre-Torres (2008) [17] se usó la Clave Dicotómica de (Universidad Nacional) para clasificar los diversos géneros de escarabajos coprófagos, resaltando y reconociendo que difieren los unos de los otros por características de tipo dicotómico; es así que se de acuerdo a las diferentes características de cada género se clasificaron en grupos los individuos recolectados, obteniendo así un número base de trabajo de individuos pertenecientes a 14 géneros diferentes [17].

Fotografía 7-2: Identificación taxonómica de los individuos



Fuente: Autores

2.3.2 Aplicación del índice de Shannon-Wiener

En este caso, el índice de Shannon permitió calcular la diversidad de familias a través de la medición de la heterogeneidad de la comunidad, teniendo en cuenta la proporción de individuos y el número de géneros muestreados; aquí, el valor máximo es indicador de una situación en la cual todas las especies son igualmente abundantes. Los resultados fueron arrojados por el PAST y se compararon con la tabla 9 de clasificación para este índice [38] [39] [40].

Tabla 3-2: Rangos de clasificación Índice de Shannon-Wiener

Rango	Característica
≤ 1	Muy baja diversidad
$> 1 - 1.8$	Diversidad baja
$> 1.8 - 2.1$	Diversidad media
$> 2.1 - 2.3$	Alta diversidad
> 2.3	Muy alta diversidad

Fuente: Figueroa Pianda (2014) [38]

2.3.3 Aplicación del índice de Simpson

Este índice utilizado para medir la diversidad, expresa la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma familia; se conoce que está fuertemente

influenciado por las familias más dominantes. La clasificación de sus valores se hizo como se muestra en la tabla y al igual que el índice de Shannon, el cálculo de Simpson también se llevó a cabo por medio del software PAST.

Tabla 4-2: Calcificación de los valores del índice de Simpson.

Rango	Característica
0 – 0,5	Muy baja diversidad o muy alta dominancia
> 0,5 – 0,7	Baja diversidad o alta dominancia
> 0,7 – 0,8	Diversidad y dominancia media
> 0,8 – 0,9	Alta diversidad o baja dominancia
> 0,9 - 1	Muy alta diversidad o muy baja dominancia

Fuente: Figueroa Pianda (2014) [38]

2.3.4 Análisis estadístico: Análisis de la varianza.

Con el fin de comparar la abundancia y riqueza entre los diferentes muestreos y transectos, se realizó el análisis de varianza ANOVA, utilizado principalmente para comparaciones de más de dos grupos; para ello se plantearon dos hipótesis:

- La hipótesis nula (H0) para dictar que la abundancia y/o riqueza están influenciadas de igual manera en cada lugar de muestreo, es decir que:

H0: Sitio1=Sitio2=Sitio3.

- La hipótesis alternativa (H1) para dictar que la abundancia y/o riqueza están influenciadas de manera diferente en cada transecto y/o muestreo, es decir que:

H1: Sitio1≠Sitio2≠Sitio3.

“O que al menos dos de los tres sitios son diferentes.”

Inicialmente se evaluaron las medias de los tratamientos, con el fin de determinar diferencias numéricas, para posteriormente realizar el ANOVA de un factor utilizando el software estadístico SPSS, eligiendo como factor el tratamiento (transecto o muestreo) y como variable dependiente la abundancia o riqueza según fuera el caso.

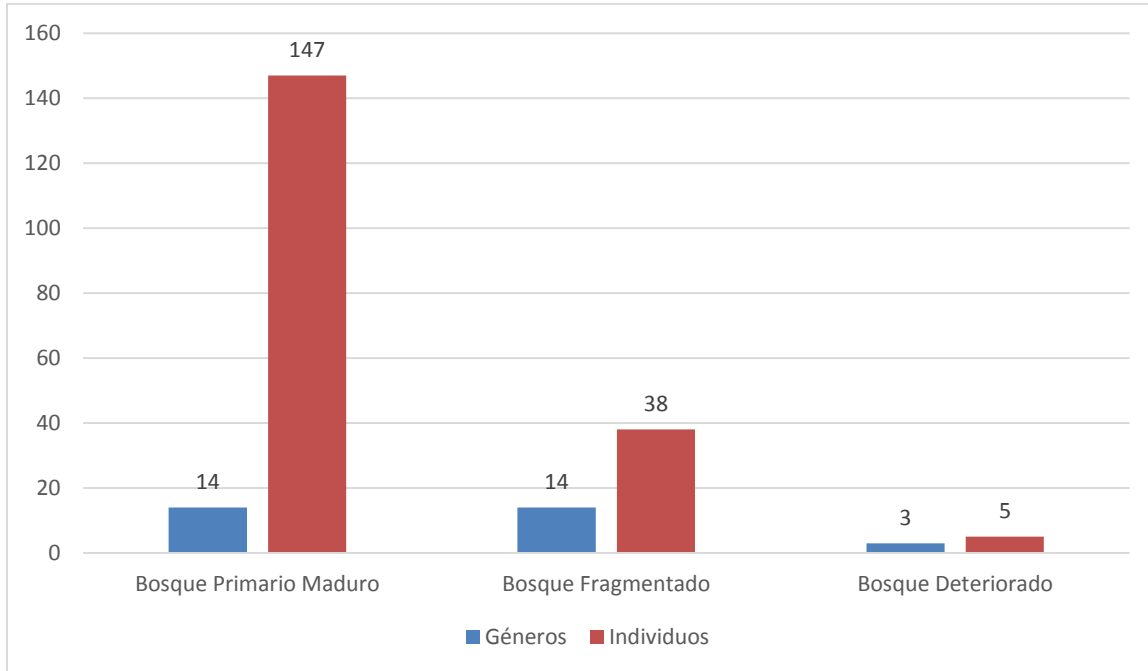
3. Resultados y Discusión

En el presente capítulo se muestra el análisis de los resultados obtenidos, de acuerdo al uso de los Índices de Shannon-Wiener (H) y Simpson (1-D), análisis estadístico, etc; en los que se describe el comportamiento de la homogeneidad y dominancia de especies en los remanentes boscosos pertenecientes a la Reserva Forestal Protectora de Vanguardia tales como Bosque Primario Maduro, Bosque Fragmentado y Bosque Deteriorado. Cabe resaltar que el presente ejercicio teórico-práctico se realizó en tres transectos de una longitud de 1 Km (1000 m) y una composición de 10 trampas por cada transecto; separadas entre sí por una distancia de 100 m aproximadamente una de la otra. Por otra parte, los transectos fueron dispuestos en 3 temporadas diferentes, con el objetivo de realizar la investigación en diferentes condiciones ambientales, las cuales bajo conocimientos previos y literatura citada se reconoce que podrían afectar la evolución y determinación de caída de especies de escarabajos coprófagos en las trampas que comprenden la base del presente estudio de investigación; para el análisis de los individuos recolectados fue necesario el uso de una clave dicotómica ilustrada que proporcionara la información correspondiente para la definición taxonómica del género biológico al que pertenece cada individuo estudiado.

