DIVERSIDAD Y COMPOSICIÓN DEL ENSAMBLAJE DE ESCARABAJOS COPRÓFAGOS (COLEOPTERA: SCARABAEINAE) EN EL JARDÍN BOTÁNICO DE POPAYÁN, CAUCA - COLOMBIA

PRESENTADO POR:

JOSE IGNACIO CARVAJAL PADILLA

DIRECTOR:

NICOLE ESTEFANIA IBAGÓN ESCOBAR,
Ph.D.

CO-DIRECTOR
JORGE ARI NORIEGA,
Ph.D.

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DE POPAYÁN
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
PROGRAMA DE ECOLOGÍA
POPAYÁN
2020

DIVERSIDAD Y COMPOSICIÓN DEL ENSAMBLAJE DE ESCARABAJOS COPRÓFAGOS (COLEOPTERA: SCARABAEINAE) EN EL JARDÍN BOTÁNICO DE POPAYÁN, CAUCA - COLOMBIA

PRESENTADO POR:

JOSE IGNACIO CARVAJAL PADILLA

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE ECÓLOGO

DIRECTOR:

NICOLE ESTEFANIA IBAGÓN ESCOBAR, PhD

CO-DIRECTOR

JORGE ARI NORIEGA, PhD

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DE POPAYÁN

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES

PROGRAMA DE ECOLOGÍA

POPAYÁN

2020

DEDICATORIA

Este pequeño logro es dedicado a mis padres, Zulma Eunice Padilla Gómez y Javier Carvajal Zúñiga. A mi familia que me apoyo durante mi estadía en Popayán. Mis abuelas Evelia Zúñiga y Rosalba Gómez. Mis tías Margarita Idrobo y Deisy Padilla. A mi ahijada María José Botero Y Amira Carvajal.

Al programa y al jardín de la FUP.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por el apoyo incondicional al igual que a mi familia que me ayudo en Popayán.
A cada uno de los docentes que se involucraron en este proceso administrativa y académicamente.
Agradezco indispensablemente a mis dos directores, en enorme porción a mi directora de tesis, la profesora Nicole Ibagón quien le dio un giro y aporte fundamental a esta investigación, guiándome y exigiéndome para mejorar mi documento de trabajo de grado, enseñándome tanto en este proceso. Por supuesto también a mi codirector el profesor Jorge Ari Noriega quien también aporto de manera muy importante en esta investigación, enseñándome mucho del grupo Scarabaienae.

RESUMEN

Los estudios con escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) son conocidos por su enfoque dirigido a la evaluación de las perturbaciones antrópicas. Este grupo posee un carácter bioindicador por excelencia, debido a su alta sensibilidad poblacional a perturbaciones antrópicas. Varios estudios han sido realizados en diferentes regiones del país y en el departamento del Cauca. El Jardín Botánico de Popayán (JBP, Cauca – Colombia) es un área que cuenta con 9 hectáreas de bosque secundario fragmentadas por diferentes usos de suelo, resulta oportuno el estudio de este grupo como una herramienta bioindicadora para estudios a corto y mediano plazo. Los muestreos se realizaron durante los meses de septiembre -noviembre del año 2018 en tres hábitats del JBP: Arboretum, Bosque y Cultivo de Café. Se realizaron las curvas de acumulación de especies para verificar la efectividad del muestreo y se estimaron los índices de diversidad de Margalef, Simpson y Shannon-Wiener junto con el análisis de los grupos funcionales. Se capturaron un total de 833 individuos agrupados en seis tribus, siete géneros y 12 especies. El gremio dominante fue el de los paracópridos. La especie más abundante fue *Ontherus lunicollis* Génier, 1996 (n=367) y *Onthophagus* cf. *curvicornis* Latreille, 1811 (n=295). Estas especies dominaron los tres hábitats, reportando abundancias elevadas como se registra en otras localidades. Los resultados demostraron una baja diversidad en el ensamblaje, evidenciando un grado de perturbación marcado en los hábitats muestreados del JBP. Es necesario generar estrategias de conservación para buscar minimizar los impactos existentes y de esta manera lograr recuperar algunas de las áreas que evidencian mayor grado de perturbación. Para estudios futuros con escarabajos coprófagos en el JBP se recomienda complementar los muestreos en una época del año diferente al segundo periodo de lluvias y la utilización de diferentes tipos de trampas y cebos para comparar la composición y estructura del ensamblaje.

ABSTRACT

Dung beetle studies (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) are known for their approach to evaluating anthropogenic disturbances. This group has a bioindicator character due to its high population sensitivity to anthropogenic disturbances. There are no studies with this group in the Botanical Garden of Popayan (JBP, Cauca - Colombia), which includes 9 hectares of secondary forest fragmented by different land uses. We sampled dung beetles in September, October and November of 2018 in three sections of the JBP: Arboretum, Bosque and Cultivo. Species accumulation curves were carried out to verify the effectiveness of the sampling and the diversity indices of Margalef, Simpson and Shannon-Wiener were estimated together with the analysis of functional groups. We captured a total of 833 individuals grouped into 12 species, seven genera and six tribes. Paracopids were the dominant guild. The most abundant species were *Ontherus lunicollis* Génier, 1996 (n = 367) and *Onthophagus* cf. *curvicornis* Latreille, 1811 (n = 295). These species dominated the three habitats, reporting high abundances as recorded in other locations. The results demonstrated low diversity in the assembly, evidencing disturbance in the sampled JBP habitats. It is necessary to generate conservation strategies to seek to minimize the existing impacts and thus manage to recover some of the areas that show the greatest degree of disturbance. For future studies with coprophagous beetles in the JBP, it is recommended to complement the samplings at a time of the year other than the second rainy season and the use of different types of traps and baits to compare the composition and structure of the assembly.

LISTA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN 1

1.1 Objetivos 5

1.2 Pregunta de investigación e hipótesis 5

2. METODOLOGÍA 6

2.1 Área de estudio 6

2.2 Puntos de muestreo 9

2.3 Datos climáticos 11

2.4 Trabajo de campo y laboratorio 11

2.5 Análisis estadístico 14

3. RESULTADOS 15

3.1 Representatividad del muestreo de escarabajos coprófagos en el Jardín Botánico de Popayán 15

3.2 Composición de los escarabajos coprófagos en el Jardín Botánico de Popayán. 16

3.2.1 Abundancia y riqueza general del ensamblaje de escarabajos coprófagos en el Jardín Botánico de Popayán. 16

3.2.2 Abundancia y riqueza de tribus por género del ensamblaje de escarabajos coprófagos en los tres habitas muestreados en el Jardín Botánico de Popayán. 16

..... 16

3.2.3 Índices de diversidad de los escarabajos coprófagos en el Jardín Botánico de Popayán 17

3.3 Estructura de Scarabaeinae en el Jardín Botánico de Popayán 25

3.4 Variación temporal de Scarabaeinae en el Jardín Botánico de Popayán 26

4. DISCUSIÓN 28

4.1 Diversidad y estructura del ensamblaje de escarabajos coprófagos 28

4.2 Estructura del ensamblaje en el tiempo 29

4.3 Preferencias tróficas 30

5. CONCLUSIONES 33

6. BIBLIOGRAFÍA 34

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Grupos de vertebrados e invertebrados reportados en estudios previos en el Jardín Botánico de Popayán, Cauca (Colombia). 7

Tabla 2. Listado de Especies con sus respectivas abundancias (Número de individuos) e Índices de diversidad registradas en los diferentes puntos de muestreo (Arb=Arboretum, Bos=Bosque secundario, Cul=Cultivo de café) del Jardín Botánico de Popayán, Cauca – Colombia. GF: Gremio funcional (P=Paracópridos, E=Endocópridos); Tamaño: g=grande (>18 mm), m=mediano (18 a 10 mm), p=pequeño (< 10 mm). * indica nuevos registros para el Cauca. 17

Tabla 3. Valores de los índices de diversidad de Scarabaeinae en los tres hábitats: Arboretum, Bosque secundario y Cultivo de café el Jardín Botánico de Popayán, Cauca (Colombia) durante cada mes de muestreo de - 2018 18

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del JBP. a) Departamento del Cauca – Colombia (en gris), b) Municipio Timbío y c) Sede campestre los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán mostrando los puntos de muestreo en este estudio: Arboretum, Bosque y Cultivo de café. Los colores representan diferentes coberturas vegetales y edificaciones. 10

Figura 2. Morfología externa de Scarabaeinae. Arriba Vista Dorsal, abajo vista ventral. Tomado de Vaz-de-Mello et al., 2011. 13

Figura 3. Curva de acumulación de especies de escarabajos coprófagos colectados en a) Arboretum, b) Bosque, c) Cultivo de café del Jardín Botánico de Popayán (Cauca- Colombia). 15

Figura 4. Abundancia de géneros en el Arboretum, Cultivo de café y Bosque secundario para el Jardín Botánico de Popayán (Cauca – Colombia). 16

Figura 5. Vista ventral y dorsal de *Uroxys* cf. *pauliani* encontrado en el Jardín Botánico de Popayán, Cauca (Colombia). 19

Figura 6. Vista dorsal y ventral *Ontherus lunicollis* encontrado en el Jardín Botánico de Popayán, Cauca (Colombia). 20

Figura 7. *Canthidium* aff. *steinheili* (a) (Foto Cs 1), vista dorsal *Canthidium* sp. 1 (b) encontrados en el Jardín Botánico de Popayán (Cauca Colombia). 21

Figura 8. Vista dorsal de *Canthidium* sp. 2 encontrado en el Jardín Botánico de Popayán (Cauca Colombia). .. 21

Figura 9. Vista dorsal *Dichotomius belus* encontrado en el Jardín Botánico de Popayán, Cauca (Colombia). ... 22

Figura 10. Vista dorsal *Dichotomius quinquelobatus* encontrado en el Jardín Botánico de Popayán (Cauca Colombia). 22

Figura 11. Vista dorsal de *Eurysternus marmoreus* encontrado en el Jardín Botánico de Popayán (Cauca – Colombia). 23

Figura 12. Vista dorsal *Eurysternus mexicanus* encontrado en el Jardín Botánico de Popayán, (Cauca – Colombia). (Foto Em1) 23

Figura 13. Vista dorsal de *Onthophagus* cf. *curvicornis* (izquierda) y Onthophagus aff nasutus encontrados en el Jardín Botánico de Popayán (Cauca – Colombia). 24

Figura 14. Vista dorsal de *Oxysternon conspicillatum* encontrado en el Jardín Botánico de Popayán (Cauca – Colombia). 25

Figura 15. Variación mensual de la precipitación y temperatura en la ciudad de Popayán y abundancia y riqueza de Scarabaeinae en el Jardín Botánico de Popayán (JBP) (Cauca – Colombia). 27

1. INTRODUCCIÓN

Colombia es uno de los países megadiversos del mundo y dentro de su territorio el 25% se encuentra representado por el sistema montañoso de los Andes, los cuales son considerados una de las regiones más biodiversas (Agudelo & Armenteras, 2018). Actualmente los ecosistemas Andinos se encuentran sometidos a fuertes presiones antrópicas, principalmente por la expansión de la frontera agrícola (Galindo *et al.,* 2003). Estas presiones antrópicas generan fragmentación, la cual se entiende como la alteración de la homogeneidad del paisaje en distintos grados de aislamiento (Bustamante *et al.,* 2005).

Cuando los ecosistemas sufren algún evento de alteración se presentan pérdidas de bosque nativo, reducción del tamaño de los fragmentos y aumento en el grado de aislamiento de los mismos (Figueroa *et al.,* 2007). El resultado es una mezcla de ambientes antrópicos y fragmentos de hábitat original debido a que esta alteración no siempre es total ya que los paisajes agropecuarios mantienen parte de su cobertura arbórea como fragmentos de bosques, árboles dispersos, cercas vivas y corredores biológicos como estrategias de manejo y aunque estos pueden servir como refugio para flora y fauna, albergando una muestra de la biodiversidad original, usualmente se ven afectados en aspectos diversos como su composición, estructura o su funcionalidad (Hernández *et al*., 2003).

Dentro de la modificación y fragmentación del hábitat, existen dos tipos comunes de conversión del paisaje, el primero implica la alteración directa de un hábitat como resultado de las actividades antrópicas, mientras que el segundo implica la reconfiguración de un hábitat en parches aislados más pequeños dentro de una matriz modificada (Nichols *et al*., 2007). Para evaluar el estado y condición del medio ambiente o grado de perturbación que estas actividades producen sobre la biodiversidad es conocido el uso de bioindicadores, al ser una herramienta que es capaz de generar una señal de alerta temprana de los cambios ocasionados en el medio ambiente o como instrumento de diagnóstico ambiental (Dale & Beleyer, 2001).

