



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA
AGRICULTURA**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO**

**DIVERSIDAD DE COLEÓPTEROS SCARABAEIDAE,
SCARABAEINAE DE ÁREAS REHABILITADAS EN SUELOS
AGRÍCOLAS Y ECOSISTEMAS SENSIBLES A PROCESOS DE
EXTRACCIÓN PETROLERA EN LA AMAZONÍA
ECUATORIANA**

AUTOR: QUILOANGO CHIMARRO, CARLOS ALBERTO

DIRECTOR: Dr. POZO RIVERA, WILMER EDISON, Ph. D.

SANGOLQUÍ

2019



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, ***“DIVERSIDAD DE COLEÓPTEROS SCARABAEIDAE, SCARABAEINAE DE ÁREAS REHABILITADAS EN SUELOS AGRÍCOLAS Y ECOSISTEMAS SENSIBLES A PROCESOS DE EXTRACCIÓN PETROLERA EN LA AMAZONÍA ECUATORIANA”*** fue realizado por el señor ***Quiloango Chimarro, Carlos Alberto*** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 10 de enero de 2018.

Dr. Wilmer Edison Pozo Rivera, Ph. D.

CC: 1802191351



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *Quiloango Chimarro, Carlos Alberto* declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: *Diversidad de Coleópteros Scarabaeidae, Scarabaeinae de áreas rehabilitadas en suelos agrícolas y ecosistemas sensibles a procesos de extracción petrolera en la amazonía ecuatoriana* es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 10 de enero de 2018.

.....
Carlos Alberto Quiloango Chimarro

CC: 1720475191



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORIZACIÓN

*Yo, **Quiloango Chimarro, Carlos Alberto** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Diversidad de Coleópteros Scarabaeidae, Scarabaeinae de áreas rehabilitadas en suelos agrícolas y ecosistemas sensibles a procesos de extracción petrolera en la amazonía ecuatoriana** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.*

Sangolquí, 10 de enero de 2018.

.....
Carlos Alberto Quiloango Chimarro

CC: 1720475191

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen María, por brindarme el don de la sabiduría para afrontar momentos complicados. “Gratidão sempre”.

A mis padres, Luis y Celia, por su incondicional amor, apoyo, correcciones y consejos que me han permitido ser una persona integral, responsable y con valores éticos en todas las etapas de mi vida, especialmente en la universitaria.

Carlos Quiloango Chimarro

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por su apoyo moral y económico que me permitieron cumplir satisfactoriamente con todas las actividades del trabajo de tesis.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas, Carrera de Ingeniería Agropecuaria, IASA I, que fue mi segunda casa y me permitió desarrollar conocimientos para la vida diaria y profesional.

A Petroamazonas EP por haberme dado la oportunidad y facilidades para hacer mi tesis en sus instalaciones. No puedo cuantificar el crecimiento personal que tuve en el campamento de Amazonía Viva.

Al Dr. Wilmer Pozo, director de tesis que me brindó su amistad, tiempo, conocimiento científico, experiencias personales y apoyo incondicional a lo largo del proyecto.

Al Dr. Jaime Villacís, principal responsable del convenio PAM-ESPE por la confianza, principalmente en los momentos que se precisaban de paciencia.

Al Ing. Juan Tigrero por las facilidades para el uso del laboratorio de entomología.

Al Ing. Juan Carlos López, Supervisor del proyecto Amazonía Viva, con quien coincidí en la mayoría de salidas de campo, por su motivación y colaboración para que se cumpla el trabajo de campo.

A Luis Quesada y Geovany Ureña, de Amazonía Viva, que me brindaron su amistad y asistencia en el trabajo de campo los siete meses que se extendió mi estancia en el campamento de Petroamazonas EP. Del mismo modo a los trabajadores que estuvieron trabajando conmigo ocasionalmente.

Al Ministerio del Ambiente del Ecuador, por los permisos de investigación y movilización de especímenes.

Al Msc. Vladimir Carvajal, curador de la sección de invertebrados de la EPN, por su colaboración en la identificación taxonómica de los escarabajos.

Al Dr. Giovani Onore, de la Fundación Otonga, que gracias a su pasión por el mundo de los invertebrados me supo dar directrices para el montaje de los especímenes.

Ao professor Pedro G. da Silva, da Universidade Federal de Minas Gerais, pelas dicas no uso de ferramentas para a análise dos dados.

A mis amigos, especialmente a Michelle por su confianza al recomendarme con el equipo de profesores que trabajan en el marco convenio PAM-ESPE.

ÍNDICE DE CONTENIDO**CARÁTULA**

CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
LISTADO DE ABREVIATURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento y justificación del problema	1
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo general	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
1.3 Hipótesis	3
CAPÍTULO II	4
MARCO REFERENCIAL	4
2.1 Suelos remediados	4
2.1.1 Generalidades	4
2.1.2 Suelos de uso agrícola en la amazonía ecuatoriana	4
2.1.3 Ecosistemas sensibles en la amazonía ecuatoriana	5
2.2 Bioindicadores	5
2.2.1 Generalidades	5
2.2.2 Coleópteros	6
2.2.3 Familia Scarabaeidae	6
2.2.4 Subfamilia Scarabaeinae	7
2.2.5 Muestreo de coleópteros	8
2.3 Diversidad de especies	9
2.3.1 Medición de la diversidad alfa	10
2.3.2 Medición de la diversidad beta	10
2.4 Importancia de los estudios de biodiversidad en sitios operados por la industria petrolera	10

2.5	Diversidad de coleópteros en áreas afectadas por las actividades antrópicas en el Ecuador	11
CAPÍTULO III		12
METODOLOGÍA		12
3.1	Área de estudio	12
3.2	Materiales y métodos	13
3.2.1	Selección de ecosistemas	13
3.2.2	Muestreo de escarabajos	14
3.2.3	Diseño experimental	17
3.2.4	Métricas de diversidad	18
3.2.5	Análisis de datos	19
CAPÍTULO IV		20
RESULTADOS		20
4.1	Composición de especies de la familia Scarabaeinae	20
4.2	Diversidad beta	24
4.3	Diferencias de las características de la diversidad de Scarabaeinae entre ecosistemas evaluados	25
CAPÍTULO V		27
DISCUSIÓN		27
5.1	Diversidad Alfa	27
5.2	Diversidad Beta	30
5.3	Diversidad de escarabajos entre ecosistemas evaluados	32
CAPÍTULO VI		36
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		36
6.1	Conclusiones	36
6.2	Recomendaciones	36
6.3	Bibliografía	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Límites permisibles para la identificación y remediación de suelos contaminados en todas las fases de la industria hidrocarburífera, incluidas las estaciones de servicios.....</i>	4
Tabla 2 <i>Coordenadas referenciales de los ecosistemas estudiados.....</i>	13
Tabla 3 <i>Abundancia específica y abundancia proporcional de especies de escarabajos capturados (entre paréntesis) en cuatro tipos de ecosistemas.....</i>	20
Tabla 4 <i>Promedio \pm error estándar de abundancia, riqueza, índice Shannon-Wiener y equitatividad de Pielou de Scarabaeinae de acuerdo al mes, ecosistema y tipo de cebo</i>	25
Tabla 5 <i>Registros nuevos y ampliaciones de distribución de las especies de Scarabaeinae.</i>	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Ciclo de vida de <i>Ontherus sulcatur</i> . A) adulto, B) nido y cámara de cría, C) huevo, D) larva, E) pupa.....	8
Figura 2	Esquema de trampa <i>pitfall</i>	9
Figura 3	Ubicación política de los sitios de muestreo	12
Figura 4	A) Croquis de la distribución de las estaciones implementadas en los ecosistemas y, B) trampas por sitio de muestreo en cada estación. P1= estación uno, P2= estación dos, P3=estación tres y P4= estación cuatro; C= trampa cebada con carroña, F= trampa cebada con fruta, E= trampa cebada con excremento.	14
Figura 5	A) trampa <i>pitfall</i> cebada con carroña B) protección plástica instalada en el agrosistema palma africana.	15
Figura 6	A) Frascos con especímenes de cada ecosistema B) <i>Onthophagus osculatii</i> montados en caja entomológica C) Identificación preliminar de especímenes D) Caja entomológica con <i>Canthon aequinoctialis</i> depositada en el MIZI	16
Figura 7	Croquis del diseño experimental	17
Figura 8	Curvas rango abundancia para los ecosistemas evaluados. A= área de uso agrícola, TA= agrosistema palma africana, S= ecosistema sensible, TS= fragmento de bosque natural, los llamados de puntos muestran acrónimos de las especies de Scarabaeinae	21
Figura 9	Evaluación de la riqueza observada con la esperada mediante el estimador Jackknife. A) área de uso agrícola; B) agrosistema palma africana; C) ecosistema sensible; D) Fragmento de bosque natural. En el anexo 2 se presentan los valores de riqueza estimada por tipo de ecosistema \pm desviación estándar.....	22
Figura 10	Curvas rango-abundancia para los cebos utilizados para atrapar Scarabaeinae en las trampas <i>pitfall</i> ; C=carroña, E=estiércol, F=fruta. El significado de los acrónimos se muestra en la lista de abreviaturas.....	23
Figura 11	Evaluación de la riqueza observada con la esperada entre tipos de cebo utilizados para atrapar Scarabaeinae en las trampas <i>pitfall</i> . A) trampas cebadas con carroña; B) trampas cebadas con excremento; C) trampas cebadas con fruta. En el anexo 3 se presentan los valores de riqueza estimada por tipo de cebo \pm desviación estándar.....	23
Figura 12	Dendrogramas de similitud de especies, basados en el índice de Bray-Curtis. A) similitud entre ecosistemas; B) similitud entre tipos de cebo. A=área de uso agrícola, TA= agrosistema palma africana, S= ecosistema sensible, TS= fragmento de bosque natural; C=carroña, E=estiércol, F=fruta. En los anexos 4 y 5 se presentan tablas que facilitan su interpretación	24