3.1 Datos generales de la recolección de individuos

La recolección de escarabajos coprófagos en la Reserva Forestal Natural Protectora de Vanguardia tuvo una estimación total de 14 géneros diferentes de escarabajos, lo cual es un número muy importante de acuerdo que en el estudio de Edgar Camero Rubio (2010) [41] se presenta que la familia *Scarabaeinae* está compuesta por cerca de 200 géneros [41], lo que indicaría que el presente estudio compone el 7% de dicho espectro a nivel mundial; además, según G. Halffter (1993) [36] en el Neotrópico existen alrededor de 70 géneros lo que indicaría que el presente estudio cuenta con alrededor del 20% de dicha muestra poblacional [42] a nivel taxonómico de género dado que el alcance propuesto por la presente investigación solo en esta región.

Gráfica 1-3: Número de géneros y individuos recolectados según remanente boscoso.



Fuente: Autores

De acuerdo a la *Gráfica 3* es posible determinar que en el Bosque Primario Maduro se tuvo mayor riqueza de géneros de escarabajos coprófagos, sin embargo a pesar que la diferencia entre los géneros colectados entre el Bosque Primario Maduro y el Bosque Fragmentado es mínima, se tiene en cuenta la considerable diferencia entre la cantidad de individuos colectados en cada uno de los remanentes boscosos, dato que concuerda con el estudio de Livia Dorneles (2013) [43] sobre el uso de escarabajos coprófagos igualmente como indicador del estado de restauración de remanentes boscosos en Brasil [43], es así que en dicho estudio demuestra al igual que en el presente que la mayor riqueza de especies se encuentra en Bosques Primarios y Secundarios, más que en aquellos que están en proceso de restauración aun cuando esta tenga tiempo de resiliencia; sin embargo nuevamente el estudio de Lúcia Massutti (2015) [44] demuestra que la mayor riqueza de especies de escarabajos se da en remanentes boscosos de más de 15 años de recuperación o en aquellos bosques que no han tenido nunca algún tipo de intervención antrópica [44].

Tabla 5-3: Prueba de normalidad al número de individuos recolectados según remanente boscoso

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Recolección	,221	9	,200 [*]	,825	9	,039

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Autores

Por otra parte como se indica en la *Tabla 6-3*, el p-valor tiene un valor de 0.001 lo que indica que se encuentra por debajo del $\alpha=0.05$ que representa la probabilidad de aceptar la H_0 cuando esta es verdadera, es decir que maneja un nivel de confianza del 95% por consiguiente si el p-valor es menor o igual a α se rechaza la H_0 , de lo contrario se acepta, en este caso la hipótesis nula fue rechazada. Es así que se reconoce que para la variable número de individuos hay diferencias estadísticamente significativas por lo menos para uno de los sitios muestreados.

Tabla 6-3: Prueba de homogeneidad de varianzas para las mediciones de individuos de los diferentes transectos.

Prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de			
		Levene	gl1	gl2	Sig.
Individuos	Se basa en la media	16,000	2	6	,004
	Se basa en la mediana	1,000	2	6	,422
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,000	2	2,000	,500
	Se basa en la media recortada	12,603	2	6	,007

Fuente: Autores

Tabla 7-3: Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis como prueba de hipótesis para individuos

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	Las medianas de Individuos son las mismas entre las categorías de RBoscoso.	Prueba de la mediana para muestras independientes	,011	Rechazar la hipótesis nula.
2	La distribución de Individuos es la misma entre las categorías de RBoscoso.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,020	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

Fuente: Autores

Tal y como se puede ver en las tablas 7-3 y 8-3 las pruebas estadísticas arrojan que se debe rechazar la hipótesis nula, puesto que no se cumplen los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas así como la prueba de Kruskal-Wallis que finalmente menciona que por lo menos uno de los remanentes boscosos muestreados es diferente a los demás de acuerdo a la cantidad de individuos recolectados.

Tabla 8-3: Comparación múltiple mediante la prueba POST HOC de Tukey

		Individuos		
		N	Subconjunto para alfa = 0.05	
Tipo de Bosque			1	2
HSD Tukey ^a	Bosque Deteriorado	14	,3571	
	Bosque Fragmentado	14	3,4286	
	Bosque Maduro	14		10,0000
	Sig.		,301	1,000
Tukey B ^a	Bosque Deteriorado	14	,3571	
	Bosque Fragmentado	14	3,4286	
	Bosque Maduro	14		10,0000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Fuente: Autores

De acuerdo a lo presentado en la *Tabla 7-3*, se comprende más a profundidad y a nivel estadístico lo mencionado en el apartado de la *Tabla 6-3*, en la que se reconoce que por lo menos una de las muestras difiere de las otras dos, de acuerdo a los datos de recolección de individuos recolectados, es así que mediante la tabla anterior se muestra cómo según la prueba de Tukey, las muestras que comprenden los remanentes boscosos fragmentados y en deterioro conforman un grupo independiente y similar diferente al que muestra el Bosque Primario Maduro, lo cual se puede entender de acuerdo a que dicha prueba se realizó teniendo en cuenta la cantidad de individuos recolectado en cada sitio y que concluye en más del 50% de los individuos recolectados al Bosque Primario Maduro.

3.2 Datos generales de recolección de géneros

Teniendo en cuenta lo presentado en las Gráficas 1-3 y 2-3, se procede a realizar los análisis estadísticos en los que se documente los niveles de significancia de los sitios muestreados de acuerdo no al número de individuos recolectados, sino a la cantidad de géneros hallados en cada uno.

Tabla 9-3: Prueba de normalidad al número de géneros recolectados según remanente boscoso

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Recolección	,271	42	,000	,729	42	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Autores

Como se presentó en el capítulo anterior se sugiere el uso de la prueba de normalidad *Shapiro-Wilk*; en la que se evidencia que los valores de recolección de géneros de escarabajos coprófagos no obedecen a una distribución normal, de acuerdo a que en los diferentes sitios se encontraron los valores de recolección de individuos no se dio en la misma proporción.

Tabla 10-3: Prueba de homogeneidad de varianzas al número de géneros recolectados según remanente boscoso.

Prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Recolección	Se basa en la media	8,205	2	39	,001
	Se basa en la mediana	7,634	2	39	,002
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	7,634	2	26,739	,002
	Se basa en la media recortada	8,227	2	39	,001

Fuente: Autores

Por otra parte, se realizó una prueba de homogeneidad de varianzas con el fin de confirmar los supuestos que confirmen que tipo de prueba utilizar con el fin de verificar estadísticamente la similitud entre las muestras recolectadas según el remanente boscoso, dando como resultado que el valor de significancia de la varianza es menor a 0.05, por tanto, existen diferencias en por lo menos una de los sitios muestreados con respecto a la recolección de géneros de individuos.

Tabla 11-3: Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis como prueba de hipótesis.