Entre los grupos taxonómicos que son utilizados con mayor frecuencia como bioindicadores son los insectos (Acosta *et al.,* 2009), ya que presentan una respuesta más rápida y fidedigna que otros grupos taxonómicos (Sammways, 1999, Dunn,

2004, Nichols *et al.*, 2007). Existen diversos estudios con grupos como abejas (Hymenoptera: Apoidea) (Reyes *et al.*, 2009) e insectos bioindicadores de la calidad de aguas (Efemerópteros, Plecópteros, Odonatos, Tricópteros, Megápteros, Heterópteros, Coleópteros, Dípteros, Lepidópteros, Neurópteros) (Pujante, 1999). Dentro de los grupos más usados en ecosistemas terrestres destacan los escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) (Acosta *et al.*, 2009). Otros estudios combinan diferentes grupos como escarabajos coprófagos y mariposas (Hernandez *et al.*, 2003, Locarno, 2007).

En los sistemas terrestres los insectos desempeñan diversos roles ecológicos como el reciclaje de nutrientes, la dispersión de semillas, procesos de bioturbación y polinización. Los escarabajos coprófagos de la subfamila Scarabaeinae desempeñan muchos de dichos procesos (Nichols *et al.*, 2008) ya que estos insectos usan el excremento de los vertebrados como principal recurso alimenticio, tanto para sus estadios larvarios como para los adultos (Halffter & Edmonds, 1982). La función ecológica de este grupo biológico es muy importante en los ecosistemas debido al uso que hacen de las heces (Villareal *et al.*, 2004), ya que reubican el excremento de la superficie a diferentes capas del suelo, evitando que los nutrientes se pierdan y generando cambios químicos y de composición de microorganismos, lo que aumenta la fertilidad del suelo (Nichols *et al.*, 2008).

Los escarabajos coprófagos presentan tres diferentes estrategias de anidamiento, con diferentes implicaciones ecológicos (Nichols *et al.*, 2008): i) los paracópridos o tuneleros son especies que entierran el excremento del cual se alimentan y depositan sus huevos, creando cámaras verticales cercanas a la deposición original del recurso, ii) los telecópridos o rodadores son especies que transportan bolas de excremento a cierta distancia horizontal del recurso antes de enterrarlas bajo la superficie para alimentarse y depositar sus huevos y iii) los endocópridos o residentes son las especies que desarrollan todo su ciclo directamente en el recurso sin transportarlo (Halffter & Edmonds 1982, Nichols *et al.*, 2008).

Entre los principales servicios ecosistémicos que desempeñan los escarabajos coprófagos se encuentra la bioturbación, que es el desplazamiento y mezcla de partículas o sedimentos por animales o plantas hacia diferentes capas del suelo y puede influir fuertemente en la biota del suelo y en la productividad de las plantas al aumentar la aireación y la porosidad del agua (Nichols *et al.*, 2008). Estudios experimentales recientes vinculan el

papel de los escarabajos coprófagos en la bioturbación y la movilización de nutrientes en el aumento de la biomasa de las plantas. Igualmente, cumplen un papel fundamental en la dispersión secundaria de semillas tanto horizontal como verticalmente, no solo las entierran, al cavar también mueven semillas de horizontes inferiores hacia horizontes más superficiales, regenerando el banco de semillas. Adicionalmente, cumplen un rol esencial en la supresión y control de las poblaciones de parásitos a través de la alimentación y anidación, controlando la abundancia de moscas hematófagas, nematodos y protozoos (Nichols *et al.*, 2008).

Los escarabajos coprófagos al depender estrechamente del excremento de los vertebrados y de la cobertura vegetal son un grupo muy apto para ser utilizados como un parámetro para la estimación de la diversidad y evaluación de los efectos de actividades antrópicas (Villareal *et al.*, 2004). Debido a esta dependencia del estiércol de grandes mamíferos, los cambios en las comunidades se ven reflejados directamente en la estructura de los ensamblajes de Scarabainae, que a menudo se ven afectadas por los efectos sinérgicos de la modificación del bosque y la fragmentación (Nichols *et al.*, 2008). Esto se debe a que tienen un amplio espectro de respuestas hacia las perturbaciones antrópicas y a los cambios en el ambiente, la diversidad del grupo responde de manera negativa a las modificaciones en estos hábitats (Cultid *et al.*, 2012). Las comunidades de escarabajos coprófagos tienden a disminuir cuando se generan cambios en la estructura vegetal y perdida de la cobertura vegetal nativa debido a que estas comunidades de escarabajos coprófagos están moduladas por tres factores: i) la presencia de cobertura vegetal, ii) la disponibilidad de recurso y iii) las condiciones del suelo (Cultid *et al.*, 2012).

Entre las características que determinan la subfamilia Scarabaeinae como un grupo bionidicador ideal para estudios de diversidad y perturbación antrópica se encuentra que es un gremio bien definido tanto funcional como taxonómicamente, siendo abundantes y presentando un método de captura sencillo y económico (Halffter & Favila, 1993). También se conoce que en una misma región geográfica la composición y estructura taxonómica del ensamblaje puede ser completamente distinta entre un b*osque maduro y un bosque perturbado; reflejando claramente los efectos antrópicos en la modificación y fragmentación del hábitat (Halffter & Favila, 1993). Esto se representa con la perdida de especies propias de bosque y con la hiperabundancia de especies típicas de hábitats perturbados, cambios en

la biomasa relativa y una reducción en la incidencia de algunos gremios (*e.g.*, grandes cavadores y rodadores) (Cultid *et al.*, 2012).

En Colombia se registran un total de 305 especies de escarabajos coprófagos agrupadas en 40 géneros (Noriega *et al.*, 2015). Sin embargo, el porcentaje de cobertura de las áreas muestreadas es de solo el 10.62%, siendo el bosque húmedo Andino premontano el ecosistema con mayor número de publicaciones (Noriega *et al.*, 2015). Para el departamento del Cauca que hace parte de cuatro regiones naturales: la unidad pacifica, la unidad Andina, los valles interandinos y la amazonia (Bota Caucana) (Mota *et al.*, 1998), se registran solo cuatro estudios de escarabajos coprófagos, de los cuales tres han sido publicados: Alto rio Cauca (Locarno *et al.*, 2010), municipio del Tambo (García & Locarno 2004) y Cerro de los Churumbelos (Huertas & Arias, 2007) y un trabajo de grado en el Parque Nacional Natural Munchique (Narváez, 2002). Todo lo anterior evidencia que a pesar de ser un grupo conocido con metodologías establecidas, existen zonas geográficas donde no se han muestreado escarabajos coprófagos o cuentan con escasos estudios.

El departamento del Cauca se encuentra en la zona del suroccidente del país, y aunque la mayor parte de su población se encuentra en la región Andina y Pacífica, también existe una porción del territorio abarcando una parte de la llanura selvática y una pequeña porción de la vertiente selvática amazónica (Bota Caucana) (Mota *et al.*, 1998). En el departamento, la intervención antrópica por la expansión de la frontera agrícola ha generado una dramática tala de vegetación nativa (sobre todo en la cordillera Central y en el altiplano de Popayán) (Rivera *et al.*, 1998). Son muy pocas las zonas de conservación sin alguna intervención, además en el flanco oriental de la cordillera occidental (Timbío, Sotará y el Tambo) se ha sustituido por completo la vegetación nativa por pastos con un propósito ganadero (Mota *et al.*, 1998).

1.1 Objetivos

Por todo lo anterior, este trabajo busca analizar la diversidad y estructura del ensamblaje de escarabajos coprófagos en el Jardín Botánico de Popayán (JBP) Cauca - Colombia, con el principal objetivo de construir una evaluación del estado actual de conservación o perturbación del JBP, una zona nunca antes estudiada.

1.2 Pregunta de investigación e hipótesis

En este trabajo se planteó la pregunta de investigación: ¿Cuál es el estado de conservación del JBP en tres hábitats (Arboretum, Bosque y Cultivo de café) basados en el uso de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) como grupo bioindicador?

Como hipótesis se planteó que el grado de conservación y la cobertura vegetal de cada hábitat en particular condicionaran la diversidad y estructura del ensamblaje. Se espera encontrar una mayor abundancia y diversidad en el fragmento de bosque, seguido del Arboertum y por último el cultivo.

2. METODOLOGÍA

2.1 Área de estudio

El JBP se sitúa al sur occidente de Colombia, en el flanco occidental de la Cordillera Occidental, en el departamento del Cauca, a 8 km de la ciudad de Popayán en terrenos de la Sede Campestre Los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán (FUP) ubicados en el municipio de Timbío, vereda "Los Robles"

La vereda "Los Robles" pertenece al municipio de Timbío, con coordenadas geográficas N 02º23'28.7'' - W 076º39'24.9'' y con una altitud de 1850 msnm, una temperatura media anual entre 17.1°C – 23°C, una evapotranspiración potencial anual que fluctúa entre 775 – 1140 mm, una precipitación promedio multianual entre 1.780 - 2.530 mm y un clima templado húmedo (Mendez & Vallejo, 2003). La Vereda presenta dos periodos de lluvias, el primero durante abril y mayo y el segundo entre octubre y diciembre (Mendez & Vallejo, 2003). El relieve se caracteriza por ser ligeramente ondulado, presentando lomas y colinas, con suelos bien drenados moderadamente profundos y originados de rocas ígneas y de cenizas volcánicas siendo así, suelos ácidos (IGAC, 2009). Estas tierras presentan erosión por escorrentía debido al sobre pastoreo que conduce a la formación de "pata de vaca" y cambio del horizonte (IGAC, 2009). En la vereda existe una vocación agrícola con cultivos permanentes semi-intensivos y agroforestales cuyo uso principal es agro-silvo- pastoril (IGAC, 2009). En este municipio se presenta una ganadería extensiva, con una agricultura de cultivos de café, caña de azúcar, yuca, plátano, frutales y algunos lotes reforestados o con explotaciones forestales (IGAC, 2009).

La Sede campestre Los Robles está compuesta por un área de 44 ha distribuidas entre infraestructura, cultivos y bosque secundario, este último ocupa 9 ha del terreno (Certuche & Marulanda, 2002). Por el JBP pasan tres quebradas: Renacer, Corazones y Mano de oso, las cuales drenan hacia el río Los Robles (Guetio & Solarte, 2000), que pertenece a la cuenca del río Cauca. El Jardín Botánico de Popayán corresponde a la formación vegetal de selva Neotropical - Subandina que va desde los 1.000 hasta 2.400 msnm (Cuatrecasas, 1958).

En la composición florística del JBP se encuentran las familias Chlorantaceae, Lauraceae, Clusiaceae, Lamiaceae y Sellaginelaceae Poaceae, Lythraceae, Rubiaceae, Caprifoliaceae, Cecropiaceae, Fabaceae, Chlorantaceae, Lauraceae, Clusiaceae, (Guetio & Solarte, 2002, Chavez & Hutado 2019). Las Familias con mayor abundancia: Rubiaceae, Lauraceae, Melastomataceae, Euphorbiaceae y en menor abundancia Myrtaceae; Las especies con mayor abundancia *Palicourea thysiflora* (Ruiz y pav.) DC, *Cinnamomum triplinerve* (Ruiz y Pav) Kosterm y *Alchornea latifolia* Sw (Chaves & Hurtado, 2019).

La fauna registrada en el JBP en su mayor parte corresponde a especies generalistas y/o comunes (Alegría & Ruiz, 2002) (Tabla 1).

Tabla 1. Grupos de vertebrados e invertebrados reportados en estudios previos en el Jardín Botánico de Popayán, Cauca (Colombia).