LISTADO DE ABREVIATURAS

Abreviatura	Significado
A	Área de uso agrícola
C	Cebo de carroña
Cae	<i>Canthon aequinoctialis</i> Harold, 1868
Cau	<i>Canthidium aurifex</i> Bates, 1887
Cl	<i>Canthon luteicollis</i> Erichson, 1847
Co	<i>Canthidium onitoides</i> Perty, 1830
Cr	<i>Canthidium cf rufinum</i> Harold, 1867
Csp	<i>Canthidium</i> sp1
Ct	<i>Coprophaneus telamon</i> Erichson, 1847
Da	<i>Deltochilum amazonicum</i> Kolbe, 1905
Dc	<i>Deltochilum carinatum</i> Westwood, 1837
Dh	<i>Deltochilum howdeni</i> Martínez, 1955
Dm	<i>Dichotomius mamillatus</i> Felsche, 1901
Do	<i>Dichotomius ohausi</i> Luederwaldt, 1923
Dp	<i>Dichotomius podalirius</i> Felsche, 1901
Dsp	<i>Dichotomius</i> sp1
E	Cebo de estiércol
Ea	<i>Eurysternus atrosericus</i> Génier, 2009
Ef	<i>Eurysternus foedus</i> Guérin-Méneville, 1844
Ep	<i>Eurysternus plebejus</i> Harold, 1880
Es	<i>Eurysternus squamosus</i> Génier, 2009
Ew	<i>Eurysternus wittmerorum</i> Martínez, 1988
F	Cebo de fruta
H'	Diversidad de Shannon
J'	Equitatividad de Pielou
Ma	<i>Malagoniella astyanax</i> Halffter, Pereira &
Oc	<i>Oxysternon conspicillatum</i> Weber, 1801
Oha	<i>Onthophagus haematopus</i> Harold, 1887
Ohi	<i>Onthophagus hircus</i> Billberg, 1813
Om	<i>Onthophagus marginicollis</i> Harold, 1880
Oon	<i>Onthophagus onore</i> Zunino & Halffter, 1997
Oos	<i>Onthophagus osculatii</i> Guérin-Méneville, 1855
Os	<i>Ontherus sulcatur</i> Fabricius, 1775
Osi	<i>Oxysternon silenus</i> d'Olsouefieff, 1924
Ox	<i>Onthophagus xanthomerus</i> Bates, 1887
Pch	<i>Phaneus chalcomelas</i> Perty, 1830
S	Ecosistema sensible
Sm	<i>Scyballocanthon macullatus</i> Schmidt, 1920
TA	Agrosistema palma africana
TS	Fragmento de bosque natural
Usp	<i>Uroxys</i> sp1

RESUMEN

En el Ecuador los estudios de diversidad escarabaeidológica no están enfocados al conocimiento de perturbaciones antrópicas, pese a que la subfamilia Scarabaeinae es una magnífica indicadora de calidad ambiental. Petroamazonas EP, se encarga de remediar lugares afectados por la extracción petrolera, al final de estos procesos los sitios se categorizan según el límite permisible de contaminantes hidrocarbúricos estipulados en el RAOHE. Esta investigación detectó el tipo de ecosistema que mejor favorece la abundancia, riqueza y diversidad de Scarabaeinae. Se realizaron cinco campañas de colecta en dos provincias de la Amazonía ecuatoriana, en las que se seleccionaron dos sitios remediados: área de uso agrícola y ecosistema sensible; cada una de estas con su respectivo testigo. En cada ecosistema se implementó cuatro estaciones de muestreo, en cada estación se instalaron seis necrotrampas cebadas de manera aleatoria con excremento, carroña y fruta. Se obtuvieron índices de abundancia, riqueza, diversidad y equitatividad. Con esta información se realizaron el ANAVA con modelos mixtos, y dendrogramas de similitud-disimilitud. Se capturaron 3 454 escarabeinos pertenecientes a 13 géneros y 32 especies, la mayor abundancia y riqueza se registraron en el fragmento de bosque natural. En el ecosistema sensible, agrosistema de palma y fragmento de bosque natural se favorecieron la diversidad y equitatividad. El sitio con suelo de uso agrícola y el agrosistema palma africana mostraron la mayor similitud de especies, mientras que el ecosistema sensible compartió pocas especies con el fragmento de bosque natural.

PALABRAS CLAVE:

- **ECOLOGÍA**
- **ESCARABAJOS ESTERCOLEROS**
- **BIOINDICADOR**
- **HIDROCARBUROS**

ABSTRACT

In Ecuador, beetle diversity studies are not focused on the knowledge of anthropogenic disturbances, in spite of the Scarabaeinae subfamily is an outstanding indicator of environmental health. Petroamazonas EP, is responsible of remedying places affected by oil extraction, at the end of these processes the sites are categorized according to the permissible limit of hydrocarbon contaminants stipulated in the RAOHE. This research detected the type of ecosystem that best favors the abundance, richness, and diversity of Scarabaeinae. Five collection campaigns were done in two provinces of the Ecuadorian Amazon region where two remediated sites were selected, corresponded to a site with agricultural use and the other with sensitive ecosystem, each site had a control. Each ecosystem consisted of four sampling stations, and in each station six necrotraps were settled randomly with excrement, carrion, and fruit. Indices of abundance, richness, diversity, and evenness were obtained. With this information, ANOVA with mixed models and dendrograms of species similarity were done. 3 454 dung beetles of 13 genera and 32 species were captured. The greatest abundance and richness were registered in the natural forest fragment. In the sensitive ecosystem, palm agrosystem, and natural forest fragment, diversity and evenness were favored. The site with agricultural use and the African palm agrosystem showed the greatest similarity of species, while the sensitive ecosystem shared few species with the natural forest fragment.

KEYWORDS:

- **ECOLOGY**
- **DUNG BEETLES**
- **BIOINDICATOR**
- **HYDROCARBONS**

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento y justificación del problema

En la actualidad, la empresa pública Petroamazonas (Petroamazonas EP), con su proyecto Amazonía Viva, ejecuta planes de remediación de lugares afectados por los procesos de extracción de petróleo, en cumplimiento de los mandatos constitucionales y de la normativa ambiental vigente; esta norma resalta la importancia de la restitución de los derechos de la naturaleza y las comunidades (Petroamazonas, 2015). Al finalizar la remediación, un sitio puede ubicarse dentro de tres tipos de uso de suelo: agrícola, ecosistema sensible e industrial. Esta denominación se la realiza de acuerdo a los límites máximos permisibles de contaminantes estipulados en el Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (RAOHE) (Ministerio de Energía y Minas, 2001).

Las alteraciones en el medio ambiente, producto de acciones antrópicas son degradantes de la biodiversidad (da Silva & da Silva, 2011). El término biodiversidad se refiere a la variedad dentro y entre organismos vivos, comunidades bióticas y procesos bióticos; todos estos elementos pueden ser naturales o modificados por el hombre; no obstante en la actualidad, se usa una expresión más amplia que es diversidad ecológica, debido a que los procesos bióticos y abióticos mantienen el funcionamiento de los ecosistemas (Swingland, 2001).

La evaluación de los impactos ambientales producidos por la intervención humana en el ecosistema, puede ser efectuada a través de análisis de organismos bioindicadores. La alteración de la abundancia, diversidad y composición de dichos organismos, son herramientas que permiten dilucidar los efectos de la perturbación ambiental. Los

bioindicadores deben ser sensibles a las alteraciones en la estructura del ecosistema e indican una condición del ambiente particular o establecido (da Silva & da Silva, 2011).

Los insectos, especialmente del orden Coleoptera, son considerados bioindicadores por ser el grupo animal con una alta diversidad, importancia funcional, fidelidad ecológica, una estrecha asociación con otras especies, rápida respuesta a la variabilidad ambiental, y su relativa facilidad de captura costo-efectiva (da Silva & da Silva, 2011; Otavo, Parrado, & Noriega, 2013).

Los coleópteros de la subfamilia Scarabaeinae son ampliamente usados en estudios ambientales como un grupo bioindicador ya que son relativamente fáciles de identificar (Manjarres & Molano, 2015) y agrupan a la mayor cantidad de especies (Pozo-Rivera com. pers.). Además presentan amplias distribuciones geográficas, e influyen en servicios ecosistémicos tales como: dispersión secundaria de semillas, ciclaje de nutrientes y control de plagas (Martínez, y otros, 2010). Es importante señalar que esta subfamilia se alimenta principalmente de estiércol de mamíferos, aunque alternativamente puede ingerir frutas, hongos y carroña en descomposición (Nichols, y otros, 2008).

El Ministerio del Ambiente del Ecuador exige a las instituciones dedicadas a la remediación, valorar la efectividad de sus acciones (Ministerio del Ambiente [MAE], 2015). Por tanto, se hace necesario estudiar uno de los bioindicadores más comúnmente utilizados en análisis de degradación ambiental en bosques tropicales como son los miembros de la subfamilia Scarabaeinae (da Silva & da Silva, 2011).

En la presente investigación se evaluará la diversidad de Scarabaeinae (Coleóptera: Scarabaeidae) presentes en dos ecosistemas remediados que fueron afectados por la extracción petrolera: ecosistemas sensibles y áreas con suelo de uso agrícola según sus límites de contaminantes hidrocarburíferos estipulados en el RAOHE.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Evaluar la diversidad de coleópteros Scarabaeidae, Scarabaeinae de áreas rehabilitadas en suelos agrícolas y ecosistemas sensibles a procesos de extracción petrolera en la Amazonía ecuatoriana.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar la composición específica de la subfamilia Scarabaeinae.
- Comparar la similitud de especies entre ecosistemas evaluados.
- Detectar el ecosistema remediado que mejor favorece a la abundancia, riqueza y diversidad de escarabajos.

1.3 Hipótesis

La remediación y rehabilitación de las áreas afectadas por la contaminación con hidrocarburos, benefician la composición, riqueza y estructura de la comunidad de especies de Scarabaeinae.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 Suelos remediados

2.1.1 Generalidades

Petroamazonas EP se encarga de procesos de remediación de sitios afectados por la extracción petrolera. Una vez realizados estos procesos, se liberan las áreas remediadas y rehabilitadas para su posterior uso en varias actividades incluyendo las agrícolas. Dichas actividades se definen en función a los límites permisibles de contaminantes conforme al RAOHE tal como se aprecia en la Tabla 1 (Ministerio de Energía y Minas, 2001).