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	Las medianas de Recolección son las mismas entre las categorías de RBoscoso.	Prueba de la mediana para muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula.
2	La distribución de Recolección es la misma entre las categorías de RBoscoso.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

Fuente: Autores

3.3 Géneros de escarabajos coprófagos

Para la determinación de la estructura, composición y abundancia de escarabajos coprófagos se tuvo en cuenta el criterio de presencia-ausencia [45], como se puede corroborar con la Gráfica 1-3, para los muestreos realizados. De esta forma se recolectaron 14 géneros de escarabajos coprófagos pertenecientes a la Familia *Scarabaeidae*, de los cuales se obtuvieron un total de 190 individuos en un área total muestreada de alrededor de 3 Km² repartidos de la siguiente forma:

Tabla 12-3: Datos totales de recolección de géneros de escarabajos coprófagos.

Género	Bosque Maduro	Bosque Fragmentado	Bosque Deteriorado
<i>Agamopus</i>	11	4	0
<i>Canthidium</i>	4	2	0
<i>Canthonella</i>	0	1	0
<i>Copris</i>	12	0	0
<i>Cryptocanthon</i>	5	2	0
<i>Dichotomius</i>	0	1	0
<i>Eurysternus</i>	18	2	1
<i>Eurysternus Sp. 2</i>	20	9	3
<i>Gromphas</i>	27	19	0
<i>Homalotarsus</i>	11	2	0
<i>Ontophagus</i>	7	2	0
<i>Phaneus</i>	13	0	0
<i>Sulcophaneus</i>	2	0	0
<i>Sylvicanthon</i>	10	4	1

Fuente: Autores

El género más abundante en el primer muestreo realizado el 10 de marzo de 2018 arrojó que el género *Gromphas* contó con un total de 13 individuos recolectados en el Bosque Maduro y 5 en el Bosque en Recuperación, dato que apoya lo propuesto por Lúcia Massutti (2015) [44] en su estudio sobre la importancia forense de especies de escarabajos coprófagos en Brasil [44], donde destaca que el género *Gromphas* es común encontrarlo en zonas como Piracicaba (SP), Curitiba (Artaga) o Joinville (SC) las cuales presentan condiciones ambientales similares a la Reserva Forestal Natural Protectora de Vanguardia, puesto que su temperatura media está sobre los 20° y la humedad relativa sobre el 80%. Por otra parte el segundo género más representativo para dicho muestreo fue el *Eurysternus* el cual contó de igual forma con 13 individuos colectados en el Bosque

Primario Maduro, 1 en el Bosque Fragmentado y 1 en el Bosque Deteriorado, es así que dicha relación indica que veracidad en la ejecución del muestreo y resultados, dado que concuerda con lo establecido por Reinaldo Cajaiba (2018) [53], en un estudio similar en la Selva Amazónica Brasileña [46], en la cual determinó que bajo una delimitación similar entre remanentes boscosos como lo sería un Bosque Nativo, uno en recuperación media de 10 años, un espacio de agricultura y Pastizales, el medio en el que mejor se adaptaría el género *Eurysternus* en todas sus posibles especies determinadas sería en el Bosque Nativo, que para efectos investigativos tiene condiciones ambientales de Bosque Húmedo Tropical igual que la Reserva Forestal Natural Protectora de Vanguardia.

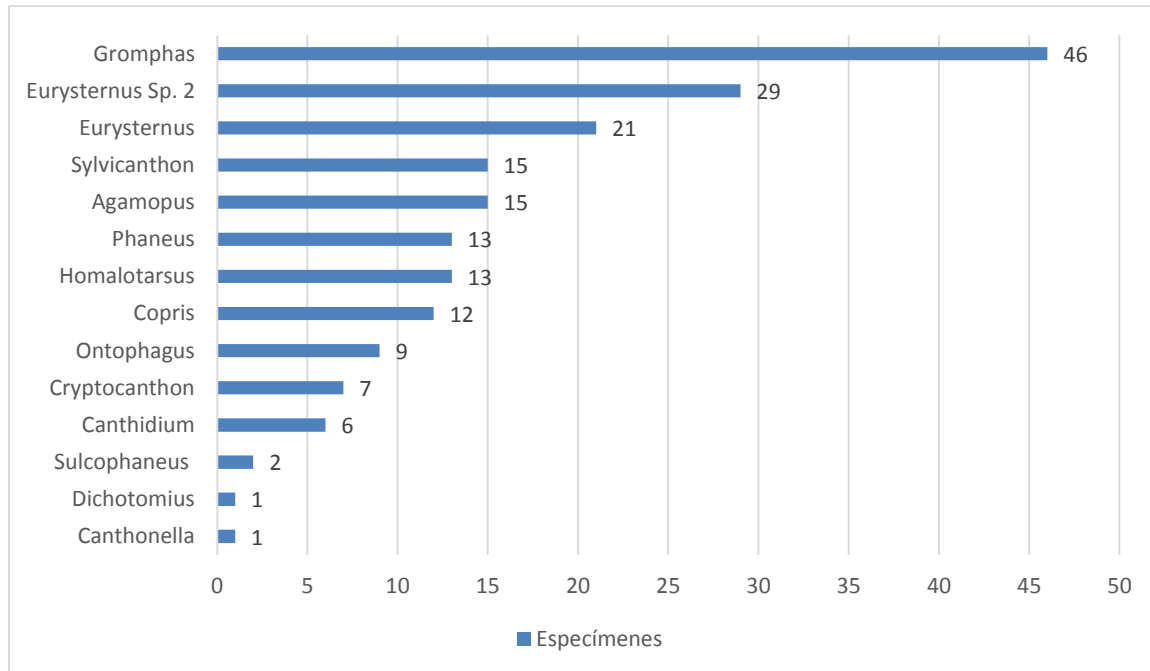
Por otra parte se realizó un segundo muestreo el 9 de junio de 2018 en los diferentes remanentes boscosos permitiendo determinar una vez más que el género más representativo fue el género *Gromphas*, sustentando nuevamente lo propuesto por Lúcia Massutti (2015) [44], sin embargo cabe destacar que el género *Eurysternus* no fue tan representativo en dicho muestreo como en el primero, razón que puede ser explicada por Edgar Camero (2010) [41] su estudio sobre las especies del género *Eurysternus* en Colombia [41], el cual detalla que dicho género es susceptible a diversos cambios en el ambiente y por esta razón su importancia como bioindicador. Por otra parte es importante y sorpresivo encontrar al género *Copris* como el segundo más representativo de dicho muestreo dado que no se tuvo información alguna de él en el primer muestreo; se colectó un total de 11 individuos de dicho género en el Bosque Maduro únicamente, lo cual puede estar sustentado en el estudio de Rosa Chefaoui (2005) [47], sobre el potencial de adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales de la especie *Copris Hispanus* y *Copris Linaris*, [47] para las cuales detalla que su factor de adaptabilidad según la bibliografía es limitado de acuerdo a diversos factores ambientales como lo son, radiación solar, tipo de suelo, temperatura y humedad entre otros; es así que se da validez a los resultados obtenidos dado que para el segundo muestreo las condiciones de temperatura fueron más bajas que en el primer muestreo y precipitación más alta, dando lugar a una humedad relativa más alta.