Grupo biológico	Clase	Orden o Género /nombre común	Registros	Referencia
Invertebrados	Insecta	Lepidoptera (Mariposas y polillas)	64 especies de lepidopteros diurnos	Vargas & Feriz, 2018
		Himenoptera (Hormigas)	29 especies familia (Formicidae)	Calambas, 2018
		Orthoptera (Grillos)	Se registra la presencia de Grillos	Castro, 2000, Vargas, 2014.
		Coleoptera (Escarabajos)	Este estudio	Este estudio
	Crustacea	*Hypolobocera* (Cangrejos)	86 individuos de cangrejo (Hypolobocera sp)	Mamian & Zamora 2016
Vertebrados	Mammalia	*Delphis* (Zarigüeyas)	Presencia de Zarigüeyas (*Delphis marsupialis* Linnaeus 1758)	Vargas & Feriz, 2018
		Cerdocion (Zorros perro)	Presencia de Zorro perro (*Cerdocion thous* Linnaeus (1776))	
		Leopardus (Tigrillos)	Presencia de Tigrillo (*Leopardus tigrinus* (Shreber, 1775))	
Continua Vertebrados	Continua Mammalia	*Mazama* (Venados)	Presencia de Venado colablanca (*Mazama* sp)	

		Oryctolagus (Conejos)	Presencia de conejo silvestre (*Oryctolagus* sp)	
		Sicurus (Ardillas)	Avistamiento de Ardillas (*Sicurus vulgaris* Linneaus, 1758)	
		Mustela (Comadrejas)	Avistamiento de Comadreja cola larga (*Mustela frenata* Lichtenstein, 1831)	
		Apodemos (Ratones)	Avistamiento de Ratones de Campo (*Apodemos sylvaticus* Linneaus, 1758)	
		Chiroptera (Murcielagos)	13 especies de Quiropteros pertenecientes a las familias Vespertilionidae, Molossidae y Phyllostomidae, esta última comprende ocho especies distribuidas en tres subfamilias Carrollinae, Stendodermatinae y Phyllostominae	Idrobo & Peralta, 2015
	Aves	*Momutus* (Barranqueros)	Especie representativa (*Momotus aequatorialis* Gould, 1858) dentro de los cinco ordenes, 16 familias y 49 especies	Vargas, 2014, Vargas & Feriz 2018
		Cyconorax yncas (Cerajas)	Especie representativa (*Cynocorax yncas* Boaddaert, 1783).	
		Thrauphidae (Tangaras)	Especie representativa (*Thraupidae* sp).	
		Thraupis (Azulejos)	Especie representativa (*Thraupis episcopus* Lineeo, 1766)	
		Zonotrichia (Gorriones)	Especie representativa (*Zonotrichia capensis* Müller, 1776).	
Continua Vertebrados	Continua aves	*Tyranidae* (Toreadores)	Especie representativa (*Tyranidae* sp).	
		Colaptes (Carpinteros)	Especie representativa (*Colaptes* sp).	

Amphibia	*Pristimantis* (Ranas o Sapos)	Presencia de *Pristimantis taeniatus* cf (Boulenger, 1912)	Vargas & Feriz, 2018, Tiandoy, 2019
		Presencia de *Pristimantis leoni* cf (Lynch, 1976)	
		Presencia de *Pristimantis w-nigrum* (Boettger, 1892)	
	Colostethus (Ranas o Sapos)	Presencia de *Colostethus fraterdanieli* (Silverstone, 1971)	
	Dendropsophus (Ranas o sapos)	Presencia de *Dendrosophus colombianus* (Boulenger, 1892)	
Reptilia	*Lampropeltis* (Serpientes o Culebras)	Presencia de Falsa Coral (*Lampropeltis triangulum* LaCépédé, 1788)	Vargas & Feriz, 2018
	Chironius	Presencia de Jueteadora (*Chironius montícola* Roze, 1952)	
	Micrurus	Presencia de Coral (*Micrurus* sp)	
		Presencia de Rabo de ají (*Micrurus mipartitus* Duméril, Bibron & Duméril, 1854)	
	Sibon	Presencia de Culebra huertera (*Sibon nebulatus* Linnaeus, 1758)	
	Atractus	Presencia de Sabanera (*Atractus* sp)	
	Anolis (Lagartija)	Se registra presencia de lagartija (*Anolis auratus* Daudin, 1802)	
	Pholidobolus (Lagartija)	Presencia de *Pholidobolus vertebralis O'shaughnessy, 1879*	
Peces	Se registran tres géneros de peces		

2.2 Puntos de muestreo

En el área de estudio (JBP) se seleccionaron tres puntos de muestreo que

corresponden a tres hábitats de uso de suelo: Arboretum, Bosque y Cultivo de café (Fig. 1).

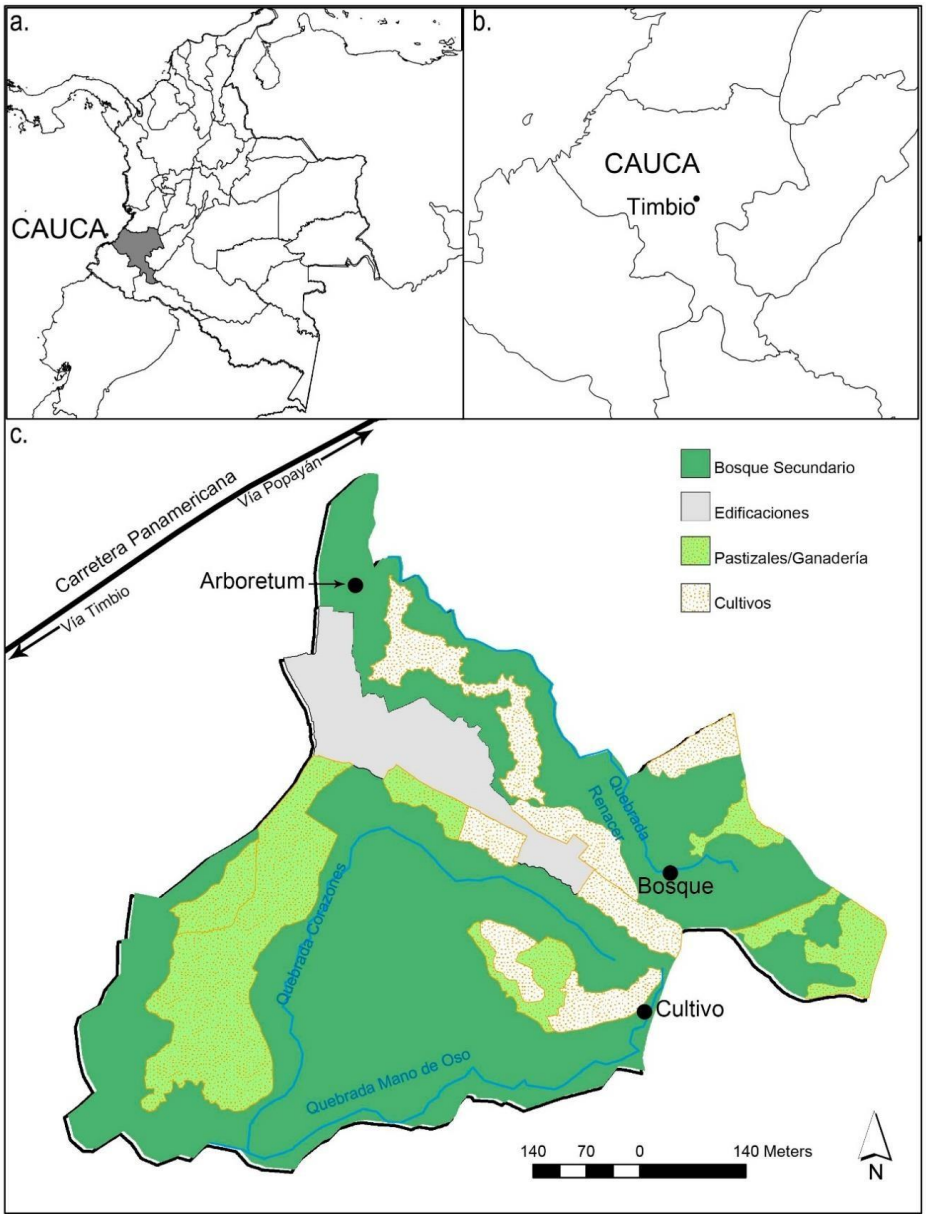

Figura 1. Ubicación geográfica del JBP. a) Departamento del Cauca – Colombia (en gris), b) Municipio Timbío y c) Sede campestre los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán mostrando los puntos de muestreo en este estudio: Arboretum, Bosque y Cultivo de café. Los colores representan diferentes coberturas vegetales y edificaciones.

El Arboretum como unidad de paisaje pertenece al bosque secundario, tiene un área aproximada de 1 ha, se encuentra rodeado por un costado de cultivos de café y plátano, al otro costado edificaciones (salones y cafetería) junto con la carretera de entrada a la Institución

(Fig. 1). Por su conexión al bosque segundario debe considerarse como un ecotono. Es una zona importante del JBP, siendo la parte más antigua en cuanto a conservación "*ex situ"* además que es la ruta utilizada por la mayoría de visitantes y estudiantes, por su atractivo paisaje, por su fácil acceso, poca inclinación y senderos bien definidos.

El Boque posee la mayor extensión del campus, la zona de conservación se encuentra representada en un área de 31.6 h (Bambague & Arboleda, 2017). El fragmento específico donde se instaló la parcela se encuentra al lado de la quebrada Renacer, la cual está rodeada de parches de bosque, cultivos, zonas de pastoreo y viviendas rurales (Fig. 1). La quebrada delimita con predios privados que no hacen parte del área de protección de JBP, constantemente se encuentra sometida por la presión antrópica representada en su mayoría por huertas caseras como yuca, plátano, café, caña de azúcar y algunos frutales, mientras que otras áreas de menor extensión se destinan al pastoreo en menor escala (Certuche & Marulanda, 2002).

En el Cultivo de café, la parcela establecida, cuenta con un área aproximada de 6000 m^2 (Bambague & Arboleda, 2017) se encuentra a pocos metros de la Quebrada Mano de Oso que también delimita con predios privados que no pertenecen al área de protección del JBP. Está Quebrada casi no posee un área forestal que proteja el borde del cauce (aunque es solo una pequeña porción de la Quebrada la que se encuentra en medio de estos dos predios) solo pequeños arbustos, por el contrario, el lado opuesto pertenece a los predios del JBP, que se encuentran constituidos por estratos arbóreos y arbustivos (Certuche & Marulanda, 2002).

2.3 Datos climáticos

Los datos de precipitación y temperatura para los meses de septiembre, octubre y noviembre del año 2018 fueron basados en la información disponible en la página web https://www.weather-ol.com/es/colombia/popayan-clima#temperature).

2.4 Trabajo de campo y laboratorio

Se realizaron 22 muestreos repartidos entre septiembre, octubre y noviembre de 2018 que

corresponde a la época de lluvia (Mendez & Vallejo, 2003). En cada uno de los puntos de muestreo (Arboretum, Bosque y Cultivo de café) se instaló un transecto lineal conformado por seis trampas *pitfall* compuestas por dos vasos plásticos desechables de 16 oz que contenían agua y detergente, la distancia entre las trampas fue de 10 m por transecto, cubriendo un área de 30 m por hábitat. Como cebo se utilizó excremento humano fresco, este cebo se encontraba suspendido en el aire sobre el vaso, en una maya de nylon, la cual estaba amarrada a una rama. Los muestreos se realizaron cada semana muestreando tres días consecutivos los tres hábitats. Después de la primera activación de las trampas y trascurridas 24 h se recogían los individuos de las trampas y se volvía a cebar para volver a recoger los individuos 24 h después y al tercer día solo se recolectaban los individuos de las trampas. Consiguiendo tres eventos de muestreo por semana para cada hábitat. Las muestras fueron conservadas en bolsas ziploc con alcohol al 96% y guardadas en el laboratorio de la FUP sede campestre Los Robles.

Posterior a la fase de campo se realizó la identificación taxonómica a nivel de especie utilizando diferentes claves taxonómicas (Fig. 2) (Edmonds & Zidek 2004, Camero 2010, Vaz-de- Mello *et al.,* 2011), con la ayuda del codirector y entomólogo experto en la subfamilia Scarabaeinae Jorge Ari Noriega (CJAN) y la colección de referencia de la Universidad de los Andes (EANDES).