Tabla 1

Límites permisibles para la identificación y remediación de suelos contaminados en todas las fases de la industria hidrocarburífera, incluidas las estaciones de servicios

Parámetro	Expresado en	Unidad	Uso agrícola	Ecosistemas sensibles
Hidrocarburos totales	TPH	mg/kg	< 2 500	< 1 000
Hidrocarburos aromáticos	C	mg/kg	< 2	< 1
Cadmio	Cd	mg/kg	< 2	< 1
Níquel	Ni	mg/kg	< 50	< 40
Plomo	Pb	mg/kg	< 100	< 80

Fuente: (Ministerio de Energía y Minas, 2001)

2.1.2 Suelos de uso agrícola en la amazonía ecuatoriana

El uso agrícola o productivo es aquel que se desarrolla en suelos con aptitud para cultivos y que permite brindar seguridad alimentaria al país (Aqualimpia & Castro, 2016). En la Amazonía ecuatoriana solamente el 17,5 % de su territorio (1,1 millones de ha) tiene aptitud agropecuaria (Nieto & Caicedo, 2012), sin embargo, actualmente se está superado estos porcentajes. Áreas de clima considerablemente lluvioso, con suelos poco fértiles y susceptibles al lavado de nutrientes y erosión, son los causantes de la baja aptitud agropecuaria de la región (Nieto & Caicedo, 2012).

En orden de importancia al área que ocupan en la amazonía ecuatoriana, se encuentran los siguientes cultivos: cacao (25 %), maíz (16 %), café (15 %), yuca (10 %) y plátano (9 %). Otros rubros como naranjilla, caña de azúcar y arroz apenas representan al 5 % del territorio amazónico (Nieto & Caicedo, 2012).

2.1.3 Ecosistemas sensibles en la amazonía ecuatoriana

Los ecosistemas sensibles son sitios que favorecen la biodiversidad y el cumplimiento de las funciones ecológicas (Ministerio del Ambiente [MAE], 2016). La Amazonía ecuatoriana cuenta con el 25,5 % de territorio que pertenece al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Nieto & Caicedo, 2012).

La característica más influyente que hace resaltar los ecosistemas sensibles de la región amazónica es su alto nivel de biodiversidad. Esto se debe a la influencia de la cordillera de los Andes, selva amazónica y la línea equinoccial. Además cabe destacar su falta de estacionalidad y altos niveles de precipitación (Albuja, y otros, 2012).

2.2 Bioindicadores

2.2.1 Generalidades

La degradación ambiental ocurre por actividades con motivación económica, entre las cuales se destacan la minería, actividad agropecuaria, petroquímicas y servicios industriales. Por este motivo se busca que la ciencia ambiental y política pública, contribuya a usar métodos para evaluar los componentes de la diversidad biológica (Bagliano, 2012).

En los ecosistemas se puede efectuar análisis de los impactos ambientales producidos por la intervención humana; para lo cual se utilizan organismos vivos presentes. La alteración de la composición, abundancia y diversidad se puede evaluar con un grupo de indicadores de perturbación en el medio ambiente, como son los escarabajos (da Silva & da Silva, 2011). Estos organismos son sensibles a variaciones mínimas en la temperatura, precipitación, acidez

del suelo, contaminación del aire y suelo. Cualquier cambio en estas variables pueden acarrear mudanzas fisiológicas, morfológicas, adaptativas; incluso extinguir las especies (Bagliano, 2012).

2.2.2 Coleópteros

El orden Coleoptera representa un 30 % de todas las especies de animales conocidas (Bagliano, 2012). Se divide en 4 subórdenes: Archostemata, Myxophaga, Adephaga y Polyphaga. Tiene alrededor de 169 familias y aproximadamente cuatrocientas mil especies descritas (da Silva & da Silva, 2011).

Los coleópteros se distinguen de los demás órdenes por la presencia de alas anteriores endurecidas, conocidas como élitros, que les sirven como protección. Las alas posteriores son membranosas siendo las únicas usadas para volar (Barnes, 1989). Estos insectos pueden ser encontrados en casi todo tipo de hábitat excepto en el mar. Presentan regímenes alimenticios variados tanto en la forma larval como en etapa adulta (Carvajal, Villamarín, & Ortega, 2011).

Muchos de sus representantes son utilizados como bioindicadores de la calidad ambiental en vista de la estrecha relación con el ecosistema en el que viven (Bagliano, 2012). Las principales cualidades, atribuidas a los coleópteros, como indicador ambiental son: a) presentan una gran diversidad y abundancia de especies; b) ocupan una cantidad considerable de nichos ecológicos; c) poseen una amplia gama de hábitos alimenticios (Halffter, Moreno, & Pineda, 2001; da Silva & da Silva, 2011).

2.2.3 Familia Scarabaeidae

Scarabaeidae comprende aproximadamente 6 000 especies en el mundo. Presenta gran diversidad, tanto en modos de vida como en morfologías (Manjarres & Molano, 2015). Esta

familia desempeña funciones importantes dentro del ecosistema, a través de: la polinización, la degradación y la facilitación del reciclaje de la materia orgánica (Neita, 2010).

Según Silva & Silva (2011), Scarabaeidae es un grupo excepcional para la comparación de paisajes con diferentes grados de afectaciones antropogénicas, donde los bosques tropicales dominaron originalmente.

2.2.4 Subfamilia Scarabaeinae

Los coleópteros de la subfamilia Scarabaeinae se caracterizan por alimentarse de excrementos de mamíferos (Martínez, y otros, 2010). También pueden alimentarse de carroña, frutas y restos vegetales en descomposición (Nichols, y otros, 2008). Según Bustos & Lopera (2003), acontecimientos históricos como la extinción de la mega fauna del cuaternario y la corta duración de la materia fecal favorecieron a que los escarabajos coprófagos exploten recursos alimenticios alternativos.

Los Scarabaeinae presentan una amplia distribución geográfica y pueden llegar a establecerse en una gran variedad de ecosistemas. Las especies de este grupo suelen ser específicas en un rango altitudinal, tipo de suelo y tipo de bosque; por lo tanto permiten realizar monitoreos biológicos (Martínez, y otros, 2010).

Esta subfamilia presenta metamorfosis completa (holometábolos), pasando por cuatro etapas: huevo, larva, pupa y adulto (Figura 1). Su ciclo de vida puede durar entre 30 y 50 días, algunas especies emergen antes de su maduración sexual, razón por la que presentan exoesqueletos rojizos muy blandos (individuos tenerales) hasta que se convierten en adultos reproductivamente activos (Cultid, y otros, 2012).

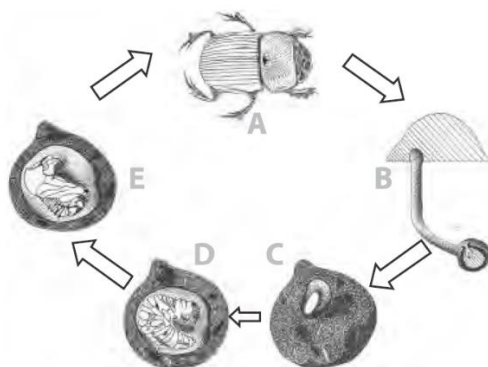


Figura 1 Ciclo de vida de *Ontherus sulcator*. A) adulto, B) nido y cámara de cría, C) huevo, D) larva, E) pupa

Fuente: (Cultid, y otros, 2012)

2.2.5 Muestreo de coleópteros

En el Neotrópico se ha utilizado una gran variedad de metodología para la captura de coleópteros enfocados a la sistemática, biogeografía, ecología; principalmente para la subfamilia Scarabaeinae (Chamé-Vázquez, Gómez, & Cancino-López, 2012). El protocolo de muestreo de coleópteros tiene ventajas económicas en relación a los realizados con otros taxa porque otorga en poco tiempo información con alto porcentaje de representatividad (Cultid, y otros, 2012).

Los sistemas de trampeo más empleados en la captura de coleópteros se clasifican en trampas activas y pasivas. Las trampas activas atraen a los individuos mediante luz, colores o cebos; las trampas pasivas interceptan de manera fortuita a los escarabajos sin interferir en la actividad rutinaria de los individuos (De Mas-Castroverde, 2001).

El sistema de trampeo que ha demostrado la mayor captura de Scarabaeinae son las denominadas trampas *pitfall*, que consisten en un recipiente abierto colocado a ras de suelo con un atrayente colgado encima del mismo (Figura 2) (Solís, 2007).

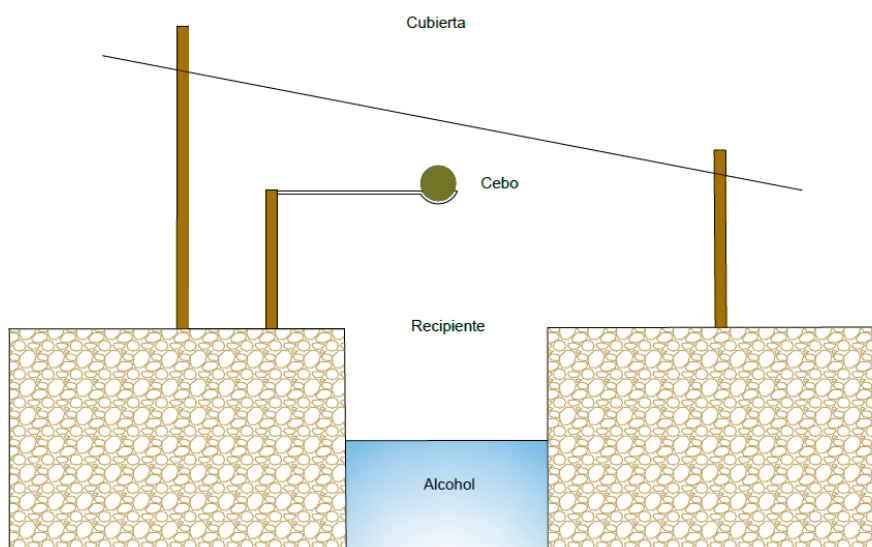


Figura 2 Esquema de trampa *pitfall*.

2.3 Diversidad de especies

La diversidad de organismos y su variación tanto en espacio como en tiempo, han permitido precisar cuestionamientos en campos como la ecología, biogeografía y biología de conservación (Pereira & Moreno, 2013). Para evaluar este fenómeno biológico se necesita recurrir a medidas que permiten describir y comparar los componentes de los ecosistemas (Moreno, Barragán, Pineda, & Pavón, 2011).

La variación de la diversidad biológica se ha dividido en 3 elementos. La diversidad α de un bioindicador expresa el número de especies que utilizan un mismo ambiente o recurso en una determinada región geográfica (Arellano & Halffter, 2003). La diversidad β permite dilucidar el cambio en la composición de especies entre comunidades (Moreno, Barragán, Pineda, & Pavón, 2011). Por último, la diversidad γ se refiere al número total de especies registradas para los sitios o comunidades que conforman un paisaje (Arellano & Halffter, 2003).