Finalmente se realizó un último muestreo el 22 de septiembre de 2018 arrojando así que el género más abundante fue el género *Eurysternus*, sin embargo en esta ocasión se encontró una diferente especie del género *Eurysternus* lo que confirma la noción que este es un género indicador de bosques en buen estado [44] [46]. Es importante destacar que el género *Phanaeus*, que se encontró en abundancia en el bosque maduro, no fue

reportado como indicador en la literatura consultada, sin embargo, de acuerdo a nuestros resultados se podría considerar como un indicador de buen estado ecológico. Esta afirmación coincide por lo encontrado por Reinaldo Cajaiba (2017) [46] quien menciona que esta especie únicamente es posible encontrarla en ecosistemas sin perturbación antrópica o remanentes boscosos que tengan por lo menos un espacio de 15 años de recuperación.

Según Martín-Piera y López-Colón (2000) [48], se conoce que el género *Gromphas* está directamente ligada a nivel evolutivo con los géneros *Eurysternus* y *Phaneus* por lo que es común encontrarlos en las comunidades de coprófagos en los mismos ecosistemas. Este fue el caso en nuestro muestreo ya que fueron los más abundantes como se muestra en la *Gráfica 3-3*. Martín-Piera y López-Colón (2000) [48] presentan en su investigación denominada "*Fauna Ibérica*" Vol 14. que el género *Gromphas* se caracteriza por presentar un proceso de nidificación donde los padres no configuran un rodaje o capa protectora sobre sus huevos y adicionalmente depositan varios huevos por nido y los cuidan temporalmente hasta su eclosión al estado de larva [48], lo que indica que el género *Gromphas* continua su periodo de larva joven y terminal, pupa y adultez en grupos de varios individuos ayudándose a conseguir alimento, sino también a conservarlo y a conformar estados de territorialidad tal y como lo harían especies de mamíferos llevado a otra escala. En campo se observó que con frecuencia cuando las capturas de *Gromphas* eran abundantes no se encontraban otros géneros lo que recalca la noción de su territorialidad. La *Gráfica 3-3*, en varias trampas se encontraron únicamente o en su mayoría individuos del género *Gromphas*; lo que afirmaría de igual forma lo propuesto por Larsen y Forsyth en sus estudios sobre entomología-forense, en los cuales mencionan que el género *Gromphas* dada su morfología, son individuos altamente territoriales en torno a fuentes de alimentación [49].

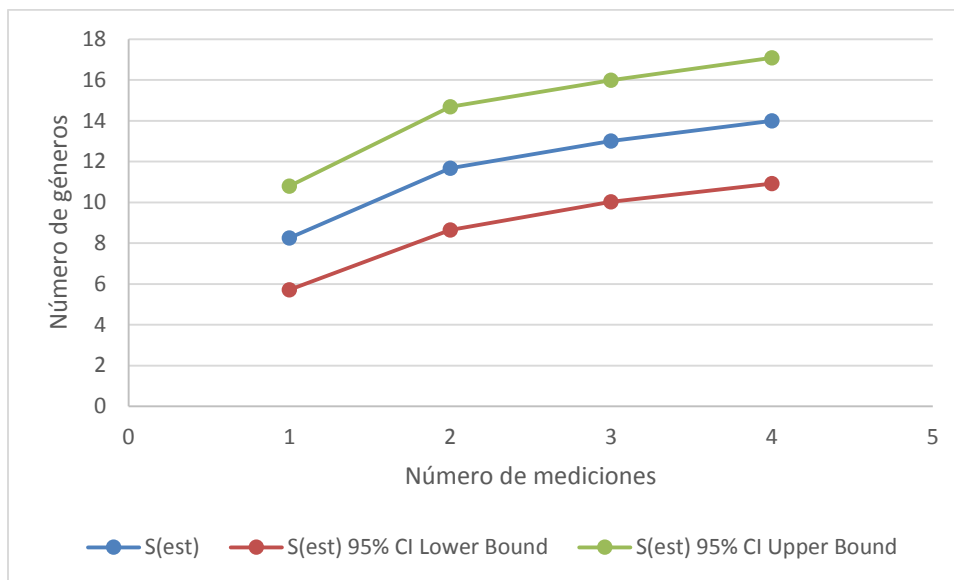
Gráfica 1-3: Número de individuos de escarabajos coprófagos según género.



Fuente: Autores

Los estimadores que se presentan a continuación en la *Tabla 11*, fueron escogidos debido a que según Walther & Moore (2005) en la bibliografía y estudios particulares son los que se ajustan en mejor medida, además de mostrar una mayor precisión a la hora de emitir un resultado sobre el número esperado de especies, en este caso generos de esacarabajos coprófagos; es así que de acuerdo a la investigación independiente se estableció que los estimadores de Chao y Jackknife son los de mejor tipo y convenientes.

Gráfica 2-3: Curva de acumulación de especies.



Fuente: Autores

Tabla 13-3: Estimadores de *Chao* y *Jackknife*

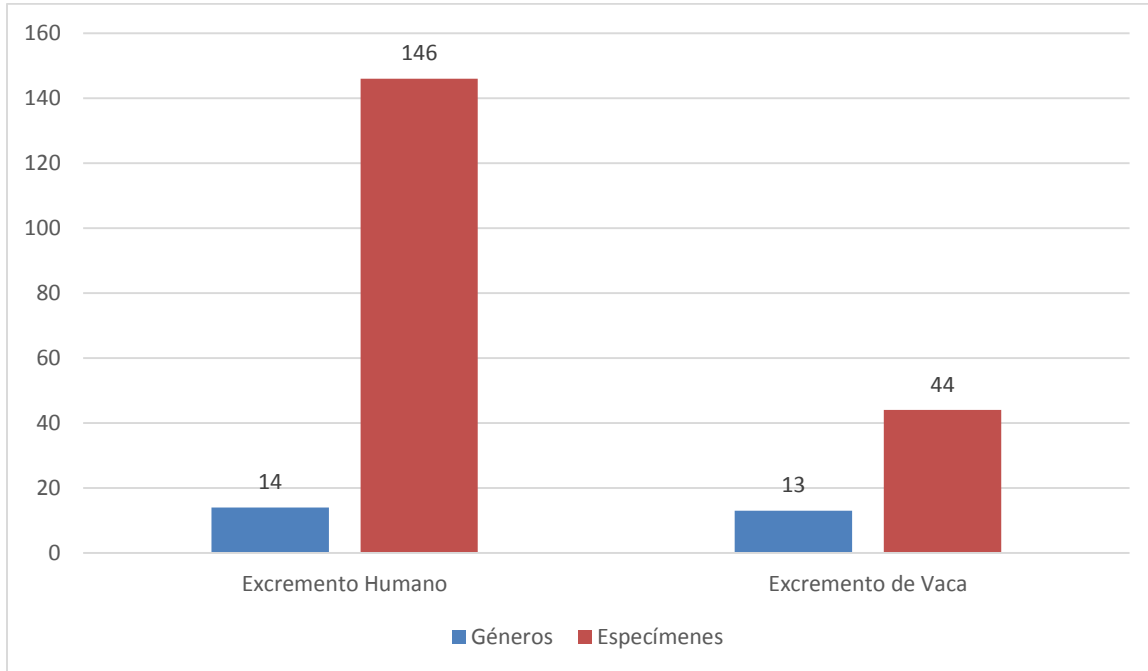
Software	Estimadores	
	Chao2	Jackknife1
PAST	14.28	14.51

Fuente: Autores

Es así que de acuerdo a la *Gráfica 4-3* y a la *Tabla 10-3* se describe que aproximadamente el presente estudio de investigación teóricamente cuenta con el 95% de géneros posibles con un valor de 14 géneros, dando lugar a identificar que para lograr la recolección del 100% de los posibles géneros de escarabajos coprófagos se deberían realizar en total 5 muestreos en total, de acuerdo a una asíntota de 15 géneros de individuos [18].