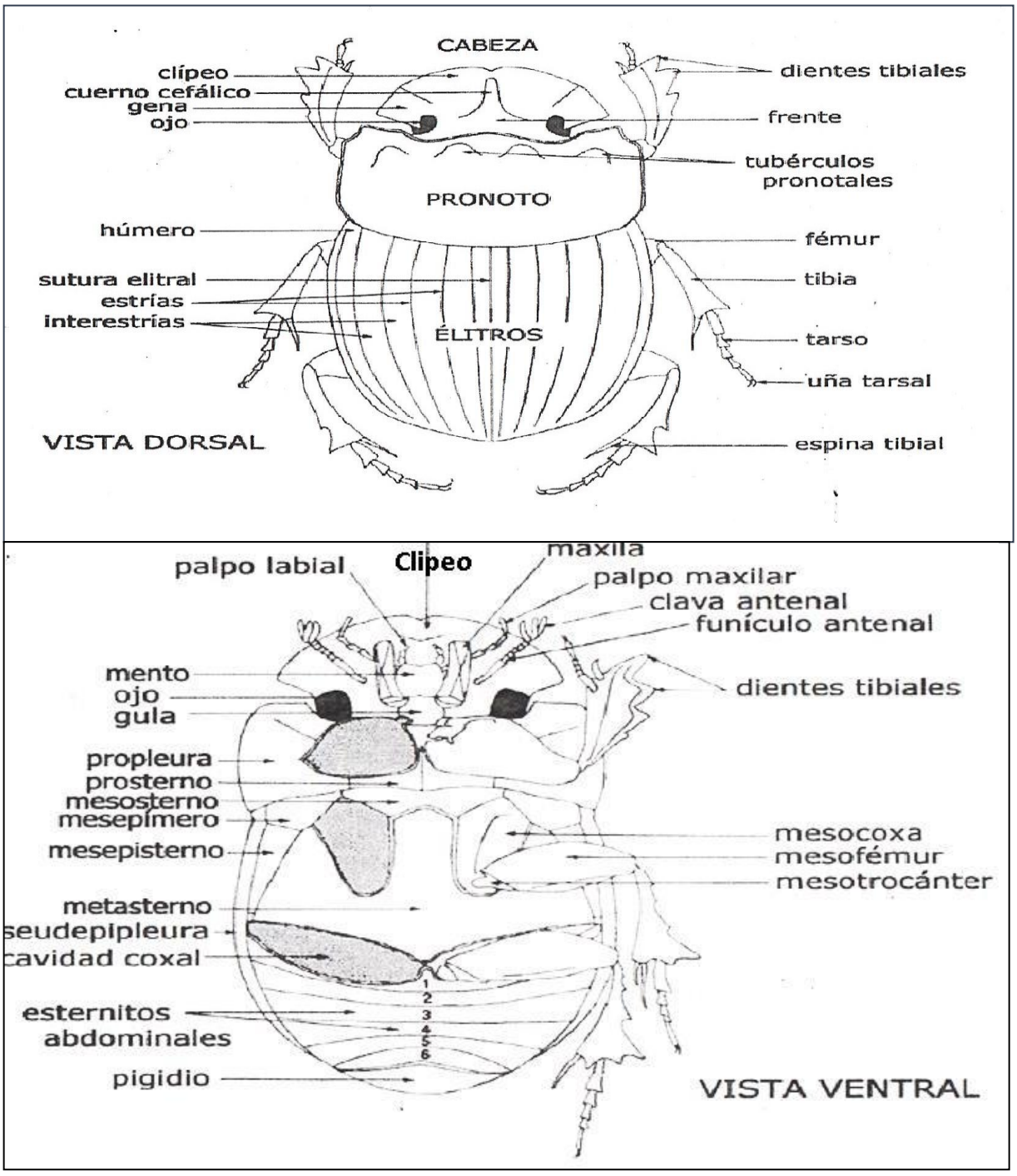

Figura 2. Morfología externa de Scarabaeinae. Arriba Vista Dorsal, abajo vista ventral. Tomado de Vaz-de-Mello et al., 2011.

2.5 Análisis estadístico

Se realizaron curvas de acumulación de especies para cada uno de los hábitats para determinar la eficiencia de muestreo con el software EstimateS v.9, En este análisis se tienen en cuenta el transecto con el valor de los muestreos (Sobs), los estimadores *singletons* (especies representadas por un individuo), *doubletons* (especies representadas por dos individuos) y el índice Chao-1.

Se estimaron y analizaron los índices de diversidad para cada hábitat. La riqueza especifica con el índice de Margalef y para calcular el grado de dominancia en la abundancia relativa de las especies se usó el índice de Simpson (Villareal *et al*., 2004). Para la equidad y abundancia proporcional se utilizó el índice de Shannon-Wiener.

2.6 Lista de especies y gremios

Se generó un listado de especies de la subfamilia Scarabaeinae para el Jardín Botánico de Popayán. Se realizó un análisis cualitativo de la estructura de los grupos funcionales del ensamblaje (gremios + tamaños).

3. RESULTADOS

3.1 Representatividad del muestreo de escarabajos coprófagos en el Jardín Botánico de Popayán

La representatividad del muestreo para cada hábitat se expresa a través del comportamiento asintótico de las curvas en cada estimador, las especies observadas (Sobs), y al cruzarse la curva de los *singletons* con los *doubletons* (Fig. 3), evidencia que las especies únicas disminuyen y se convierten en especies con dos registros. El estimador Chao 1 sugiere que podrían existir más especies presentes en el JBP, aunque también demostró con valores que la eficiencia de muestreo en el Arboretum fue del 96%, en el Bosque y Cultivo de café 100%. Para el Arboretum (Fig. 3a) los *singletons* se cruzan con los *doubletons* al principio de los muestreos, para el hábitat del Bosque (Fig. 3b) estos se cruzan al final al igual que para el Cultivo (Fig. 3c).

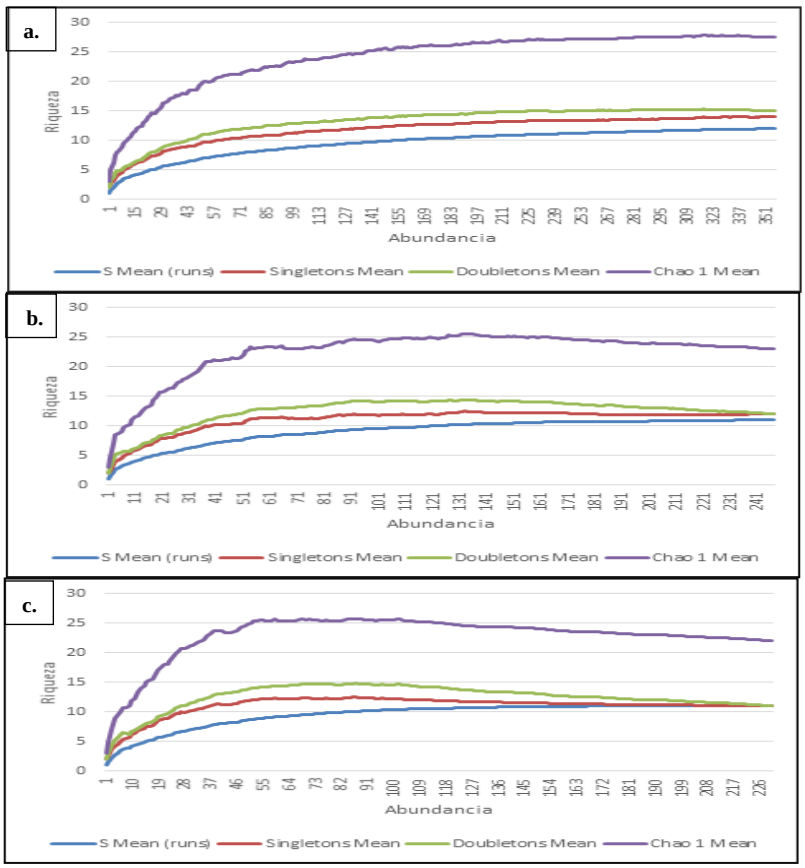

Figura 3. Curva de acumulación de especies de escarabajos coprófagos colectados en a) Arboretum, b) Bosque, c) Cultivo de café del Jardín Botánico de Popayán (Cauca- Colombia).

3.2 Composición de los escarabajos coprófagos en el Jardín Botánico de Popayán.

3.2.1 Abundancia y riqueza general del ensamblaje de escarabajos coprófagos en el Jardín Botánico de Popayán.

Se capturaron un total de 833 individuos representados en siete géneros y seis tribus con 12 especies (Tabla 2). Los individuos encontraos pertenecen al gremio de los paracopridos, excepto por una tribu y un género. En orden de abundancias, la especie más abundante de la tribu Coprini fue *Ontherus lunicollis* Génier, 1996 (Fig. 6) que presento la mayor cantidad de individuos (Tabla 2). La tribu Onthophagini presento la segunda especie más abundante aunque el género *Onthophagus* estuvo representado con dos especies, *Onthophagus* cf. *curvicornis* Latreille, 1811 (Fig. a13) (n=295) y *Onthophagus* aff. *nasutus* Guérin-Méneville, 1855 (Fig. b13) (n=44). La tribu más diversa fue Dichotomiini con dos géneros y cinco especies, el género *Dichotomius* representado con dos especies *Dichotomius quinquelobatus* (Felsche, 1901) (Fig. 10) (n=21) y *Dichotomius belus* (Harold, 1880) (Fig. 9) (n=9). El género *Canthidium* fue el género más diverso con tres especies, *Canthidium* aff. *steinheili* Harold, 1880 (Fig. a7) (n=14), *Canthidium* sp. 1 (Fig. b7) (n=20) y *Canthidium* sp. 2 (n=11) (Fig. 8). La tribu Ateuchini representada con el género *Uroxys* con la especie *Uroxys* cf. *pauliani* Balthasar, 1940 (Fig. 5) (n=30). La tribu Oniticellini con el género *Eurysternus* son los únicos individuos endocpridos o residentes, representados con dos especies, *Eurysternus marmoreus* Castelnau, 1840 (Fig. 11) (n=10) y *Eurysternus mexicanus* Harold, 1869 (Fig. 12) (n=11) y el único individuo que represento la tribu Phanaeini del género *Oxysternon* fue la especie *Oxysternon conspicillatum* (Weber, 1801) (Fig. 14) en el Arboretum (Tabla 2).

La especie dominante fue *Ontherus lunicollis* Génier, 1996 (n=367) y la menos *Oxysternon conspicillatum* (Weber, 1801).

Entre las especies registradas cuatro conforman nuevos registros para el departamento del Cauca, *Uroxys* cf. *pauliani* Balthasar, 1940 *Canthidium* aff. *steinheili* Harold, 1880, *Onthophagus* aff. *nasutus* Guérin-Méneville, 1855 y *Eurysternus mexicanus* Harold, 1869 (Tabla 2).

Tabla 2. Listado de Especies con sus respectivas abundancias (Número de individuos) e Índices de diversidad registradas en los diferentes puntos de muestreo (Arb=Arboretum, Bos=Bosque secundario, Cul=Cultivo de café) del Jardín Botánico de Popayán, Cauca – Colombia. GF: Gremio funcional (P=Paracópridos, E=Endocópridos); Tamaño: g=grande (>18 mm), m=mediano (18 a 10 mm), p=pequeño (< 10 mm). * indica nuevos registros para el Cauca.

Taxa			**GF**	**Abundancia por habitat**			
Tribu	**Genero**	**Especie**	**tamaño**	**Arb**	**Bos**	**Cul**	**Abundancia total (%) por taxa**
Ateuchini	*Uroxys*	*Uroxys* cf. *pauliani* Balthasar, 1940*	Pp	14	5	11	30 (3.6)
Coprini	*Ontherus*	*Ontherus lunicollis* Génier, 1996	Pm	183	93	91	367 (44.1)
Dichotomiini	*Canthidium*	*Canthidium* aff. *steinheili* Harold, 1880*	Pp	3	5	6	14 (1.7)
		Canthidium sp. 1	Pp	6	8	6	20 (2.4)
		Canthidium sp. 2	Pp	1	7	3	11 (1.3)
	Dichotomius	*Dichotomius belus* (Harold, 1880)	Pm	5	1	3	9 (1.1)
		Dichotomius quinquelobatus (Felsche, 1901)	Pg	12	3	6	21 (2.5)
Oniticellini	*Eurysternus*	*Eurysternus marmoreus* Castelnau, 1840	Em	2	3	5	10 (1.2)
		Eurysternus mexicanus Harold, 1869*	Em	3	3	5	11 (1.3)
Onthophagini	*Onthophagus*	*Onthophagus* cf. *curvicornis* Latreille, 1811	Pp	111	102	82	295 (35.4)
		Onthophagus aff. *nasutus* Guérin-Méneville, 1855*	Pp	15	17	12	44 (5.3)
Phanaeini	*Oxysternon*	*Oxysternon conspicillatum* (Weber, 1801)	Pg	1	0	0	1 (0.1)
		Riqueza (Número de especies)		12	11	11	12
		Abundancia total por habitat		356	247	230	833
		Porcentaje de individuos (%)		42.74	29.65	27.61	100
		Índice Margalef		1.872	1.815	1.838	
		Índice Simpson D-1		0.633	0.68	0.863	
		Shannon-Wiener		1.352	1.47	1.599	

3.2.2 Abundancia y riqueza de tribus por género del ensamblaje de escarabajos coprófagos en los tres habitas muestreados en el Jardín Botánico de Popayán.