2.3.1 Medición de la diversidad alfa

Existen varios métodos para evaluar la diversidad dentro de las comunidades, sin embargo estos son seleccionados en función de las características biológicas del grupo estudiado. El objetivo de medir la diversidad es contar con un instrumento que contribuya en la toma de decisiones en favor de la conservación de la naturaleza (Moreno, 2001).

Según Moreno (2001), los métodos de medición de la diversidad alfa cuantifican la riqueza específica y la estructura de la comunidad. La riqueza hace referencia a la ponderación de especies; según González-Oreja & otros (2010) para estimar la riqueza, son más adecuados los métodos no paramétricos, entre los cuales se destacan Jackknife de primer orden (Jackknife 1) y Chao 2 que se calculan en función al número de especies presentes en solo una unidad de muestreo. Según Moreno (2001) la estructura muestra la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie (dominancia o equidad), los índices más reconocidos sobre diversidad se basan en la equidad entre los cuales se destacan el índice de Shannon-Wiener y la equitatividad de Pielou.

2.3.2 Medición de la diversidad beta

La diversidad entre comunidades está basada en proporciones o diferencias que pueden ser representadas a través de índices de similitud, disimilitud o distancia entre los hábitats (Sorensen, Jaccard, Morisita-Horn, Bray-Curtis, entre otros); esta información puede obtenerse mediante métodos cuantitativos y cualitativos (Moreno, 2001).

2.4 Importancia de los estudios de biodiversidad en sitios operados por la industria petrolera

La región amazónica ecuatoriana alberga una enorme diversidad biológica por lo tanto la relación entre las actividades de extracción de petróleo y la biodiversidad son motivos de expectativa social (Finer, Jenkins, Pim, Kean, & Ross, 2008).

Un programa de monitoreo de bioindicadores permite evaluar sistemáticamente los cambios en la biodiversidad y el grado de éxito de las medidas de mitigación. El uso de bioindicadores no se limita al conocimiento de los efectos negativos, también son fundamentales para resaltar las contribuciones a los esfuerzos de conservación propiciados por las empresas del sector petrolero (The Energy & Biodiversity Initiative [EBI], 2003).

2.5 Diversidad de coleópteros en áreas afectadas por las actividades antrópicas en el Ecuador

Las investigaciones entomológicas realizadas en la Amazonía ecuatoriana fueron principalmente financiadas por países del hemisferio norte y destinadas al conocimiento de la composición escarabaeidológica regional (Onore, Reyes, & Zunino, 2003). El desarrollo de la actividad petrolera y agrícola permitió el crecimiento poblacional y consecuentemente el deterioro del ecosistema. Son escasos los estudios coleopterológicos realizados en lugares perturbados por actividades antrópicas, entre ellos se destacan los trabajos de Rosero (2010), CINGE (2012) y MAE (2015).

Según el MAE (2015), en la microcuenca del Río Pucayacu, afectada por actividades de extracción de petróleo se colectaron 44 especies de Scarabaeinae pertenecientes a 17 géneros. Por otro lado CINGE (2012), que realizó un monitoreo para la instalación de un pozo exploratorio en un sitio afectado principalmente por actividades agropecuarias, encontró 15 especies de Scarabaeinae. Rosero (2010), en bosques de la Amazonía ecuatoriana perturbados por las actividades petroleras, agrícolas y ganaderas, reportó 35 especies de Carabidae.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Área de estudio

La investigación se realizó en los cantones La Joya de los Sachas y Shushufindi de las provincias orientales de Orellana y Sucumbíos respectivamente; específicamente en las áreas de influencia de las actividades de extracción petrolera a cargo de Petroamazonas EP (Figura 3).



Figura 3 Ubicación política de los sitios de muestreo

En la tabla 2, se presentan los tipos de ecosistemas y su ubicación espacial (coordenadas geográficas) de los sitios involucrados en el estudio. Según el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) (2017), el cantón La Joya de los Sachas localizado en la provincia de Orellana, se encuentra a 300 m snm, con una temperatura media mensual de 24 °C y una precipitación anual de 3 100 mm, alcanzando una humedad relativa del 80 %. El cantón Shushufindi, situado en la provincia de Sucumbíos, se encuentra a 200 m snm, con una

temperatura media mensual de 24 °C y una precipitación anual de 3 447 mm (GAD Shushufindi [Gobierno Autónomo Descentralizado de Shushufindi], 2015).

Tabla 2

Coordenadas referenciales de los ecosistemas estudiados

Tipo de ecosistema	Coordenadas geográficas
Ecosistema sensible (remediado)	76°38'23,9"W; 0°06' 5,8"S
Área de uso agrícola (remediado)	76°51' 8,6"W; 0°19' 6,2"S
Fragmento de bosque Natural (testigo)	76°51' 44,6"W; 0°21' 34,2"S
Área agrícola (testigo)	76°52' 9,2"W; 0°20' 48,8"S

Según Holdridge (1979), Orellana y Sucumbíos se ubican en una zona de vida denominada bosque húmedo Tropical (bhT). La formación vegetal de los sitios de estudio corresponde al bosque muy húmedo de tierras bajas de la Amazonía ecuatoriana (Sierra, Cerón-Martínez, & Valencia, 1999); mientras que para Albuja et al. (2012), las provincias pertenecen al piso zoogeográfico Tropical Oriental.

3.2 Materiales y métodos

3.2.1 Selección de ecosistemas

Los ecosistemas seleccionados fueron asignados por Petroamazonas EP y correspondieron a fuentes de contaminación eliminadas en el año 2017, las cuales según los límites permisibles de contaminantes (Tabla 1) son: a) área con ecosistema sensible (S) que corresponde a un predio pantanoso con cobertura forrajera (*Desmodium ovalifolium*); b) área de uso agrícola (A) en la que la cobertura vegetal es incipiente, y colinda con un agrosistema de palma africana (*Elaeis guineensis*). Adicionalmente se muestreó en dos áreas testigo que son: a) fragmento de bosque natural amazónico testigo del ecosistema sensible (TS), y b) plantación de *Elaeis guineensis* manejada por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), que sirvió como testigo para el área de uso agrícola (TA). La selección de los sitios fue avalada por los tutores de la Universidad de las Fuerzas Armadas-

ESPE y por los técnicos del Proyecto Amazonía Viva en una salida de prospección, realizada entre el 18 y 25 de enero de 2018.

3.2.2 Muestreo de escarabajos

El estudio de la diversidad de escarabajos se realizó en los meses de febrero a julio de 2018 en cuatro tipos de ecosistemas (S, A, TS, TA). En cada ecosistema se establecieron cuatro puntos o estaciones de muestreo separadas a 30 m de distancia (Figura 4A) (Vilchez, 2009); los planos de las estaciones de muestreo de cada ecosistema se presentan en los anexos. En cada estación se implementaron seis trampas pitfall (15 x 10 cm de diámetro, 800 ml de volumen total) (Comar, Vicente, Coppo, & Londrina, 2016). Las trampas estuvieron separadas a una distancia de 5 m, las que fueron cebadas aleatoriamente, con tres tipos de cebos: excremento animal (E), fruta (F) y carroña (C) (2 clases de cebo en cada estación; Figura 4B); es decir que en cada sitio se instalaron 24 trampas, dando un total de 96 trampas en los cuatro sitios evaluados.

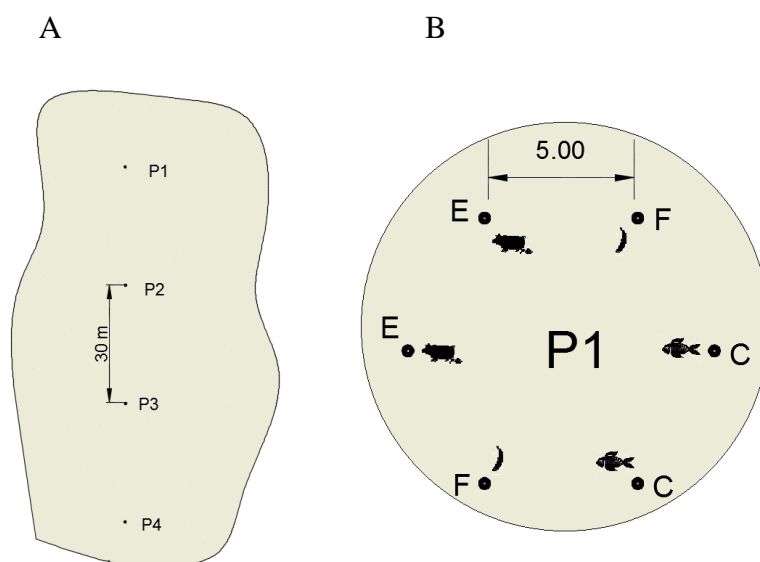


Figura 4 A) Croquis de la distribución de las estaciones implementadas en los ecosistemas y, B) trampas por sitio de muestreo en cada estación. P1= estación uno, P2= estación dos, P3=estación tres y P4= estación cuatro; C= trampa cebada con carroña, F= trampa cebada con fruta, E= trampa cebada con excremento.

Para la instalación de las trampas se cavó un hoyo, donde se colocó un recipiente plástico de 800 ml, de tal forma que su borde superior se fijó al nivel del suelo (Figura 5A). Para evitar la caída de lluvia, el recipiente fue cubierto con láminas de plástico fijadas con soportes de madera a una altura de 15 cm del suelo (Figura 5B). Se utilizó una solución de alcohol al 35 % con función mortífera para los coleópteros que cayeron en el recipiente. Las trampas permanecieron abiertas durante cinco días consecutivos por cinco meses; las revisiones se realizaron cada 24 horas.



Figura 5 A) trampa pitfall cebada con carroña B) protección plástica instalada en el agrosistema palma africana.

Los escarabajos colectados fueron transportados al laboratorio de Petroamazonas EP en recipientes plásticos debidamente etiquetados; los insectos fueron limpiados, clasificados a nivel de morfoespecies y refrigerados en frascos que contenían alcohol etílico al 70 % (Figura 6A). Posteriormente, se montaron en cajas entomológicas de acuerdo a las normas de preservación en seco de insectos (Figura 6B) (Márquez, 2005).