3.4 Comparación de cebos

Gráfica 3-3: Eficiencia en la recolección según el tipo de cebo.



Fuente: Autores

Es interesante reconocer los resultados, ya que a pesar el uso de una cebo diferente en este caso excremento humano y excremento de vaca, la recolección de géneros fue la misma, salvo una característica especial que se mencionará más adelante; sin embargo es total válido reconocer que a pesar que el número de géneros fue le mismo para cada uno de los cebos, la cantidad de individuos no lo fue; y eso se puede argumentar de acuerdo al estudio de Bryony Sand (2018) [50], quien menciona que el uso de excremento como cebo en trampas de caída tipo *Pitfall* aumenta la recolección de individuos de escarabajos coprófagos sin importar su procedencia, de acuerdo a que en su dieta únicamente no solo se encuentra este compuesto sino también frutas en descomposición o carne en descomposición. Por otra parte el excremento humano tuvo una mayor efectividad en la recolección de individuos de acuerdo a que como lo menciona Rangel-Acosta (2012) [51] en su estudio sobre coleópteros asociados a excrementos mamíferos en el Atlántico Colombiano [51], el excremento humano debido a su riqueza en nitrógeno y fosforo [52] y como bien lo menciona Rangel la mayoría de especies de *Scarabaeidae* se han adaptado y prefieren alimentarse de excremento de omnívoros de acuerdo a que producto de procesos de fragmentación en los bosques, muchos grandes vertebrados nativos desaparecen o emigran a otras zonas, lo que dispone a los escarabajos coprófagos a alimentarse de otras fuentes o buenas nuevas formas de alimento. Es así que en otro estudio de Reinaldo Cajaiba y Eduardo Perico (2018) [53] sobre el uso de escarabajos

coprófagos como bioindicadores del estado ecológico de bosques neotrópicos en Brasil [53], presentan que la mayoría de especies de escarabajos han migrado su alimentación no solo ha excremento de mamíferos, sino también a fruta y carne en descomposición, aunque en estudios se ha demostrado por Cajaiba (2018) [53] que hay una alta significancia en la recolección de escarabajos por medio de trampas tipo *Pitfall* que contienen excremento humano como cebo.

3.5 Indicadores biológicos de abundancia y dominancia

3.5.1 JACCARD

Los resultados corresponden a clasificaciones de acuerdo a la similitud o disimilitud que este tiene con un grupo o una unidad de un grupo; es así que se usó dicho método gráfico para determinar el porcentaje de similitud de géneros de escarabajos coprófagos colectados en comparación por la muestra realizada.

$$J = \frac{N_c}{N_a + N_b - N_c}$$

Donde, N_a es la cantidad de elementos de la muestra A; N_b es la cantidad de elementos de la muestra B y N_c es la cantidad de elementos del conjunto que intercepta las dos muestras anteriores.

Sin embargo, cabe aclarar que los índices de similitud presentados fueron calculados a partir del uso de la herramienta digital PAST, y la razón por la cual se escogieron estos dos índices está dado a que ambos evalúan la diferencia entre las abundancias de cada género de escarabajos coprófagos de acuerdo al ecosistema en el que se hizo la muestra.

Por otra parte se tiene en cuenta que existe una incertidumbre menor al usar estos índices que en el uso de otros índices de similitud basados en distancias euclidianas; ya que en los presentes índices no se eleva al cuadrado el numerador de la ecuación, mientras que en los índices basados en distancias euclidianas la fórmula se eleva al cuadrado, generando que géneros de especies con valores altos sean exageradamente ponderados dando lugar a incomprensiones entre valores bajos y altos de géneros [54].

Tabla 14-3: Valores del Índice de Jaccard para los diferentes remanentes boscosos.

	Bosque Maduro	Bosque Fragmentado	Bosque Deteriorado
Bosque Maduro	1	0.64286	0.25
Bosque en Recuperación	0.64286	1	0.27273
Bosque Deteriorado	0.25	0.27273	1

Fuente: Autores

Por otra parte, en la *Tabla 13-3* según el índice de Jaccard si existe una similitud mayor entre las muestras recolectadas en el Bosque Maduro y el Bosque Fragmentado del 64% basados en el principio de número de especies compartidas [55] que para este ejercicio son los géneros de escarabajos coprófagos compartidos y el número de individuos de cada uno compartidos [56], dando claridad a lo presentado en las *Gráfica 2-3* y *Tabla 9-3* donde se reconocía la riqueza de especies en ambos remanentes boscosos. Esta situación que puede ser apoyada por los estudios de Pedro Giovani da Silva y Power Tshikae donde dan referencia a los remanentes boscosos en mejor calidad ambiental tales como bosques primarios y secundarios [57], y aquellos en recuperación tienen un mayor índice de similitud de Jaccard de acuerdo a la diversidad de escarabajos coprófagos como indicadores de diversidad ecológica.

Por otra parte se reconoce que los resultados no son iguales a los propuestos inicialmente en la *Tabla 7-3* dado que la prueba de Tukey mostró una agrupación de los datos más cercana entre los generados por el Bosque Fragmentado y el Bosque Fragmentado, sin embargo bajo criterio propio del presente grupo de investigación se aceptan los datos del Índice de Jaccard sobre los del Tukey, dado que el primero si tiene en cuenta que cada uno de los valores de recolección de especímenes corresponde a un género biológico, mientras que el segundo solo interpreta los datos como bases numéricas y realiza análisis algebraicos a partir de esa información. Sin embargo, se tiene en cuenta dicho resultado únicamente para dar cuenta que los grupos de muestreo son diferentes (al menos uno de ellos) y que por ende hay cambios en la composición del medio de acuerdo a la abundancia de muestras.

3.5.2 SIMPSON Y SHANNON-WIENNER

Los resultados de estos índices fueron calculados a partir de la herramienta digital PAST y verificados mediante el tabulador matemático Excel; de igual forma están expuestos en la *Tabla 14-3*. Allí se puede observar la variación que hubo para cada uno de los muestreos partiendo del estudio preliminar; es así que de acuerdo a los resultados se puede determinar que ambos recursos digitales coinciden en que las muestras presentan alta diversidad y baja dominancia en el ecosistema únicamente en los casos de las muestras del Bosque Primario Maduro y el Bosque Fragmentado.