Dentro de los géneros que se encontraron en el ensamblaje del Jardin Botanico de Popayan se registró dominancia por *Ontherus* y *Onthophagus*. En el hábitat del Arboretum domino el género *Ontherus* (Fig 4a) en el Bosque el género dominante fue *Onthophagus* (Fig. 4b) aunque este género se encontró representado por dos especies, la dominante fue *O. curvicornis* para cada hábitat. En el Cultivo la dominancia de géneros, aunque sigue siendo marcada, resulto ligeramente menor que en los otros dos hábitats componiéndose de una mayor abundancia para los otros géneros (Fig. 4c).

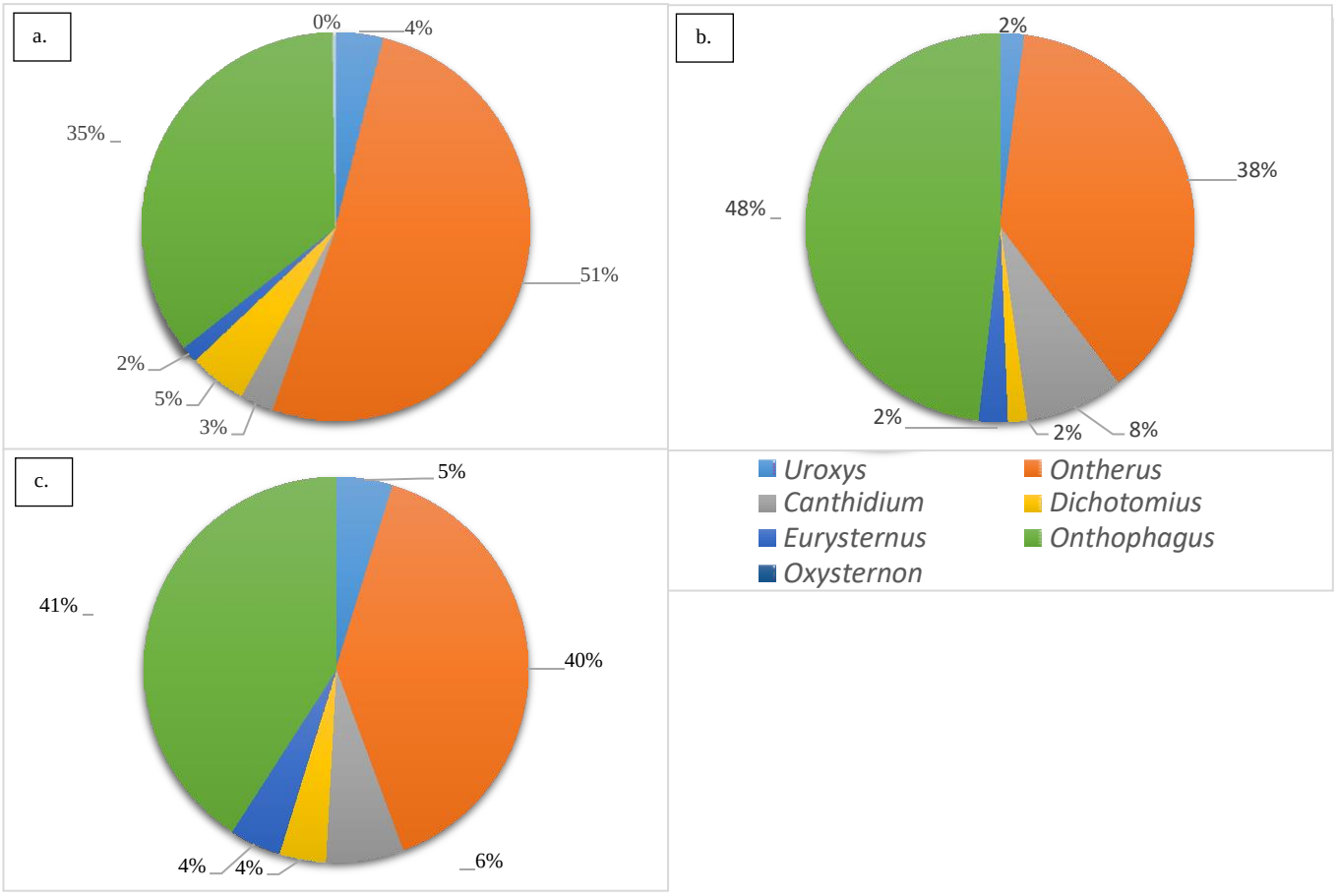

Figura 4. Abundancia de géneros en el Arboretum, Cultivo de café y Bosque secundario para el Jardín Botánico de Popayán (Cauca – Colombia).

3.2.3 Índices de diversidad de los escarabajos coprófagos en el Jardín Botánico de Popayán

En el Arboretum se registró el 42.7% (Tabla 2) del total de individuos, siendo el hábitat con mayor abundancia (n =356) y riqueza (H =12) (Tabla 2). Se obtuvo el mayor valor para el índice de Margalef (1.872), el valor más bajo para el índice de Simpson (0.633) (Tabla 2) y el índice de Shannon-Wiener (1.352). Al estimar los valores de los índices al final del muestreo no mostraron una diferencia marcada, sin embrago los valores de los índices entre meses si se diferenciaron (Tabla 3). Los valores por mes variaron un poco más, obteniendo el más alto para Margalef en el mes de octubre, aunque el índice de Simpson fue mayor en septiembre junto con el índice de Shannon-Wiener (Tabla 3).

El Bosque represento cerca del 30% del total de los individuos (Tabla 2) con una abundancia intermedia (n=247) y riqueza (H=11) (Tabla 2). Para los índices, el de Margalef (1.815) presento el valor más bajo entre hábitats, el índice de Simpson (0.68) y Shannon-Wiener (1.47) (Tabla 2). Al estimar los valores de los índices al final del muestreo no mostraron una diferencia marcada, sin embargo, los valores entre meses si se diferenciaron (Tabla 3). El índice de Margalef fue mayor en el mes de octubre (1.819), el índice de Simpson fue mayor en el mes de septiembre y el índice de Shannon-Wiener en octubre (Tabla 3).

El Cultivo represento el 27.6% (Tabla 2) del total de los individuos, con una abundancia relativamente baja (n=230) y riqueza (H=11) (Tabla 2). Para los índices, el de Margalef (1.838), el índice de Simpson (0.863) fue el mayor para los tres hábitats junto con el índice de Shannon-Wiener (1.599) (Tabla 2). Al estimar los valores de los índices al final del muestreo no mostraron una diferencia marcada, sin embargo, los valores de los índices entre meses si se diferenciaron (Tabla 3). Los índices para este hábitat fueron los mayores registrados en el mes de octubre, Margalef (2.104), Simpson (0.727) y el índice de Shannon-Wiener (1.649) (Tabla 3).

Tabla 3. Valores de los índices de diversidad de Scarabaeinae en los tres hábitats: Arboretum, Bosque secundario y Cultivo de café el Jardín Botánico de Popayán, Cauca (Colombia) durante cada mes de muestreo de - 2018

Mes	Índices	Arboretum	Bosque	Cultivo
Septiembre	Margalef	1,335	1,553	1,979
	Simpson_ 1-D	0,745	0,72	0,7196
	Shannon_H	1,474	1,491	1,589
Octubre	Margalef	1,773	1,819	2,104
	Simpson_ 1-D	0,6191	0,6959	0,7272
	Shannon_H	1,317	1,522	1,649
Noviembre	Margalef	1,354	1,365	1,733
	Simpson_ 1-D	0,6134	0,6103	0,6411
	Shannon_H	1,202	1,176	1,381

Tribu Ateuchini

El género *Uroxys* los individuos son generalmente pequeños aunque varían en el tamaño entre 3 – 11 (Cultid *et al.*, 2012). Estos individuos se distinguen por ser dorsalmente aplanados, de cuerpo liso, clípeo con dos dentículos y la fóvea lateral del pronoto, alargada formando una depresión longitudinal, sus élitros no presentan puntos marcados ni setas y cabeza transversal sin carina (Medina & Lopera, 2000).

En este estudio *U.* cf. *pauliani* (Fig. 5) midió entre 5-8 mm y pertenece al gremio de los Paracópridos (Tabla 2). La especie *U.* cf. *pauliani* (Fig. 5) representó aproximadamente el 3.6% del total de los individuos, presente en los tres hábitats, con mayor abundancia en el Arboretum.

Figura 5. Vista ventral y dorsal de *Uroxys* cf. *pauliani* encontrado en el Jardín Botánico de Popayán, Cauca (Colombia).

Tribu Coprini

El género *Ontherus* se caracteriza por su clípeo entero sin dientes y rugoso en su posición dorsal; cuernos en la cabeza de machos y protuberancias en el pronoto. El dimorfismo sexual de este género no resulta tan evidente como en otros coleópteros coprófagos (Cultid *et al.*, 2012). *Ontherus lunicollis* (Fig. 6), encontrada en este estudio, generalmente de tamaño mediano (9-14 mm) y pertenecientes al gremio de los paracópridos (Tabla 2).

La especie *O. lunicollis* (Fig. 6) fue la especie de mayor abundancia en este estudio, con más del 40% del total de los individuos (Tabla 2). Esta especie se encontraba presente en los tres hábitats, la mayor abundancia de esta especie se encontró en el Arboretum donde se capturaron la mitad de los individuos,

Figura 6. Vista dorsal y ventral *Ontherus lunicollis* encontrado en el Jardín Botánico de Popayán, Cauca (Colombia).

Tribu Dichotomiini

El género *Canthidium* se distingue por sus tibias medias y posteriores alargadas, delgadas y curvadas, ojos visibles dorsalmente, élitros lisos y lustrosos sin quillas entre estrías elitrales ni tubérculos apicales, clípeo bidentado y mesoterno reducido (Cultid *et al.*, 2012). Los individuos representados fueron de tamaño pequeño (7 – 9 mm) y del gremio de los paracópridos (Tabla 2).

Este género fue el más diverso en este estudio (Fig. 6 y 7) con tres especies *C.* aff. *steinheili* (Fig. 7 a), *Canthidium* sp. 1 (Fig. 7b) y *Canthidium* sp. 2 (Fig. 8) aunque sus abundancias fueron un poco diferentes, siendo *Canthidium* sp. 1 el más abundante en casi todos los hábitats, seguido de *C.* aff. *steinheili* y la especie menos abundante del género *Canthidium* sp. 2, Representando cerca del 5.4% del total de los individuos.

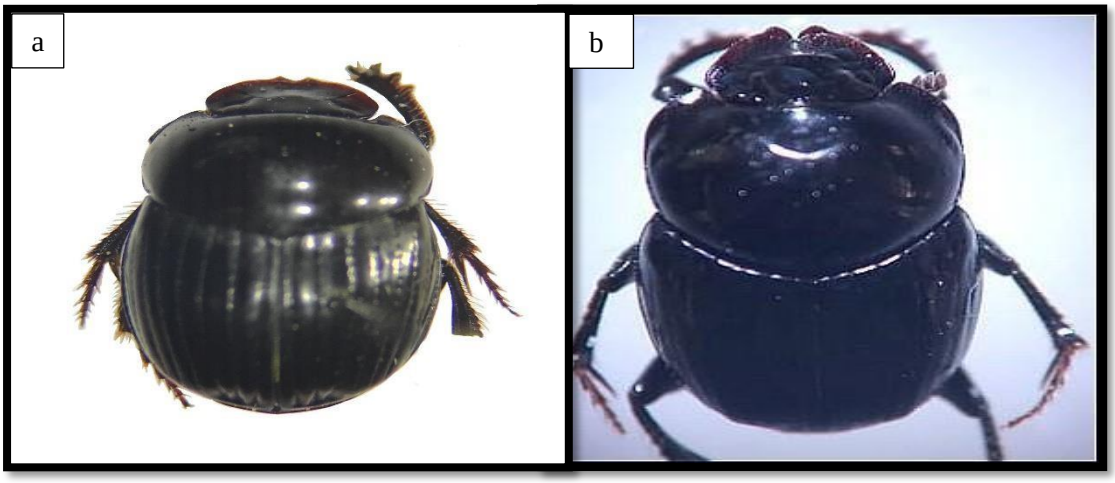

Figura 7. *Canthidium aff. steinheili* (a) (Foto Cs 1), vista dorsal *Canthidium* sp. 1 (b) encontrados en el Jardín Botánico de Popayán (Cauca Colombia).