Se realizó una identificación preliminar utilizando las claves dicotómicas de Scarabaeinae escritas por Carvajal & otros (2011), Vaz de Mello, Edmonds, Ocampo, & Schoolmeesters,

(2011) y Chamorro, Marín, Granda, & Vaz de Mello, (2018) (Figura 6C). La identificación definitiva fue validada por el Biól. Wladimir Carvajal, Ms. Sc., curador de la Sección de Invertebrados del Departamento de Biología de la Escuela Politécnica Nacional (EPN). El material colectado se encuentra depositado en el Museo de Investigaciones Científicas del IASA I (MIZI) (figura 6D), bajo permiso de investigación No 016-2018-1C-DPAO/AV y orden de movilidad No. 065-2018-MOV-DPAO/AVS.

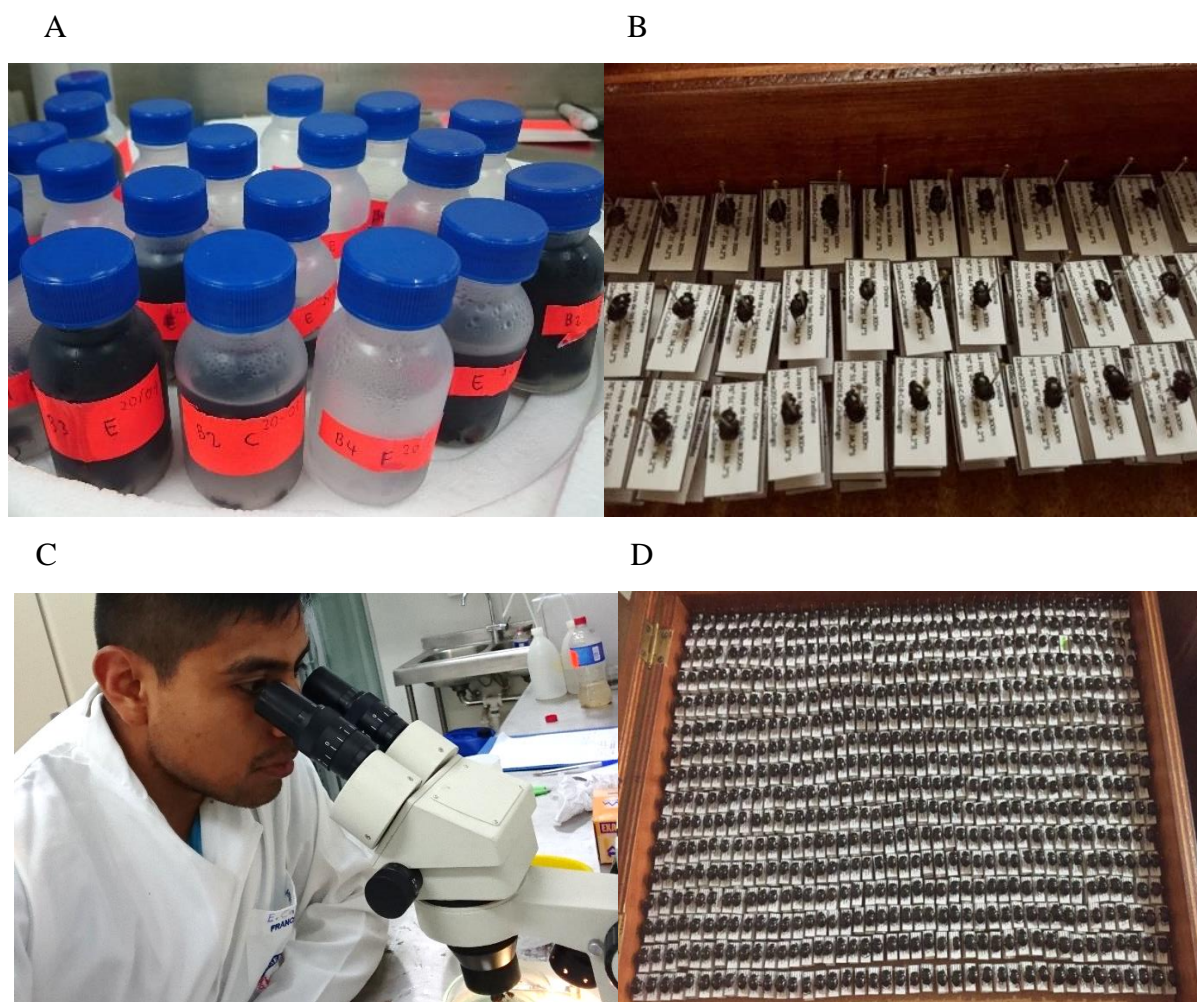


Figura 6 A) Frascos con especímenes de cada ecosistema B) *Onthophagus osculatii* montados en caja entomológica C) Identificación preliminar de especímenes D) Caja entomológica con *Canthon aequinoctialis* depositada en el MIZI

3.2.3 Diseño experimental

Se empleó un diseño de bloques completos al azar DBCA en parcela dividida (4x3) con cuatro repeticiones. La parcela grande fue el tipo de ecosistema y la parcela pequeña fue el tipo de cebo (Figura 7).

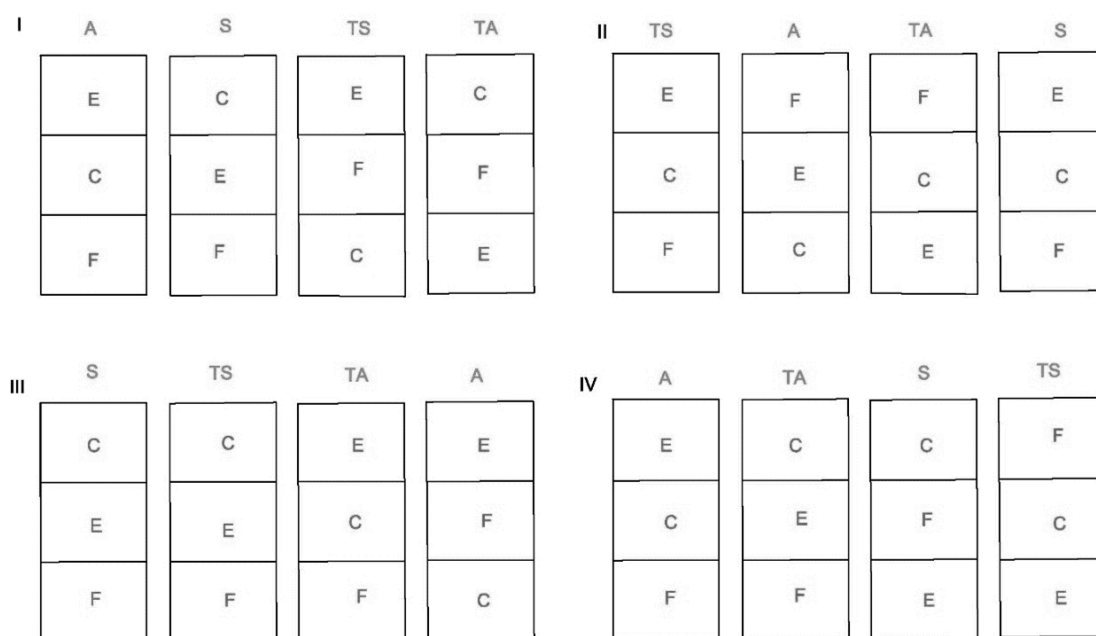


Figura 7 Croquis del diseño experimental

El modelo matemático fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + T_j + \delta_{ij} + O_k + TC_{jk} + e_{ijk}$$

donde:

μ = media general

B_i = efecto i-ésimo bloque

T_j = efecto del j-ésimo tipo de ecosistema

δ_{ij} = error para tipo de ecosistema

O_k = efecto del k-ésimo tipo de cebo

TC_{jk} = efecto de la interacción ecosistema*cebo

e_{ijk} = error para tipo de cebo

La unidad experimental correspondió a las dos trampas del mismo tipo de cebo en cada estación de muestreo. Se utilizaron un total de 48 unidades experimentales.

3.2.4 Métricas de diversidad

La diversidad de Scarabaeinae se evaluó en términos de composición, abundancia y estructura de especies (diversidad y similitud) registradas por tipo de ecosistema. Se determinó la **abundancia proporcional** de especies (P_i), la misma que se obtuvo dividiendo el total de escarabajos de cada especie por el total individuos colectados.

Para comparar gráficamente la diversidad coleopterológica entre ecosistemas y entre tipos de cebo, se realizaron **curvas rango-abundancia**, para lo que P_i fue transformado en \log_{10} , este valor fue ordenado de manera descendente y fue graficado con un diagrama de puntos (da Silva G. , 2011).

Los registros de **riqueza absoluta** fueron comparados con la **riqueza esperada** de especies, la que fue obtenida con el estimador no paramétrico Jackknife de primer orden (Jackknife 1) que se basa en la frecuencia de especies raras de la comunidad (Krebs, 2009). Según González-Oreja y otros (2010), este estimador de riqueza presenta un sesgo menor al 10 %. Para este análisis fue utilizado el programa EstimateS 7.0 ® con 500 aleatorizaciones (Colwell & Elsensohn, 2014).

La **estructura** se midió con índices de diversidad y equitatividad. La **diversidad específica** fue evaluada con el índice de Shannon (H'), que expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra (Moreno, 2001). La **equitatividad** fue determinada con el índice de Pielou (J') que es derivado de (H'), con valores que van entre 0 y 1; cuando el valor se acerca a 1 significa que los individuos se distribuyeron homogéneamente (Türkmen & Kazanci, 2010). Estos índices se calcularon con

el software Past 3.0 ® (Hammer, Harper, & Ryan, 2001). En el anexo 1, se aprecia las ecuaciones usadas para calcular los respectivos índices.

La diversidad beta se analizó mediante dendrogramas de **similitud de especies**, que se elaboraron con el índice de Bray-Curtis, este método permite visualizar, al mismo tiempo la similitud y disimilitud de especies de escarabajos entre ecosistemas (Pozo-Rivera, 2017). Dicho índice fue procesado en el programa Biodiversity Pro ® (McAleece, Gage, Lamshead, & Paterson, 1997).

3.2.5 Análisis de datos

La información se analizó con estadística descriptiva (media, error estándar, coeficiente de variación). Para comparar las variables de composición, abundancia y estructura de especies entre ecosistemas y tipos de cebo, se realizaron análisis de varianza para un diseño completamente al azar en parcela dividida mediante modelos mixtos.