Tabla 15-3: Resultados de los resultados de índices de diversidad y dominancia para los diferentes remanentes boscosos.

Software	Muestreo Bosque Maduro		Muestreo Bosque en Recuperación		Muestreo Bosque en Deterioro	
	Shannon	Simpson	Shannon	Simpson	Shannon	Simpson
PAST	2.30	0.88	1.91	0.78	0.95	0.56

Fuente: Autores

De manera general, si se promediaran los resultados se encontraría que en la Reserva Forestal Natural de Vanguardia la diversidad de géneros de escarabajos coprófagos es media, acercándose mucho a los valores que Figueroa Pianda (2014) [38] propone en sus estudio ecológico; sin embargo esta es una afirmación que pierde validez dado que no es ambientalmente posible, teniendo en cuenta que el área total de la reserva no es representativa con el número de transectos y puntos de muestreo realizados, dado el alcance del proyecto actual, sin embargo se reconoce la alta incidencia de factores de deterioro de remanentes boscosos en la zona y áreas de borde; por ejemplo los valores de diversidad en el Bosque totalmente deteriorado son totalmente bajos, contrastando totalmente con los valores del Bosque Maduro, el cual nunca ha tenido intervención alguna y su índice de diversidad es alta mientras que el de dominancia de especies es relativamente bajo, salvo algunas excepciones que el índice de Simpson no reconoce en los casos puntuales de los géneros *Gromphas* y *Eurysternus*.

Es así que en síntesis se confirma que las comunidades de escarabajos coprófagos según el índice de Shannon presentan una alta diversidad en el Bosque Primario Maduro, es decir, la proporción de individuos con respecto al género es abundante en cualquier punto que mida; de igual forma el índice de Simpson contrasta la afirmación anterior ya que el

valor demuestra que teóricamente la zona de Bosque Primario Maduro presenta una alta diversidad y una baja dominancia de géneros de escarabajos coprófagos, es decir si se tomaran dos individuos de las muestras al azar no se esperaría que se repitiera el género dada la diversidad presente en la comunidad. Por otra parte, el Bosque Fragmentado y el Bosque Deteriorado presentan diversidad y dominancia media y baja respectivamente de acuerdo a que el argumento es contrario a lo anteriormente mencionado en el Bosque Primario Maduro, es así que se reconoce la dominancia de los géneros *Sylvicanthon* y *Eurysternus*.

4. Impacto Social

La pertinencia social del presente estudio se centra en aportar información a la comunidad sobre la biodiversidad de la Reserva Forestal Protectora de Vanguardia, como herramienta para la valoración del estado ecológico del ecosistema con el fin de tomar medidas de corrección, mitigación y compensación debido a los daños ocurridos en la reserva y de esta forma se promueva el uso eficiente de recursos enmarcados en bienes y servicios ambientales, recuperando así la biodiversidad de la zona y elimine los procesos de erosión, contaminación y pérdida del recurso hídrico.

De igual forma se pretende contribuir mediante dicha información a procesos de conservación y manejo como la actualización de cartografía que permita delimitar las zonas de conflicto en la reserva; además de la inclusión formal de la reserva en el SINAP, con el fin de mantener un control en la extracción ilegal de servicios ecosistémicos permitiendo la conservación del suelo y fuentes hídricas en la zona que alimentan los tres (3) acueductos comunitarios, los cuales abastecen un total de 372 viviendas; el desarrollo de actividades recreativas, ecoturismo y finalmente la extracción de biomasa tal como recursos de madera de Yopo (*Piptadenia peregrinal*), un organismo vegetal utilizado para hacer asados en toda la región de Villavicencio y cuya extracción continua ha puesto a la especie en peligro de extinción en la Reserva Forestal Protectora de Vanguardia.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- A partir del análisis y la comparación de los índices biológicos utilizados, se puede determinar que la Reserva Forestal Natural Protectora de Vanguardia presenta problemas ecológicos notables en zonas donde es evidente la pérdida de cobertura vegetal y aumento de las zonas de borde; tal y como se presentó en los resultados en los cuales la presencia o ausencia de géneros de escarabajos coprófagos fue eficiente para determinar el posible estado ecológico de las zonas estudiadas.
- Dentro de la estructura, composición de escarabajos coprófagos se reconoce la variación de datos en los muestreos identificando así que la Reserva Forestal Natural Protectora de Vanguardia posee al menos el 40% de los géneros de escarabajos coprófagos descubiertos en Colombia, según como lo explica Arturo González y Claudia Medina (2015) [58]; dado que en Colombia hay por lo menos 35 géneros diferentes de escarabajos coprófagos y en Latino América por lo menos 64 géneros, es decir, que el espacio de estudio del presente documento poseería por lo menos el 22% del total de géneros de escarabajos coprófagos de América.
- De acuerdo a la riqueza de géneros de escarabajos coprófagos en la Reserva Forestal Natural Protectora de Vanguardia se reconoce la importancia de su uso como indicador biológico para el estado de conservación de los remanentes boscosos que lo conforman.
- El género *Gromphas* se reconoce como un buen indicador del estado ecológico y ambiental de remanentes boscosos, especialmente en situaciones en las que condiciones de borde puedan condicionar factores ambientales como humedad relativa y temperatura; sin embargo dichos gradientes ambientales deben ser representativos a valores mayores del 10% del valor del borde, ya que como lo presenta Alberto Cortes (2017) [59], en situaciones en que la distancia desde la zona de fragmentación es de 40 m aproximadamente, el gradiente de cambio de

temperatura y humedad relativa no supera el 3 – 4%; y como lo propone Lúcia Massutti de Almeida dicho género presenta un crecimiento estable en condiciones de temperatura de 20° y humedad relativa del 80% por lo que a menos de presentarse un cambio significativo, no tendría algún tipo de afectación en su desarrollo.

- El género *Copris*, puede considerarse un buen bioindicador del estado ecológico de remanentes boscosos puesto que de acuerdo al estudio de Rosa Chefaoui, sobre el potencial de adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales de la especie *Copris Hispanus* y *Copis Linaris*, [47] su factor de adaptabilidad es limitado de acuerdo a diversos factores ambientales como lo son, radiación solar, tipo de suelo, temperatura y humedad entre otros, lo cual se evidenció en el presente estudio puesto que solo tuvo representación en las muestras realizadas en el Bosque Maduro.
- El uso de excremento como cebo en trampas de caída tipo *Pitfall* aumenta la recolección de individuos de escarabajos coprófagos sin importar su procedencia como lo aprueban varios estudios citados, de acuerdo a que en la dieta de los escarabajos coprófagos no solo se encuentra únicamente este compuesto sino también frutas en descomposición o carne en descomposición. Por otra parte, el excremento humano tuvo una mayor efectividad en la recolección de individuos de acuerdo a que como lo menciona Jorge Luis Rangel-Acosta en su estudio sobre coleópteros asociados a excrementos mamíferos en el Atlántico Colombiano [51], el excremento humano debido a su riqueza en nitrógeno y fosforo.
- La abundancia de individuos de escarabajos coprófagos según el estudio registró una tendencia a disminuir según disminuían las condiciones ambientales favorables, es decir, en zonas donde se evidenciaban más fragmentación de los bosques, menos densidad de vegetación.