Figura 8. Vista dorsal de *Canthidium* sp. 2 encontrado en el Jardín Botánico de Popayán (Cauca Colombia).

El género *Dichotomius* se caracteriza por tener un cuerpo robusto, negros, opacos o lustrosos, presentan un marcado dimorfismo sexual con cuernos y tubérculos en la cabeza y pronoto de los machos (Cultid *et al.*, 2012). *D. belus* (Fig. 9) tiene individuos de tamaño mediano (15 – 20 mm) y pertenecen al gremio de los paracópridos (Tabla 2). *D. Quininchelobatus* tiene individuos son un poco más grandes (17 – 23 mm) pertenecientes al gremio de los paracópridos.

Para este estudio se encontraron dos especies pertenecientes a este género, la especie *D. belus* (Fig. 9) que no fue muy abundante, con un solo individuo en el Bosque.

Figura 9. Vista dorsal *Dichotomius belus* encontrado en el Jardín Botánico de Popayán, Cauca (Colombia).

La especie *D. quinquelobatus* (Fig. 10) presento poco más del doble de individuos, concentrando su mayor abundancia en el Arboretum (Tabla 2).

Figura 10. Vista dorsal Dichotomius quinquelobatus encontrado en el Jardín Botánico de Popayán (Cauca Colombia).

Tribu Oniticellini

El género *Eurysternus se* distingue porque es uno de los dos géneros que presentan el escutelo visible en la base de los élitros, son de forma rectangular y dorsalmente aplanados, su cuerpo es de textura rugosa, no presentan cuernos o protuberancias en la cabeza y el pronoto (Cultid *et al.*, 2012). Representado con dos especies, *E. marmoreus* (Fig. 11) y *E. mexicanus* (Fig. 12). Estas dos especies tuvieron abundancias muy similares en los tres hábitats, de tamaño mediano (8 – 14 mm) siendo los únicos representantes del gremio de los endocópridos (Tabla 2).

Figura 11. Vista dorsal de *Eurysternus marmoreus* encontrado en el Jardín Botánico de Popayán (Cauca – Colombia).

Figura 12. Vista dorsal *Eurysternus mexicanus* encontrado en el Jardín Botánico de Popayán, (Cauca – Colombia). (Foto Em1)

Tribu Onthophagini

El género *Onthophagus* se caracteriza por presentar en vista dorsal una proporción desigual entre la longitud de tórax y abdomen, así el tórax es más desarrollado que en otros géneros. Presenta un dimorfismo sexual marcado en la forma del clípeo, presencia de cuernos cefálicos en los machos y protuberancias en el pronoto (Cultid *et al.*, 2012). Las especies de este género son pequeñas y representan al gremio de los paracópridos (Tabla 2). *O.* cf. *curvicornis* (Fig. 13A) mide 6 – 10 mm. *O.* aff. *masutus* (Fig. 13B) 4 – 8 mm.

Representado con dos especies, la segunda más abundante en el estudio *O.* cf. *curvicornis* (Fig. a13) con su mayor abundancia en el Arboretum, La especie *O.* aff. *masutus* (Fig.b13) presente en los tres hábitats con una abundancia significativamente menor.

Figura 13. Vista dorsal de *Onthophagus* cf. *curvicornis* (izquierda) y *Onthophagus* aff *nasutus* encontrados en el Jardín Botánico de Popayán (Cauca – Colombia).

Tribu Phanaeini

El género *Oxysternon* se caracteriza por presentar especies medianas y grandes (10-35 mm), son robustos de cuerpo corto color verde esmeralda; presentan dimorfismo sexual marcado, los machos presentan cuernos grandes en la cabeza y tubérculos en el pronoto (Cultid *et al.*, 2012) Para este género solo se atrapo un individuo *O. conspicillatum* (Fig. 14)

En el Arboretum, el individuo más grande (20 mm) representando al gremio de los paracópridos (Tabla 2).

Figura 14. Vista dorsal de *Oxysternon conspicillatum* encontrado en el Jardín Botánico de Popayán (Cauca – Colombia).

3.3 Estructura de Scarabaeinae en el Jardín Botánico de Popayán

La estructura funcional no vario significativamente entre hábitats, ya que todos presentaron las mismas especies y grupos funcionales, solo variaron ligeramente las abundancias (Tabla 2). El único individuo con un solo registro fue *O. conspicillatum* en el Arboretum. La estructura funcional estuvo dominada por los pequeños paracópridos.

Con respecto a los grupos funcionales del Arboretum (gremio + tamaño) el mayor número de especies en general son paracópridos (Tabla 2) pero la mayor abundancia fue la de los pequeños paracópridos (Pp = 6) (al cual pertenece la segunda especie más abundante), dentro del mismo gremio se encontraron los paracópridos medianos (Pm = 2) (al cual pertenece la primera especie más abundante) y los paracópridos grandes (Pg = 2). Para el gremio de los endocópridos se registraron dos especies de tamaño mediano (Em = 2). No se registraron especies pertenecientes al gremio de los telecópridos. *O. conspicillatum* perteneciente al gremio de los grandes paracópridos, consolida el Arboretum como el único hábitat con dos paracópridos grandes (Tabla 2).

En el Bosque el grupo funcional con mayor número de especies son los paracópridos (Tabla 4), específicamente los pequeños (Pp = 6) los medianos (Pm = 2) y los grandes (Pg = 1). Para el gremio de los endocópridos se registraron dos especies de tamaño mediano (Em = 2). No se registraron especies pertenecientes al gremio de los telecópridos (Tabla 2).

Con respecto al grupo funcional en el Cultivo el mayor número de especies en general son paracópridos (Tabla 2) pero la mayor abundancia la presentaron los pequeños paracópridos (Pp = 6), los medianos (Pm = 2) y los grandes (Pg = 1). Para el gremio de los endocópridos se registraron dos especies de tamaño mediano (Em = 2). No se registraron especies pertenecientes al gremio de los telecópridos.

3.4 Variación temporal de Scarabaeinae en el Jardín Botánico de Popayán

Durante los meses de muestreo la precipitación aumento y fue inversamente proporcional al promedio de temperatura, que disminuyo a través de los meses (septiembre 24,8 °C, Octubre 24,1°C y Noviembre 23,8 °C). Para los tres hábitats la riqueza de escarabajos coprófagos incremento de septiembre (H= 10) a octubre (H= 11) y en noviembre el hábitat del Arboretum (H=12) registro el único individuo *Oxysternon conspicullatum* (Fig. 15). La abundancia de especies para cada hábitat también aumento a través de los meses, septiembre (n= 102), octubre (n=373) y disminuyendo un poco en noviembre (n=358).

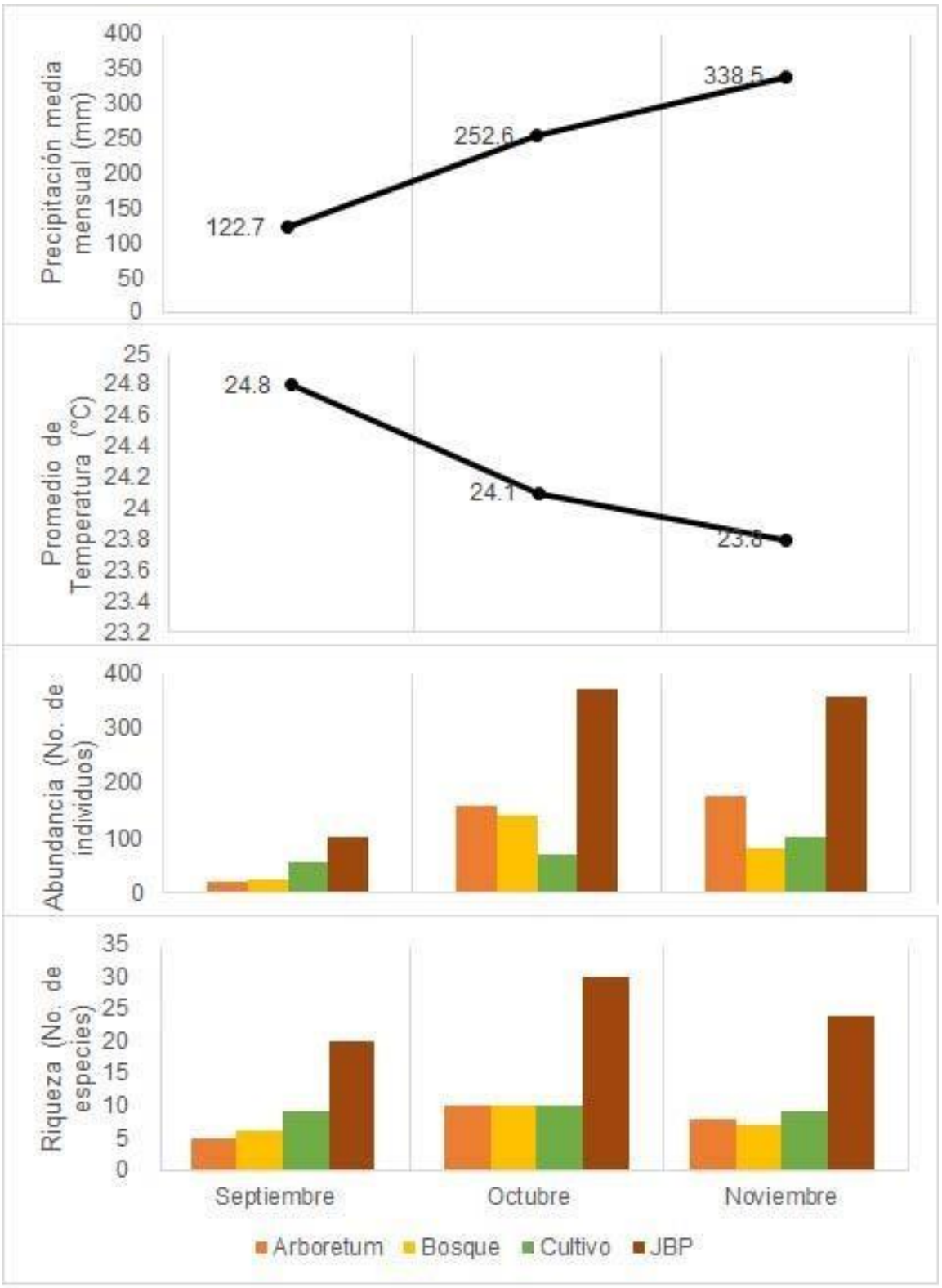

Figura 15. Variación mensual de la precipitación y temperatura en la ciudad de Popayán y abundancia y riqueza de Scarabaeinae en el Jardín Botánico de Popayán (JBP) (Cauca – Colombia).

4. DISCUSIÓN

4.1 Diversidad y estructura del ensamblaje de escarabajos coprófagos

Las curvas de acumulación y los valores de eficiencia demuestran que para cada hábitat los muestreos fueron eficientes. Aunque Chao 1 sugiere que podrían existir más especies la curva asintótica por parte de los demás estimadores es casi horizontal, disminuyendo la expectativa de capturar nuevas especies.

La diversidad de escarabajos coprófagos en los tres hábitats muestreados del JBP corresponde a una diversidad baja, comparado con otro estudios del departamento del Cauca se encuentra similitud en la composición del ensamblaje, con la dominancia de *Ontherus lunicollis* (Locarno *et al.,* 2010) y en el PNN Munchique en la vereda el Rosal con el registro de 12 especies en la zona más intervenida (Narvaez, 2002). Comparado también con otros estudios en sitios de altitud similar también se encuentra la dominancia de *Onthophagus* cf. *Curvicornis* y la ausencia de telecopridos (Noriega *et al*., 2012), dentro de la estructura de estos ensamblajes, la baja riqueza, abundancia, dominancia y ausencia de telecopridos en los hábitats muestreados corresponde a hábitats perturbados. Los continuos disturbios y grado de fragmentación demuestran una marcada perturbación antrópica, representada con una baja diversidad de escarabajos coprófagos y la ausencia de gremios.