Los datos de las variables abundancia y riqueza específica fueron transformados mediante la $\sqrt{x} + 1$, mientras que los índices de Shannon-Wiener y Pielou fueron transformados a través de $\ln + 0,5$. Debido a que las variables fueron registradas mensualmente se realizó un análisis de medidas repetidas en el tiempo. Las observaciones correlacionadas con el tiempo se modelaron utilizando la correlación auto regresiva de orden uno. La homogeneidad de varianzas se modeló asignando varianzas independientes para los sitios y la normalidad fue evaluada mediante la prueba de Shapiro-Wilks. La selección del modelo que mejor se ajustó a cada una de las variables se basó en los criterios de AIC (criterio de información Akaike) y BIC (criterio de información Bayesiana). Además se realizaron pruebas de comparación de medias Di Rienzo, Guzmán y Casanoves (DGC) al 5 % para sitios, cebos, meses e interacciones. Todos los análisis se elaboraron usando el software Infostat versión 2015 (Di Rienzo, y otros, 2015).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Composición de especies de la familia Scarabaeinae

Se capturaron 10 251 coleópteros, de los cuales 3 454 (33,7 %) correspondieron a la subfamilia Scarabaeinae; los especímenes pertenecen a 13 géneros y 32 especies (Tabla 3).

Tabla 3

Abundancia específica y abundancia proporcional de especies de escarabajos capturados (entre paréntesis) en cuatro tipos de ecosistemas

Especie	A	TA	S	TS	Total
<i>Canthidium aurifex</i> Bates, 1887			3 (0,004)	2 (0,001)	5 (0,001)
<i>Canthidium cf rufinum</i> Harold, 1867				17 (0,06)	17 (0,005)
<i>Canthidium onitoides</i> Perty, 1830				1(0,00)	1(0,00)
<i>Canthidium</i> sp1			3 (0,004)	5(0,02)	8(0,002)
<i>Canthon aequinoctialis</i> Harold, 1868			12(0,016)	860(0,326)	872(0,252)
<i>Canthon luteicollis</i> Erichson, 1847			1(0,001)	35(0,013)	36(0,01)
<i>Coprophaneus telamon</i> Erichson, 1847	3(0,25)	9(0,115)	16(0,022)	152(0,058)	180(0,052)
<i>Deltochilum amazonicum</i> Kolbe, 1905				105(0,04)	105(0,03)
<i>Deltochilum carinatum</i> Westwood, 1837				6(0,002)	6(0,002)
<i>Deltochilum howdeni</i> Martínez, 1955			10(0,014)	341(0,129)	351(0,102)
<i>Dichotomius mamillatus</i> Felsche, 1901			2(0,003)	49(0,019)	51(0,015)
<i>Dichotomius ohausi</i> Luederwaldt, 1923	1(0,083)	13(0,167)	17(0,023)	133(0,05)	164(0,047)
<i>Dichotomius podalirius</i> Felsche, 1901				27(0,01)	27(0,008)
<i>Dichotomius</i> sp1				70(0,027)	70(0,02)
<i>Eurysternus atrosericus</i> Génier, 2009			2(0,003)	15(0,006)	17(0,005)
<i>Eurysternus foedus</i> Guérin-Méneville, 1844		3(0,038)	1(0,001)	9(0,003)	13(0,004)
<i>Eurysternus plebejus</i> Harold, 1880		10(0,128)	4(0,005)	160(0,061)	174(0,05)
<i>Eurysternus squamosus</i> Génier, 2009				27(0,01)	27(0,008)
<i>Eurysternus wittmerorum</i> Martínez, 1988	1(0,083)	5(0,064)	7(0,01)	26(0,01)	39(0,011)
<i>Malagoniella astyanax</i> Halfpter, 1960				1(0,0001)	1(0,0001)
<i>Ontherus sulcator</i> Fabricius, 1775	4(0,333)	31(0,397)	613(0,841)	71(0,027)	719(0,208)
<i>Onthophagus haematopus</i> Harold, 1887			4(0,005)	225(0,085)	229(0,066)
<i>Onthophagus hircus</i> Billberg, 1813	3(0,25)	5(0,064)	19(0,026)		27(0,008)
<i>Onthophagus marginicollis</i> Harold, 1880			6(0,008)		6(0,002)
<i>Onthophagus onore</i> Zunino & Halfpter, 1997				6(0,002)	6(0,002)
<i>Onthophagus osculatii</i> Guérin, 1855			1(0,001)	216(0,082)	217(0,063)
<i>Onthophagus xanthomerus</i> Bates, 1887			3(0,004)	36(0,014)	39(0,011)
<i>Oxysternon conspicillatum</i> Weber, 1801				7(0,003)	7(0,002)
<i>Oxysternon silenus</i> d'Olsouefieff, 1924		2(0,026)	1(0,001)	1(0,0001)	4(0,001)
<i>Phaneus chalcomelas</i> Perty, 1830			3(0,004)	10(0,004)	13(0,004)
<i>Scyballocanthon macullatus</i> Schmidt, 1920			1(0,001)	15(0,006)	16(0,005)
<i>Uroxys</i> sp1				7(0,003)	7(0,002)
Riqueza	5	8	21	30	32
Abundancia	12	78	729	2 635	3 454

A=agrícola, TA= agrosistema palma africana, S= ecosistema sensible, TS= fragmento de bosque natural

Canthon aequinoctialis Harold, 1868 (25,24 %), *Ontherus sulcatur* Fabricius, 1775 (20,81 %) y *Deltochilum howdeni* Martínez, 1955 (10,16 %), representaron las especies más abundantes con el 56,2 % del total de las capturas (Tabla 3).

Ontherus sulcatur fue la especie con mayor frecuencia de captura en tres de los ecosistemas evaluados, representando el 33 % en el área con suelo de uso agrícola, el 40 % en el agrosistema palma africana y el 84 % en el ecosistema sensible. *Canthon aequinoctialis* fue más abundante en el fragmento de bosque con el 33 %. La segunda especie más abundante cambió entre ecosistemas (Figura 8).

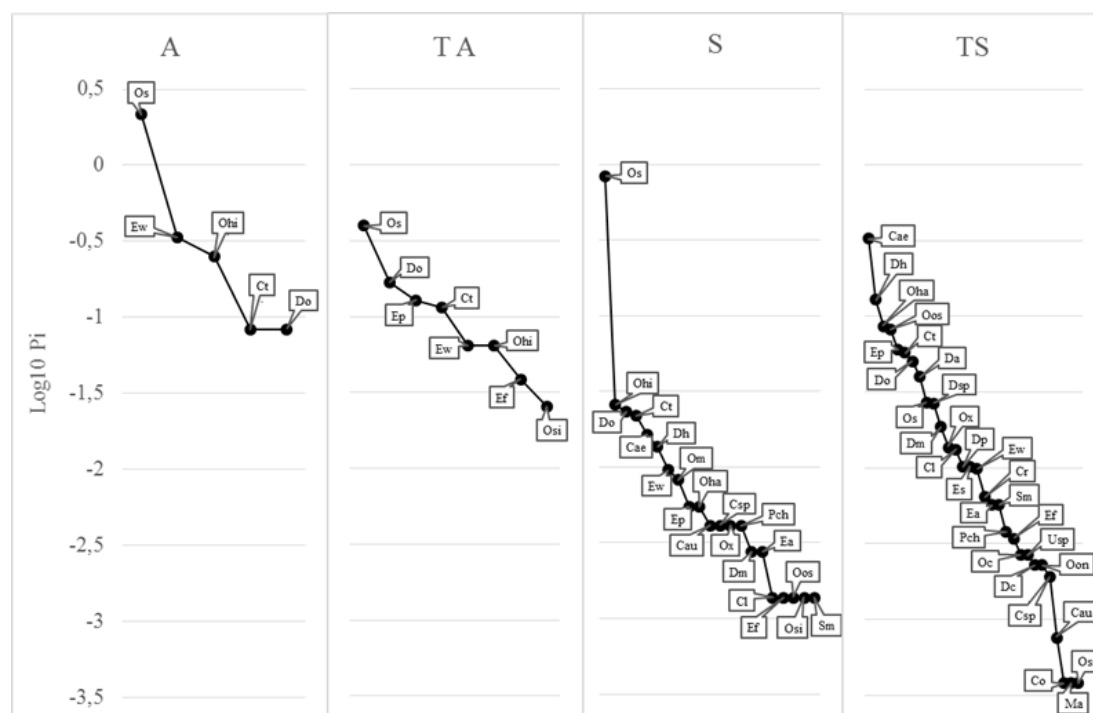


Figura 8 Curvas rango abundancia para los ecosistemas evaluados. A= área de uso agrícola, TA= agrosistema palma africana, S= ecosistema sensible, TS= fragmento de bosque natural, los llamados de puntos muestran acrónimos de las especies de Scarabaeinae

La mayor cantidad de especies se presentó en TS (30 spp.), seguida por S (21 spp.), TA (8 spp.) y A (5 spp.). El estimador de riqueza Jackknife 1 reveló que la riqueza observada de escarabajos por tipo de ecosistema representó el 76 % en A, 91 % en TA, 72 % en S y 90 % en TS (Figura 9).