5.2 Recomendaciones

- Es importante unir esfuerzos entre la población aledaña a la Reserva Forestal Natural Protectora de Vanguardia, quienes son dueños de gran parte de las hectáreas que la conforman, además de hacer partícipe a CORMACARENA para la promoción de acciones de conduzcan a la conservación de remanentes

boscosos maduros, así como la recuperación de aquellos que presentan algún tipo de intervención.

- Establecer parcelas permanentes que permitan analizar de forma específica la dinámica ecológica de los bosques, así como cualquier tipo de cambio que se pueda presentar en su estructura, composición vegetal y ambiental con respecto al tiempo.
- Formular e implementar planes que delimiten el aprovechamiento forestal los municipios aledaños a la Reserva Forestal Natural Protectora de Vanguardia, haciendo completo énfasis en el municipio de Villavicencio, el cual extrae la mayor cantidad de biomasa de los bosques, evitando impactos negativos en la zona.
- Continuar con los estudios entomológicos y ecológicos alrededor de especies de escarabajos coprófagos con el objetivo de profundizar en su uso como bioindicadores del estado ecológicos de remanentes boscosos en otras zonas de Colombia.

6. Bibliografía

- [1] E. Cuestas, J. Valencia, A. Jimenez, "Aprovechamiento de los vertebrados terrestres por una comunidad humana en bosques tropicales," *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó.*, pp. 37-43, 2007.
- [2] C. Murcia, "Edge effects in fragmented forests: Implications for conservation." *Trends in Ecology and Evolution.*, pp. 58-62, 1995.
- [3] "Formulación participativa del plan de manejo de las Reservas Forestales Protectoras "Cerro Vanguardia" y "Caño Vanguardia y quebrada Vanguardino", " Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Grupo de Divulgación de Conocimiento y Cultura Ambiental., pp. 164, 2007.
- [4] E.J. León González, "Diversidad de escarabajos coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) de un paisaje fragmentado de uso ganadero en el Magdalena Medio Antioqueño," Facultad de Ciencias, Escuela de Biociencias, Área de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia., 2015.
- [5] C. Pizano, R. González, H. Garcia, P. Isaacs, M.F. Gonzalez, P. Piñeros and W. Ramírez, "Bosques secos tropicales en Colombia," in *Bosques secos tropicales en Colombia*, Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt, 2017,
- [6] F. Feer and O. Boissier, "Variations in dung beetle assemblages across a gradient of hunting in a tropical forest," *Ecological Indicators*, pp. 164-170, 2015.
- [7] R. Evans Schultes, A. Gentry, C. Castaño Uribe y M. Alberico, *Selva Húmeda Colombiana*, Banco de Occidente, 1990.
- [8] W. Ariza Cortés, C.E. Barbos Castillo and L. Carvajal Rojas, *Guía ilustrada de la flora representativa de las selvas del Norte del Guaviare : Municipio de Mapiripán*, Departamento del Meta, Pluspetrol: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2012,
- [9] Naciones Unidas, «Comité Técnico Interagencial del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe,» de *Conservación y aprovechamiento sustentable de los bosques tropicales húmedos de América Latina y el Caribe*, Bridgetown , 2000.

-
- [10] G. Vargas Ulate, "Fragmentación y conectividad de ecosistemas en el sector del proyecto geotérmico Miravalles y sus alrededores. 1975 – 2007," Reflexiones, pp. 1021-1209, 2008.
- [11] C. Granados, D. Serrano Giné and A. Garcia-Romero, "Efecto de borde en la composición y en la estructura de los bosques templados. Sierra de Monte-Alto, Centro de México," Ecology, pp. 269-287, 2014.
- [12] J.P. Zorro Ceron, "Anuros de Piedemonte Llanero: Diversidad y Preferencias de Hábitat," Universidad Javeriana., 2007.
- [13] Jorge Ari Noriega, Edgar Camero R, Jorge Arias-Buriticá, Luis Carlos Pardo-Locarno, José Mauricio Montes, Aldemar A. Acevedo, Andrea Esparza, Betselene Murcia Ordóñez, Hector Garcia & Cesil Solís, "Grado de cobertura del muestreo de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en Colombia," 2014.
- [14] P.V. Fuentes Medina and E. Camero-Rubio, "Estudio de la fauna de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en un Bosque Húmedo Tropical de Colombia," Entomotrópica., 2006.
- [15] J.C. Garcia Ramirez and L.C. Pardo Locarno, "Escarabajos Scarabaeinae saprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en un bosque muy húmedo premontano de los Andes Occidentales Colombianos," Ecología Aplicada, pp. 1726-2216, 2004.
- [16] C.A. Medina, A. Lopera-Toro, A. Vívalo and B. Gil, "Escarabajos Coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae:Scarabaeinae) de Colombia," Instituto De Investigación De Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt, 2001.
- [17] Mestres Izquierdo Ángeles, and Torres García Milagros, (2008) "Algunas pautas para la elaboración de Claves Dicotómicas Y Árboles de clasificación;".
- [18] MORA-AGUILAR, Eder F., & MONTES DE OCA, Enrique. (2009). Escarabajos necrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae y Trogidae) de la región central baja de Veracruz, México. *Acta zoológica mexicana*, 25(3), 569-588.
- [19] H.Y. Camberfort], Dung beetle ecology, New Jersey: Princeton Universty Press, 1991.
- [20] Newton, A. y S. B. Peck., "Baited Pitfall Traps for Beetles," in The Coleopterists Bulletin, 1975, pp. 46.

- [21] C. Medina, "Clave ilustrada para la identificación de géneros de Escarabajos Coprófagos (coleoptera: scarabaeinae) de Colombia." *Caldacia*, pp. 315, 2000.
- [22] G. Heal, «nature and the marketplace : capturing the value of ecosystem services,» de *nature and the marketplace : capturing the value of ecosystem services*, united states of america, library of congress cataloging-in-publication data, 2000.
- [23] S.E. Al, Accounting for capacity and flow of ecosymtem services: a conceptual model and a case study for telemark, *Norway Ecological Indicators*, 2014, pp. 551.
- [24] J.E. Martin, "The insects and arachnids of Canada," in *Collecting, preparing, and preserving insects, mites and spiders*. Canadá: Kromar Printing Ltd. Québec., 1977, .
- [25] C.J. DENNIS, "Laboratory manual for introductory entomology." in *Tropical forests: Their richness in Coleoptera and other arthropod species*. The Coleopterists Bulletin, W. C. Brown Company Publishers, 1974, pp. 75.
- [26] J. Llorente, *La búsqueda del Método Natural*, México, D. F.: Fondo de Cultura Económica, 1990, .
- [27] Llorente J., A. Garcés, T. Pulido and I. Luna (Trads.), "Manual de Recolección y Preparación de Animales. Facultad de Ciencias, UNAM," in *Manual de Recolección y Preparación de Animales*. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F.: 1985.
- [28] Steyskal, G. C., W. L. Murphy & E. M. Hoover (Eds.), *Insects and mites: Techniques for collection and preservation*. U. S. Department of Agricultura, Miscellaneous Publication No. 1443., 1986, .
- [29] Morón, M. A. & R. Terrón, *Entomología Práctica*. Instituto de Ecología A. Ciudad De México-D. F.: 1988, .
- [30] Morón, M. A. & R. Terrón, "Distribución latitudinal y estacional de los insectos necrófilos en la Sierra Norte de Hidalgo, México. *Acta Zoológica Mexicana*," in *Distribución altitudinal y estacional de los insectos necrófilos en la Sierra Norte de Hidalgo, México*. *Acta Zoológica Mexicana*, Ciudad de México: Nueva Serie, 1984, pp. 47.
- [31] Borror, D. J., C. A. Triplehorn & N. F. Johnson, "An introduction to the study of insects." Saunders College Publishing, 1989.