Lo que evidencia el grado de perturbación, ya que se ha registrado una importante mayor riqueza y abundancia de especies en otras localidades del departamento que hacen parte de zonas de conservación (Narvaez, 2002, Huertas & Arias, 2007, García & Locarno, 2004) aunque también es importante tener en cuenta que estos muestreos en estos sitios de mayor riqueza y abundancia se han realizado de una manera más prolongada, abarcando periodos de alta y baja precipitación durante todo el año. También el uso de trampas adaptadas para cebos necrófagos y los hábitats muestreados son más extensos, cubriendo una mayor área por hábitat.

La comparación con otras zonas muestreadas en el Cauca (Narvaez, 2002, García & Locarno, 2004, Huertas & Arias, 2007, Locarno et al., 2010) permitió determinar que *Uroxys pauliani*, *Canthidium* aff. *steinheili, Eurysternus mexicanus y Onthophagus.* aff. *nasutus,* son nuevos registros para el departamento, aunque estas cuatro especies al igual que las demás especies registradas en este estudio se encuentran registradas para la región Andina (Herrera *et al.,* 2015). Las dos especies más abundantes del JBP hacen parte de las especies más

abundantes de Colombia (Noriega *et al.,* 2015).

El departamento del Cauca es en extremo diverso en ecosistemas, ya que hace parte de tres regiones naturales del país, abarcando costa pacífica, zona Andina y Amazonia por la bota Caucana, a pesar de ser un departamento muy diverso en ecosistemas (Mota *et al.,* 1998), representa pocas publicaciones en estudios de escarabajos coprófagos. Las zonas poco muestreadas requieren campañas intensivas y un incremento en el número de localidades, especialmente en aquellas zonas aisladas y lejanas de los centros urbanos (Noriega *et al.*, 2015).

4.2 Estructura del ensamblaje en el tiempo

La diversidad y composición del ensamblaje de escarabajos coprófagos no varió significativamente entre los tres hábitats (Arboretum, Bosque y Cultivo de café) del JBP pero sí entre meses de muestreo donde se registraron cambios en la precipitación y la temperatura. La primera variable ambiental aumento con el transcurso de los meses (septiembre-noviembre) mientras que la segunda disminuyo. Así, la abundancia de escarabajos de los hábitats aumentó de septiembre a octubre y manteniéndose en el mes de noviembre o tendiendo a disminuir para el caso del Bosque (Fig. 17).-Ha sido demostrado que parámetros ambientales como la temperatura y precipitación afectan la distribución espacial y temporal de Scarabaeinae (Halfter & Edmonds, 1982). La interpretación de la relación entre abundancias y precipitación por hábitats puede explicarse por las condiciones biofísicas da cada hábitat ya que tanto el Arboretum como el Cultivo se localizan en las partes altas de los relieves lo cual les ofrece una mejor escorrentía que no permitió la inundación de algunas trampas de captura mientras que para el fragmento de Bosque en general se ubica en la parte baja del relieve. Las precipitaciones más intensas afectaron directamente los resultados en la abundancia de escarabajos.

La relación entre riqueza y abundancia con la estacionalidad de este estudio con otros estudios del departamento del Cauca, no es comparable, ya que los estudios posteriores cuentan con la información de los meses de muestreo, pero no con los datos de estas variables ambientales (García & Locarno, 2004 Huertas & Arias, 2007, Locarno *et al*., 2010).

4.3 Preferencias tróficas

Las especies encontradas en este estudio son de hábitos generalistas ya que ninguna es indicadora de un alto estado de conservación. Como es el caso de la reserva natural en Tambito donde la especie *Sulcophaneus velutinus* (Murray 1965) la cual se conoce que se encuentra asociada a bosques nativos y en proceso de regeneración (entre 10 y 15 años) y cuenta con muy poca capacidad de penetrar zonas derivadas de la actividad humana (Escobar, 2003) estuvo representada con dos individuos, un individuo en un bosque secundario temprano (aproximadamente 15 años) y un individuo en un bosque secundario maduro (aproximadamente 30 - 40 años).

El hábitat con mayor riqueza y abundancia fue el Arboretum, a pesar de que presento una especie (*O. conspicillatum*) con un solo individuo más que los otros hábitats. Es una especie muy común de hábitats abiertos (Medina, *et al.*, 2012), como paracóprido grande no marca mayor diferencia ya que es una especie común y hace parte del gremio dominante. Lo más probable es que también se encuentre en los hábitats de Bosque y Cultivo de café y con un muestreo más prolongado pueda ser colectada. De igual manera este hábitat fue dominado por otras especies del mismo género (*O. lunicollis* y *O. Curvicornis*). La mayor captura de individuos en total y el mayor número de individuos del género *Dichotomius* en este hábitat puede atribuirse a su geomorfología (planicie) y estratificación vegetal (arbórea) conforman un área más homogénea.

Los valores de los índices Margalef y Simpson fueron inferiores en este hábitat, lo que muestra una baja diversidad y una alta dominancia. La dominancia de las pocas especies y la ausencia de telecópridos indican que este hábitat posee una baja diversidad debido a la fuerte fragmentación y a las actividades antrópicas que lo rodean, este hecho ha sido mostrado en otros estudios como en el departamento de Antioquia (Noriega *et al.*, 2012).

Para el hábitat del Bosque los valores de los índices también se aprecian inferiores, aunque en este hábitat se registró el mayor número de individuos del género *Canthidium* y el menor número de individuos del género *Dichotomius* y *Uroxys*. La dominancia de las especies *O. curvicornis* y *O. lunicollis* junto con la ausencia de telecópridos en este hábitat, reflejan una baja diversidad por la fragmentación de las actividades antrópicas. Hay que tener en cuenta que en este hábitat a pesar de componerse por una vegetación más densa y mayor humedad, no presenta una mejor estructura del ensamblaje. Este fragmento de bosque se

encuentra rodeado por cultivos y predios privados lo cual pude indicar un efecto de borde homogenizado, donde no existe un interior del bosque. El tamaño del fragmento en este hábitat pudo afectar los resultados encontrados. Ya que la abundancia de escarabajos coprófagos se reacciona positivamente con fragmentos grandes (Nichols *et al.*, 2007).

En el hábitat del Cultivo de Café los índices también se apreciaron bajos, aunque el índice de Margalef alcanza el valor mínimo de diversidad en el mes de octubre y Simpson demuestra una ligera menor dominancia en la comunidad. En este hábitat se registró el menor número de individuos, representando el mayor número de endocópridos del genero *Eurysternus*. Al igual que los hábitats de Arboretum y el Bosque, el hábitat de Cultivo de café también presenta una dominancia de las *O. curvicurnis* y *O. lunicollis*la y ausencia de telecópridos indicando que este hábitat también está siendo afectado en su diversidad por actividades antrópicas. Es necesario recordar que en este hábitat se lleva a cabo la remoción de cobertura vegetal constante (guadaña) y cuenta con el continuo tránsito de equinos (caballos).

Los índices de diversidad demuestran que el ensamblaje de los escarabajos coprófagos del JBP no es muy diverso**,** evidenciando un fuerte efecto de perturbación de carácter antrópico como también de fragmentación. Ha sido mostrado que la riqueza total de especies tiende a disminuir según el grado de perturbación, afectando y decreciendo la abundancia en cada tipo de hábitat modificado (Nichols *et al.*, 2007).

De acuerdo a los registros de los gremios, no se registró la presencia de ninguna especie del gremio de los telecópridos o rodadores (tribu Deltochilini) mientras que los paracópridos o tuneleros reportaron la mayor riqueza y abundancia en todos los muestreos, siendo el grupo dominante, seguido de los endocópridos o residentes con dos especies *E. marmoreus* y *E. mexicanus*. La única especie exclusiva fue *O. conspicillatum* en el Arboretum, aunque también se registró un solo individuo de *Canthidium* sp. 2 y el menor número de endocópridos. En el hábitat del Bosque solo se registró una vez *D. belus* un paracóprido mediano. Estas especies con registros únicos en los hábitats son especies generalistas (Medina, *et al.*, 2012), comunes en hábitats afectados y bosques abiertos lo cual refuerza la evidencia de un hábitat perturbado.

La diversidad del ensamblaje observada en el JBP, podría coincidir con los registros entre los 1000 y 2000 msnm donde el sistema montañoso de la zona Andina de Colombia

presenta altos índices de deforestación y transformación de paisajes naturales por expansión de la frontera agrícola y ganadera, reduciendo áreas de bosques nativos (Medina *et al.,* 2001). Esto podría explicar la presencia de especies típicas de áreas abiertas como *D. belus*, *D. quinquelobatus*, *O. curvicornis*, *O. conspicillatum* y *E. marmoreus*, las cuales presentan un alto nivel de adaptabilidad y éxito reproductivo en áreas intervenidas (Medina *et al.,* 2002, Locarno *et al.,* 2010).

No encontramos una diferencia marcada en términos de la composición de individuos entre hábitats. El hábitat de bosque donde esperábamos una alta diversidad está fuertemente perturbado lo cual genera una marcada homogenización en términos de la diversidad y estructura del ensamblaje. Así la estructura registrada en los diferentes hábitats es muy similar, lo que se hace evidente también con la ausencia de telecópridos y la marcada dominancia de dos especies muy comunes y generalistas. A medida que los fragmentos de Bosque se reducen, el interior de bosque se pierde por los efectos de borde (Sammways 1999) tendiendo a disminuir por el crecimiento de la frontera agrícola. Situación muy semejante a la del fragmento de Bosque del JBP.

Los resultados en la diversidad en este estudio y de los grupos tróficos registrados pudieron estar influenciados por el tipo del diseño de muestreo realizado (puntos de muestreo, numero de trampas, tipos de cebo y meses del año). El uso de diferentes tipos de trampas (*e.g.*, trampas elevadas, trampas de interceptación de vuelo, trampas de luz) y otros cebos (*e.g.*, diplópodos, hongos, fruta, excremento de animales nativos) son útiles para encontrar especies no registradas y así completar el inventario de diversidad y permitiendo realizar monitoreos más exactos para comprender la dinámica de estos ensamblajes (Echeverría *et al.,* 2019).

5. CONCLUSIONES

El ensamblaje de escarabajos coprófagos en tres hábitats del Jardín Botánico de Popayán del departamento del Cauca en la segunda época de lluvias se compone de 12 especies, siete géneros y seis tribus. Entre los resultados encontrados no hay una diferencia importante en la diversidad y estructura del ensamblaje de escarabajos coprófagos en los tres hábitats muestreados del JBP. Aunque no es posible realizar una comparación entre diversidad y composición del ensamblaje entre los hábitats muestreados, en los resultados se observa una dominancia en la comunidad de ciertas especies y una ausencia de telecópridos.

Resulta necesario seguir diseñando y realizando muestreos en el área del JBP con el fin de monitorear a corto y mediano plazo el estado de conservación, incluir más y diferentes trampas distribuidas en cada uso de suelo y un transecto en el fragmento de bosque más grande, el cual por su tamaño puede presentar diferentes especies no registradas en los hábitats muestreados. Es importante mencionar que a pesar que existen colecciones entomológicas en el Museo de Historia Natural de la Universidad del Cauca, resultaría muy útil empezar una colección entomológica en el Jardín Botánico de Popayán donde se pueda reforzar tanto la practica como la teoría en entomología para el programa de Ecología.

Con los resultados de diversidad de escarabajos de este estudio podemos concluir que los hábitats del JBP presentan un grado de perturbación marcado, siendo constantemente intervenidos por actividades antrópicas. Se deben implementar estrategias de conservación y usar los escarabajos coprófagos como grupo bioindicador en la regeneración de los bosques con un monitoreo más riguroso.

A pesar de la perturbación de los ecosistemas del JBP este estudio contribuyo a nuevos registros de especies para el departamento. Lo cual debe ser considerado un motivo más para preservar el JBP

6. BIBLIOGRAFÍA

Acosta, A. Zapata, A. y Fagua, G. (2009). Técnicas de campo en ambientes tropicales. Manual para el monitoreo en ecosistemas acuáticos y artrópodos terrestres. *Editorial Pontificia universidad Javeriana. (5).*

Agudelo. W.J, y Armenteras, P. (2018). Cambio climático en ecosistemas Andinos de Colombia: una revisión de sus efectos sobre la biodiversidad. 64.SN 978-958-8576-34-3.