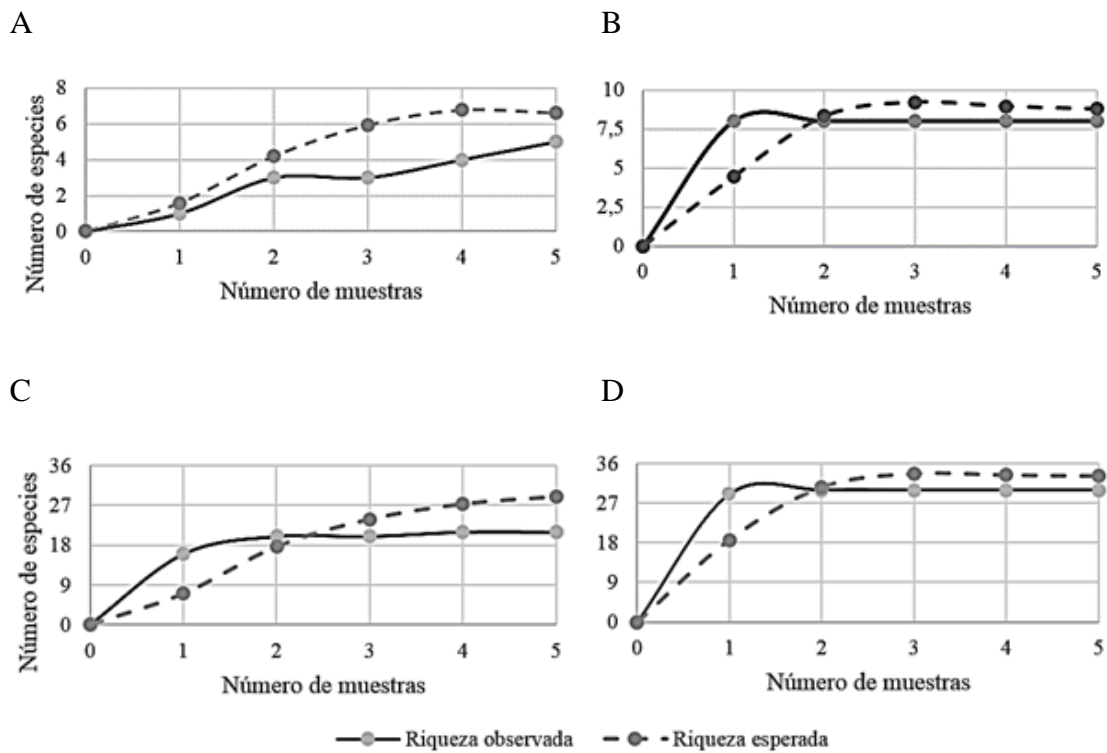


Figura 9 Evaluación de la riqueza observada con la esperada mediante el estimador Jackknife A) área de uso agrícola; B) agrosistema palma africana; C) ecosistema sensible; D) Fragmento de bosque natural. En el anexo 2 se presentan los valores de riqueza estimada por tipo de ecosistema \pm desviación estándar

En las trampas cebadas con carroña la especie más abundante fue *Deltochilum howdenii* con el 46 %, en trampas cebadas con excremento fue más frecuente *Canthon aequinoctialis* y *Ontherus Sulcatur* con el 33 y 27 % respectivamente y en trampas cebadas con fruta la especie más representativa fue *Dichotomius ohausi* con el 82 % (Figura 10).

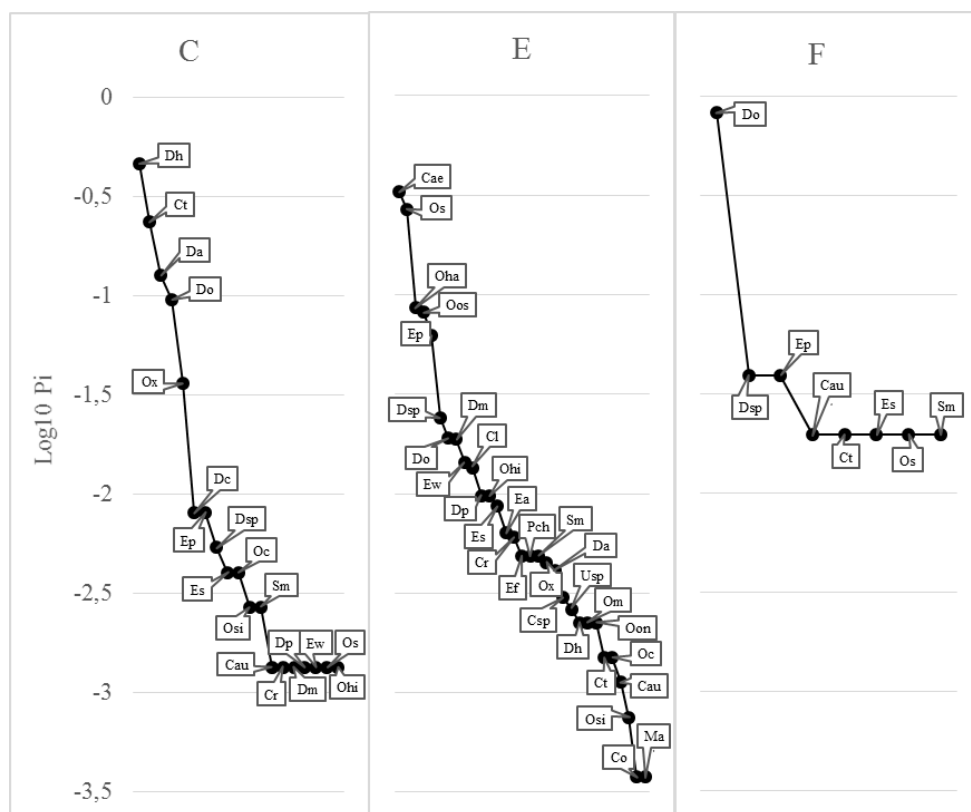


Figura 10 Curvas rango-abundancia para los cebos utilizados para atrapar Scarabaeinae en las trampas pitfall; C=carroña, E=estiércol, F=fruta. El significado de los acrónimos se muestra en la lista de abreviaturas

La mayor frecuencia de captura se presentó en E (31 spp.), seguida por C (19 spp.) y F (8 spp). El estimador de riqueza Jackknife 1 demostró que la riqueza observada por tipos de cebo representó el 77 % en C, 91 % en E y 59 % en F (Figura 11).

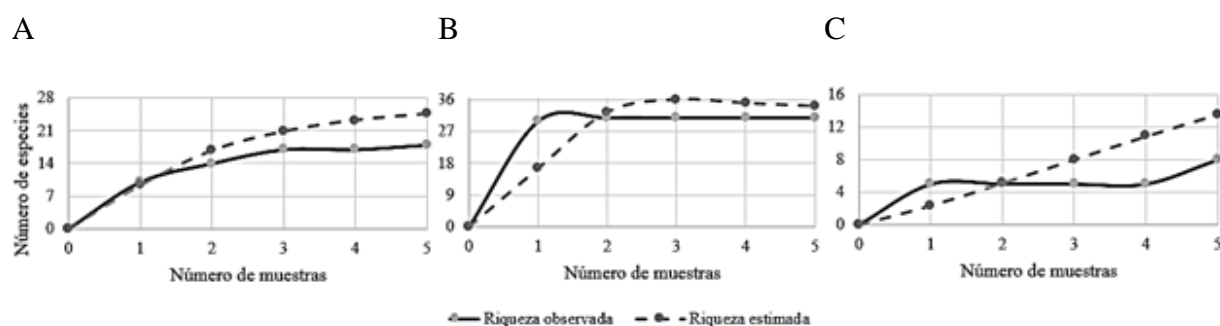


Figura 11 Evaluación de la riqueza observada con la esperada entre tipos de cebo utilizados para atrapar Scarabaeinae en las trampas *pitfall*. A) trampas cebadas con carroña; B) trampas cebadas con excremento; C) trampas cebadas con fruta. En el anexo 3 se presentan los valores de riqueza estimada por tipo de cebo \pm desviación estándar

4.2 Diversidad beta

El 10 % de las especies de escarabajos de TS, se compartieron en los otros tipos de ecosistema. Los sitios más similares fueron TA y A con un 27 %, este conglomerado presentó una similitud del 17 % con S (Figura 12A). Por otro lado, el 7 % de las especies capturadas con E se presentaron en las capturadas con otro tipo de cebo. Las trampas cebadas con F y C fueron las más similares con un 13 % (Figura 12B).

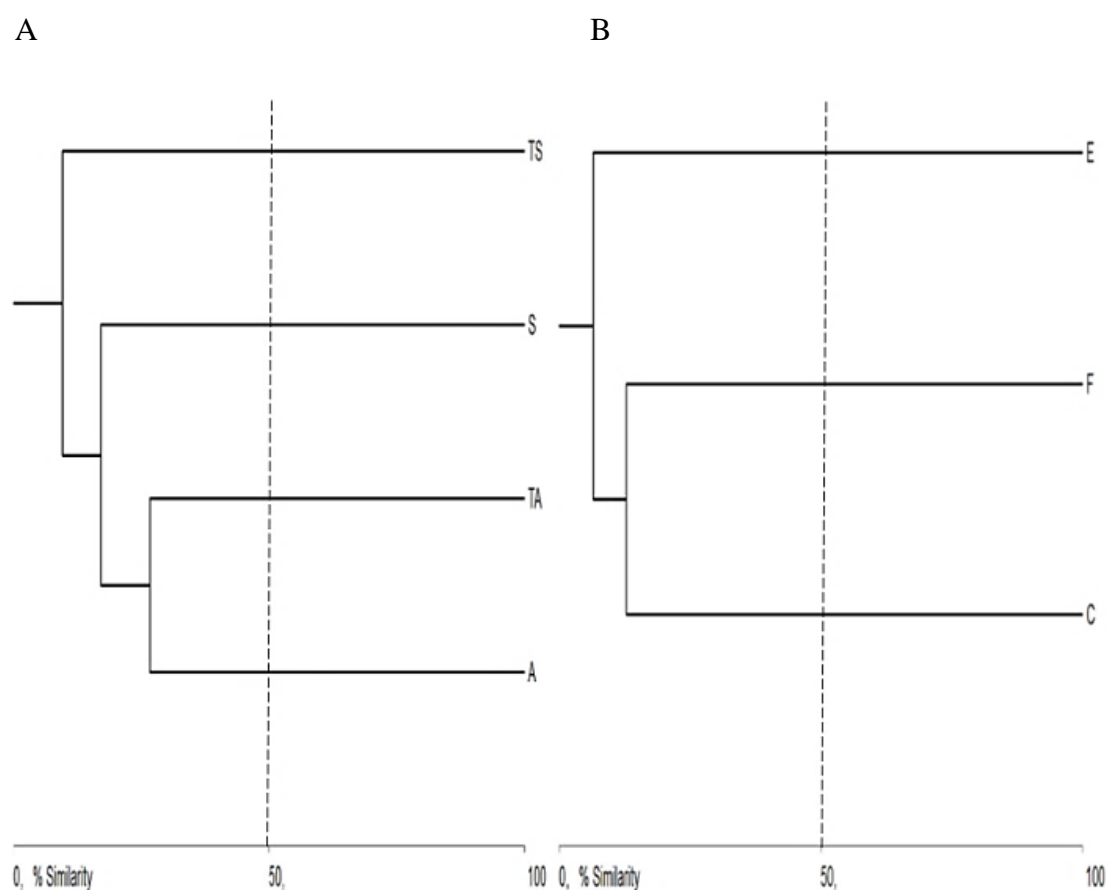


Figura 12 Dendrogramas de similitud de especies, basados en el índice de Bray-Curtis. A) similitud entre ecosistemas; B) similitud entre tipos de cebo. A=área de uso agrícola, TA= agrosistema palma africana, S= ecosistema sensible, TS= fragmento de bosque natural; C=carroña, E=estiércol, F=fruta. En los anexos 4 y 5 se presentan tablas que facilitan su interpretación

4.3 Diferencias de las características de la diversidad de Scarabaeinae entre ecosistemas evaluados

Las variables, abundancia ($F=11,23$; $p< 0,0001$), riqueza ($F=2,90$; $p< 0,0001$), índice de Shannon-Wiener ($F= 2,41$; $p= 0,0005$) y equitatividad de Pielou ($F= 2,28$; $p= 0,0012$), presentaron un efecto significativo en la interacción mes \times ecosistema \times cebo.