-
- [32] Merritt, R. W., V. H. Resh & K. W. Cummins, "Design of aquatic insect studies: Collecting, sampling and rearing procedures." in An introduction to the aquatic insects of North America. Iowa: Ken NdallHunt Publishing Company, 1996, .
- [33] A. Contreras Ramos, "Métodos para estudios en sistemática de Megaloptera (Insecta: Neuropterida) con base en morfología." in Métodos para estudios en sistemática de Megaloptera (Insecta: Neuropterida) con base en morfología. Dugesiana: 1999, pp. 15.
- [34] J.M. Luna, "Técnicas de colecta y preservación de insectos," Laboratorio de Sistemática Animal, Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo., 2001.
- [35] O. Rincón Sepúlveda, Glosario de Ecología, Bogotá: Temas de Orientación Agropecuarias. TOA, 1984.
- [36] Halffter, G. y M. E. Favila., "The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) an Animal Group for Analysing, Inventorying and Monitoring Biodiversity in Tropical Rainforest and Modified," in The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) an Animal Group for Analysing, Inventorying and Monitoring Biodiversity in Tropical Rainforest and Modified, Biology International, 1993, pp. 21.
- [37] G. Roldán Pérez, Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: propuesta para el uso del método BMWP Col, Antioquia: Universidad de Antioquia, 2003.
- [38] S. Figueroa Pianda, "Evaluación de estructura horizontal y la diversidad florística en un bosque lluvioso del medio Magdalena, Hacienda San Juan del Carare, Cimitarra - Santander," 2014.
- [39] A. Magurran, *Measuring biological diversity*, Oxford: Blackwell Publishing Company, 2004.
- [40] C. Guisande Gonzalez, "Tratamiento de datos," Diaz de Santos, 2006, .
- [41] E. Camero Rubio, "Los Escarabajos del género Eurysternus Dalman de Colombia," Sociedad Entomológica Aragonesa, pp. 147-179, 2010.
- [42] G. Halffter, "A strategy for measuring landscape biodiversity." Biology International, pp. 3-17, 1998.
- [43] L. Dorneles Audino, J.N. Louzada and L.S. Comita, "Dung beetles as indicators of tropical forest restoration success," 2013.

- [44] L. Massutti de Almeida, R.C. Corrêa and P.C. Grossi, "Coleoptera species of forensic importance from Brazil: an updated list," *Entomologia*, pp. 274-284, 2015.
- [45] R.K. Colwell, C. Xuan Mao and C. Jing, "Interpolando, extrapolando y comparando las curvas de acumulación de especies basadas en su incidencia," *Alfa, Beta Y Gama*, pp. 2717-2727, 2004.
- [46] R. Cajaiba, E. Périco, M. Schmidt Dalzochio, W. Barreto da Silva, R. Bastos, M. Santos and A. Cabral, "Does the composition of Scarabaeidae (Coleoptera) communities reflect the extent of land use changes in the Brazilian Amazon?" *Ecological Indicators*, pp. 285-294, 2017.
- [47] R.M. Chefaoui, J. Hortal and J.M. Lobo, "Potential distribution modelling, niche characterization and conservation status assessment using GIS tools: a case study of Iberian Copris species," *Biological Conservation*, pp. 327-338, 2005.
- [48] F. Martín-Piera and J.I. López-Colón, *Fauna Ibérica*, Madrid- España: Museo Nacional de Ciencias Naturales Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2000, .
- [49] T. A. Larsen y A. Forsyth, *Extreme trophic and habitd specialization by Peruvian dung beetles*, *The Coleopterists Bulletin* 60: 315-324.
- [50] B. Sands y R. Wall, «Sustained parasiticide use in cattle farming affects dung beetle functional assemblages,» *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 265, pp. 226-235, 2018.
- [51] J. L. Rangel-Acosta, «Coleópteros Coprófagos asociados a excrementos mamíferos en la Reserva Natural Luriza, Departamento del Atlántico, Colombia,» *Sociedad Entomológica Aragonesa*, nº 50, pp. 409-419, 2012.
- [52] I. Hanski, «Dung Beetle Ecology,» *Repository Princeton University* , 1991.
- [53] R. L. Cajaiba, E. Périco y P. Leote, «Are Small Dung Beetles (Aphodiinae) useful for monitoring neotropical forests' ecological status? Lessons from a preliminary case study in the Brazilian Amazon,» *Forest Ecology and Manegement* , vol. 429, pp. 115-123, 2018.
- [54] A. Herrera Moreno, «La clasificación numérica y su aplicación en la ecología,» *Instituto Tecnológico Santo Domingo*, 2000.
- [55] G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff y A. Melic, «El significado de las diversidades,» *Alfa, Beta & Gamma*, 2005.

- [56] C. S. Polo Urrea, «Índices más comunes en biología. Segunda Parte, Similaridad y Riqueza Beta y Gamma,» *Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Militar Nueva Granada*, vol. 4, nº 1, pp. 135-142, 2008.
- [57] P. Giovani da Silva y P. Tshikae, «Convergence Between Dung Beetle Assemblages of a Post-Mining Vegetational Chronosequence and Unmined Dune Forest,» *Restoration Ecology*, vol. 11, nº 1, pp. 29-42, 2003.
- [58] A. Gonzalez-Alvarado y C. M. Medina, List of the dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) from Colombian dry forest, Repository: Humbolt.org, 2015.
- [59] A. Cortes y C. Varón Hernandez, *Efecto de Borde sobre la vegeración emergente en áreas fragmentadas del Piedemonte Llanero*, Villavicencio: Repositorio: Universidad Santo Tomás, 2018.
- [60] A. Victorino, *Bosques para las personas*, Bogotá D.C. : Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2011.
- [61] W. V. Reid, H. A. Mooney, A. Cropper y D. Capistrano, «Evaluación de los Ecosistemas del Milenio,» The United Nations Environment Programme coordinates the Millennium Ecosystem Assessment, Malasya, 2004.