Alegría, B. y Ruiz, Z. (2002). Composición y estructura de la avifauna en cafetales con sombrío, Vereda el Hato, Municipio de Timbío, Cauca, Colombia. (Tesis de pregrado). Fundación Universitaria de Popayán.

Bambague, C., Arboleda, O. (2017). Zonificación y análisis ecológico de las unidades de paisaje mediante la aplicación de los sistemas de información geográfico, en el campus universitario, vereda los robles, municipio de Timbío. (Tesis de pregrado). Fundación Universitaria de Popayán.

Boletín climatológico Popayán IDEAM (2018) http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/climatologico-ensual?p_p_id=110_INSTANCE_xYvlPc4uxk1Y&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=2&_110_INSTANCE_xYvlPc4uxk1Y_struts_action=%2Fdocument_library_display%2Fview_file_entry&_110_INSTANCE_xYvlPc4uxk1Y_redirect=http%3A%2F%2Fwww.ideam.gov.co%2Fweb%2Ftiempo-y-clima%2Fclimatologico-mensual%2F-%2Fdocument_library_display%2FxYvlPc4uxk1Y%2Fview%2F71473013&_110_INSTANCE_xYvlPc4uxk1Y_fileEntryId=79031101.

Bustamante, R.O, Simonetti, J.A, Grez. A,A y San Martin. J (2005) La fragmentación del bosque maulino y su dinámica regeneracional: diagnóstico actual y perspectivas futuras.

Historia, biodiversidad y ecología de los bosques de la cordillera de la Costa. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 555-564.

Calambás, 2018**:** Calambás, H. (2018). Evaluación del estado ecosistémico de las coberturas vegetales asociadas a la Quebrada Renacer del Jardín Botánico de Popayán mediante bioindicadores ecológicos de la Familia (Formicidae: Hymenoptera). (Tesis de pregrado). Fundación Universitaria de Popayán, Popayán, Colombia.

Camero, E. (2010). Los escarabajos del género *Eurysternus Dalman*, 1824 (Coleoptera: Scarabaeidae) de Colombia. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (46)*: 147-179.

Castro, J.A. (2000). Recuento sistematico y algunos aportes ecologicos de los murcielagos existentes en el Jardin Botanico de la Fundacion Universitaria de Popayan. (Tesis de pregrado). Fundación Universitaria de Popayán.

Certuche. A. y Marulanda. H. (2002) Estado actual de fragmentación de bosques riparios en el Jardín Botánico de Popayán y áreas adyacentes municipio de Timbío – Cauca. (Tesis de pregrado). Fundación Universitaria de Popayán.

Chaves & Hurtado, 2019: Chaves, S. L. & Hurtado Imbachi, L.M. (2019). Estructura y composición de tres zonas boscosas del Jardín Botánico del campus Los Robles, Fundación Universitaria de Popayán. (Tesis de pregrado Ingeniería Forestal). Universidad del Cauca. Popayán, Colombia.

Cuatrecasas, J. (1958). Aspectos de la vegetación natural de Colombia; separada de las revistas de la Academia Colombiana de Ciencias exactas, físicas y naturales. Vol X, No 40. Edit. Voluntad; Bogotá. 21.

Cultid, C. A., Medina, C. A., Martínez, B., Escobar, A. F., Constantino, L. M. & Betancur,

N. J. (2012). Escarabajos coprófagos (Scarabaeinae) del Eje Cafetero: guía para el estudio ecológico. WCS-Colombia, CENICAFÉ y Federación Nacional de Cafeteros. Villa María. Colombia.

Dale, V., y Beleyer, S S. (2001). Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators, 1*: 3-10.

Dunn, R., (2004). Modern insect extinctions, the neglected majority. *Conservation Biology*

(*19)* 1030.

Echeverria, C. Navas, G. Noriega. J,A. (2019) Estacionalidad del ensamblaje de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) del jardin botánico de Cartagena "Guillermo Piñeres" Bolivar - Colombia. *Caldasia 41(1)*: 124- 138.

Escobar, F (2003). Selección de hábitat y comportamiento sexual de *Sulcophanaeus velutinus* (Murray 1856) (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en un bosque de montaña en Colombia**.** *Acta Zool. Mex*, Xalapa ,*(90)*. 307-310.

Edmonds, W. D. & Zídek, J. (2004). Revision of the neotropical dung beetle genus *Oxysternon* (Scarabaeidae: Scarabaeinae: Phanaeini). *Folia Heyrovskyana Supplementum, 11*: 1-58.

Figueroa, A. Valencia, R. M.C. Ordoñes y D.A. Figueroa. (2007) Fragmentación y coberturas vegetales de ecosistemas andinos, departamento del Cauca. Sello editorial Universidad del Cauca.

Galindo, R. Betancur, J. y Cadena, J.J. (2003) Estructura y composición florística de cuatro bosques Andinos del Antiario de Flora y Fauna Guanentá –Alto Rio Fonce Cordilera Oriental Colombiana. *Caldasia 25(2).* 313 – 335.

García. J.C y Locarno, L.C. (2004). Escarabajos Scarabaeinae Saprofagos (Coleoptera Scarabaeidae) en un bosque muy húmedo premontano de los Andes occidentales Colombianos. *Ecología aplicada, vol. 3*, número 1-2 Universidad Nacional Agraria La Molina Lima - Perú pp 59 - 67.

Guetio, F., Solarte, W. (2000). Diversidad florística en el área de influencia Wettuu, como elemento para identificación de bancos de germoplasma “in situ” en el Jardín Botánico de Popayán. (Tesis de pregrado). Fundación Universitaria de Popayán.

Halffter G. & Favila M.E. 1993 The Scarabaeinae an Animal Group for Analysing, inventorying and Monitoring Biodiversity in Tropical Rainforest and Modified Landscapes Biology International 27:15-21.

Halffter, G., Edmonds, W.D. (1982) The nesting behavior of dung beetles (scarabaeinae) an ecological and evolutive approach. Instituto de ecología, Mexico, D.F.Chapter 1.

Hernández B, Maes J, Harvey CA, Vílchez S. (2003). Abundancia y diversidad de escarabajos coprófagos y mariposas diurnas en un paisaje ganadero en el departamento de Rivas, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas, 10* (39-40): 93-102.

Herrera, L.A. Medina, C.A. y Riveros, R.A. (2007). nUEVOS REGISTROS DE

ESCARABAJOS COPROFAGOS (Scarabaeidae: Scarabaeinae) para la region Andina de Colombia. Parte 1. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. 31* (119): 305-310.

Huertas, B., Arias, J. (2007). Estudio preliminar de la entomofauna de la Serranía de los Churumbelos: mariposas diurnas y escarabajos coprófagos. *Conservación Colombiana,(3)* 67 - 76.

Idrobo y Peralta, 2015: Idrobo, J. y Peralta, Y. (2015). Estudio preliminar de dispersión de semillas por murciélagos frugívoros (Phyllostomidae-Chiroptera) en la Hacienda Los Robles, Fundación Universitaria de Popayán, Vereda Sachacoco, Municipio de Timbío, Cauca, Colombia. Tesis de pregrado). Fundación Universitaria de Popayán, Popayán, Colombia.

IGAC Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2009). Estudio general de suelos y zonificación de tierras. Departamento del Cauca. Impresa Nacional de Colombia, Bogotá. Colombia.

Locarno, L. (2007). Escarabajos Coprófagos (Coleoptera- Scarabaeidae) de Lloró, Departamento del Chocó, Colombia. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural, 11(1),* 377-388.

Locarno, L.P., Concha, C., Gallego M. (2010) Fragmentación de ecosistemas e impactos estructurales y poblacionales sobre la comunidad de escarabajos coprófagos (COL.: SCARABAEINAE) en el alto rio Cauca, Popayán, Colombia". *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*. *14 (1)*: 43 - 55.

Mamian, L. Zamora, H. (2016) Estudio ecológico del cangrejo de río *Hypolobocera* spp. (Crustácea, Decápoda) en la Quebrada Mano De Oso, Jardín Botánico de Popayán, municipio de Timbío, Cauca – Colombia. (Tesis de pregrado). Fundación Universitaria de Popayán.

Medina, C y Lopera, A.(2000). Clave ilustrada para la identificación de géneros de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) de Colombia. *Caldasia, 22* (2): 209-315.

Medina, C.; Escobar, F. y Kattan, G., (2002). Diversity and habitat use of dung beetles in a restored andean landscape. *Biotropica, 34 (1)*: 182-183.

Medina, C.A.; Lopera, A.; Vitolo, A. y Gill, B., 2001.- Escarabajos Coprófagos (Coleóptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de Colombia. *Biota Colombiana, 2 (2):* 131-144.

Mendez, P. y Vallejo, M. (2003). Evaluación de la presencia de líquenes foliosos cortícolas en las especies *Pinus ocarpo* y *Herocarpus Americanus* en el Jardín Botánico de Popayán. (Tesis de pregrado). Fundación Universitaria de Popayán.

Motta, M. Rivera, H. Vega, E. Herrera, G. Castañeda, A. (1998). Guia para plantaciones forestales comerciales Cauca. CONIF, OIMT No 33 Sta Fe de Bogota. ISSN 0121 – 0254.

Narváez, P. (2002) Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en la vereda el Rosal, zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Munchique, Cauca. (Tesis de pregrado). Fundación Universitaria de Popayán.

Nichols, E, S. Spectora, J. Louzadab, T. Larsenc, S. Amezquitad, M.E. Favilad, . (2008). The Scarabaeinae Research Network Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles*Biological conservation (141).* 1461–1474.

Nichols, E, T. Larsenb, S. Spectora, A.L. Davise, F. Escobarc, M. Favilad, K. Vulinece, The Scarabaeinae Research Network (2007) Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: A quantitative literatura review and meta-analysis. *Biological conservation (137)*. 1 – 19.

Noriega, J. Camero. Arias, B. Jorge. Locarno, L. Montes, J, Acevedo. A, Esparza. A, Murcia. B, García. H, y Solís, C. (2015). Grado de cobertura del muestreo de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en Colombia. *Revista de Biología Tropical, 63(1),* 97-125.

Noriega. J, A. Palacio, M.J. Monroy, J.D y Valencia, E. (2012). Estructura de un ensamblaje de escarabajos coprófagos (Coleóptera: Scarabaeinae) en tres sitios con diferente uso de suelo en Antioquia, Colombia. *Actual Biol 34 (96):* 43-54.

Pujante, A. (1997). Los artrópodos como bioindicadores de la calidad de las aguas. Bol. S.E.A., n 20 277 – 284.

Reyes, E. Meléndez, V. Delfín, H y Ayala, R. (2009) Abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) como bioindicadores en el neotrópico *Tropical and Subtropical Agroecosystems, vol. 10*, núm. 1, 2009, pp. 1-13.

Samways, M.J., (1993). Insects in biodiversity conservation: some perspectives and directives. *Biodiversity and Conservation (2).* 258–282.

Smith, C. Armesto, J y Valdovinos, C. (2005) Historia, biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile. Unidad lV ecología de la conservación, Fragmentación y dinámica de regeneración del bosque Maulino. Diagnostico actual y perspectivas futuras.551 – 574.

Tandioy, 2019: Tandioy, Y. (2019). Caracterización de un ensamble de anuros en tres coberturas vegetales en el Jardín Botánico de Popayán, sector Los Robles, Timbío, Cauca.

(Tesis de pregrado Biología). Universidad del Cauca. Popayán, Cauca.

Vargas, J. (2014). Eestructura y composición de la comunidad de Aves (Paseriformes y Apodiformes) Perteneciente al piso climático sub-Andino en la Fundación universitaria de Popayán sede Los Robles Popayán, Cauca. (Tesis de pregrado). Fundación Universitaria de Popayán.

Vargas & Feriz, 2018: Vargas-Tello, J, R., Feriz-García, D., (2018). Estrategia tecnológica basada en TIC's de los recursos biológicos faunísticos del Jardín Botánico de Popayán. Informe técnico. Proyecto joven investigador. Programa de ecología

Vaz-De-Mello, F. W. D. Edmonds, Federico y C. Ocampo (2011) A multilingual key to the genera and subgenera of the subfamily Scarabaeinae of the New World (Coleoptera: Scarabaeidae) *Zootaxa (2854).* 1 – 73.

Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M. & Umaña. A. M. (2004). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Programa de Inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia, 236. 151.