Los valores más altos de **abundancia absoluta** y **riqueza específica** se presentaron en el fragmento de bosque natural del mes de febrero en trampas cebadas con estiércol, en menor importancia cabe destacar la abundancia absoluta del ecosistema sensible en el mes de febrero y la riqueza específica del fragmento de bosque natural en los meses de marzo y julio; también en trampas cebadas con estiércol (Tabla 4).


Para la **diversidad de Shannon** (H') y **equitatividad de Pielou** (J'), se obtuvieron los mayores valores en trampas cebadas con estiércol en: febrero (ecosistema sensible, fragmento de bosque natural), marzo (agrosistema palma africana, fragmento de bosque natural), julio (fragmento de bosque natural); también en las que se cebaron con carroña en el fragmento de bosque natural durante todo el periodo de muestreo (Tabla 4).

El sitio de uso agrícola en todos los meses evaluados, con los tres tipos de cebo presentó el nivel de significancia más bajo para todas las variables analizadas (Tabla 4).

Tabla 4

Promedio \pm error estándar de abundancia, riqueza, índice Shannon-Wiener y equitatividad de Pielou de Scarabaeinae de acuerdo al mes, ecosistema y tipo de cebo

Mes	Ecosistema	Cebo	Abundancia	Riqueza	H'	J'
Feb	TS	E	371,75 \pm 75,57 a	20,00 \pm 1,78 a	1,84 \pm 0,07 a	0,62 \pm 0,02 a
Mar	TS	E	54,50 \pm 16,02 c	13,25 \pm 1,25 b	2,01 \pm 0,07 a	0,79 \pm 0,04 a
Jul	TS	E	44,25 \pm 17,52 c	10,25 \pm 1,89 b	1,57 \pm 0,19 a	0,72 \pm 0,10 a
Feb	TS	C	39,25 \pm 5,94 c	5,75 \pm 0,25 c	1,40 \pm 0,02 a	0,80 \pm 0,02 a
Mar	TS	C	53,00 \pm 9,67 c	5,75 \pm 0,75 c	1,31 \pm 0,05 a	0,76 \pm 0,04 a
Jul	TS	C	24,00 \pm 4,78 c	5,25 \pm 1,11 c	1,07 \pm 0,17 a	0,77 \pm 0,04 a
Feb	S	E	118,75 \pm 6,56 b	5,00 \pm 2,35 c	0,38 \pm 0,20 b	0,23 \pm 0,06 c
Jun	TS	C	30,50 \pm 2,96 c	5,00 \pm 0,41 c	1,05 \pm 0,10 a	0,65 \pm 0,04 a
May	TS	C	25,75 \pm 5,28 c	5,00 \pm 1,08 c	1,14 \pm 0,21 a	0,73 \pm 0,05 a
Mar	S	E	22,75 \pm 14,49 c	4,75 \pm 1,55 c	0,91 \pm 0,22 a	0,70 \pm 0,08 a
Feb	TA	E	6,75 \pm 2,50 d	3,00 \pm 0,41 d	0,83 \pm 0,14 a	0,90 \pm 0,03 a
Jul	TA	E	5,50 \pm 2,33 d	2,25 \pm 0,75 d	0,50 \pm 0,29 b	0,41 \pm 0,24 c

CONTINÚA 

Feb	TS	F	4,25 ± 0,95 d	2,00 ± 0,41 d	0,55 ± 0,23 b	0,65 ± 0,24 b
Jun	TS	E	2,75 ± 0,63 e	2,00 ± 0,41 d	0,58 ± 0,21 b	0,70 ± 0,23 b
Mar	TA	E	2,25 ± 0,75 e	1,50 ± 0,29 d	0,30 ± 0,17 b	0,43 ± 0,25 c
May	TS	E	2,50 ± 0,65 e	1,50 ± 0,29 d	0,31 ± 0,18 b	0,45 ± 0,26 c
Feb	TA	C	2,00 ± 0,58 e	1,25 ± 0,25 d	0,42 ± 0,26 b	0,23 ± 0,23 c
Jul	TS	F	2,50 ± 0,87 e	1,25 ± 0,25 d	0,17 ± 0,17 c	0,25 ± 0,25 c
Jul	S	E	30,75 ± 21,1 c	1,00 ± 0,41 e	0,03 ± 0,03 c	0,05 ± 0,05 c
Mar	S	C	4,25 ± 3,92 e	1,00 ± 0,71 e	0,24 ± 0,24 c	0,22 ± 0,22 c
Feb	S	C	2,50 ± 1,50 e	0,75 ± 0,48 e	0,14 ± 0,14 c	0,20 ± 0,20 c
Feb	S	F	0,75 ± 0,48 e	0,75 ± 0,48 e	0,17 ± 0,17 c	0,25 ± 0,25 c
Jul	S	C	0,75 ± 0,48 e	0,75 ± 0,48 e	0,17 ± 0,17 c	0,25 ± 0,25 c
Jun	TS	F	1,00 ± 0,41 e	0,75 ± 0,25 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
Mar	A	E	1,25 ± 0,48 e	0,75 ± 0,25 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
Mar	TS	F	2,00 ± 0,91 e	0,75 ± 0,25 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
Mar	TA	C	1,00 ± 0,41 e	0,75 ± 0,25 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
Jun	TA	C	0,75 ± 0,48 e	0,50 ± 0,29 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
Mar	S	F	0,50 ± 0,29 e	0,50 ± 0,29 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
May	TS	F	1,00 ± 0,71 e	0,50 ± 0,29 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
May	TA	C	0,50 ± 0,50 e	0,50 ± 0,50 e	0,17 ± 0,17 c	0,00 ± 0,00 c
Feb	A	E	0,25 ± 0,25 e	0,25 ± 0,25 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
Jul	A	C	0,50 ± 0,50 e	0,25 ± 0,25 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
Jul	A	E	0,25 ± 0,25 e	0,25 ± 0,25 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
Jul	S	F	0,25 ± 0,25 e	0,25 ± 0,25 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
Jul	TA	C	0,25 ± 0,25 e	0,25 ± 0,25 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
Jul	TA	F	0,25 ± 0,25 e	0,25 ± 0,25 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
Jun	A	C	0,25 ± 0,25 e	0,25 ± 0,25 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
Jun	A	E	0,25 ± 0,25 e	0,25 ± 0,25 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
Jun	S	C	0,75 ± 0,75 e	0,25 ± 0,25 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
Mar	A	C	0,25 ± 0,25 e	0,25 ± 0,25 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
Mar	TA	F	0,25 ± 0,25 e	0,25 ± 0,25 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
May	S	C	0,25 ± 0,25 e	0,25 ± 0,25 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
Feb	A	C	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
Feb	A	F	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
Feb	TA	F	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
Jul	A	F	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
Jun	A	F	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
Jun	S	E	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
Jun	S	F	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
Jun	TA	E	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
Jun	TA	F	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
Mar	A	F	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
May	A	C	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
May	A	E	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
May	A	F	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
May	S	E	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
May	S	F	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
May	TA	E	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c
May	TA	F	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 c

Medias con letras diferentes en la misma columna difieren estadísticamente (DGC; $p < 0,05$); H' = índice de

Shannon-Wiener, $1 - D = 1 -$ índice de Simpson, $J =$ Equitatividad de Pielou; Sitios: A=agrícola, TA=

agrosistema palma africana, S= ecosistema sensible, TS= fragmento de bosque natural; Cebo: E=excremento,

C=carroña, F=fruta

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

5.1 Diversidad alfa

En el Ecuador se han registrado 33 géneros y 220 especies de Scarabaeinae (Chamorro, Marín, Granda, & Vaz de Mello, 2018), por lo tanto, los especímenes colectados en el transcurso de la presente investigación, representan al 39 % de los géneros y 15 % de las especies reportadas en el país.

El valor de riqueza total del presente trabajo (32 especies) difiere entre estudios previos efectuados en las provincias orientales de Orellana y Sucumbíos; así, Carpio (2011) registró 67 especies en el Parque Nacional Yasuní (Orellana), CINGE (2012) encontró 20 especies en Shushufindi (Sucumbíos), y el MAE (2015) reportó 44 especies en la microcuenca del río Pacayacu (Sucumbíos). Al parecer el grado de intensificación de las actividades antrópicas, es responsable en las fluctuaciones de la riqueza coleopterológica (Onore, Reyes, & Zunino, 2003); el mismo efecto fue obtenido por Amaro & otros (2015) y Decaëns & otros (2018) con otros taxa bioindicadores tales como aves, arañas, dípteros, ortópteros, ácaros.

En este estudio las especies más abundantes fueron *Canthon aequinoctialis*, *Ontherus sulcatur* y *Deltochilum howdeni*, las cuales fueron capturadas a 250 m snm; su registro era esperado ya que son comunes en áreas de baja altitud < 400 m snm (Carpio, 2011; Espinoza & Noriega, 2018).

En el último trabajo de la subfamilia Scarabaeinae para el Ecuador (Chamorro, Marín, Granda, & Vaz de Mello, 2018), no ha sido reportada la especie *Onthophagus hircus*, por lo tanto es un nuevo registro para el Ecuador (Carvajal y colaboradores, en preparación), la misma que se colectó en el cantón La Joya de los Sachas de la provincia de Orellana en los siguientes puntos: a) 76° 51' 8,6''W; 0° 19' 6,2''S, b) 76° 52' 15,6''W; 0° 20' 47,7''S, c) 76°

52°9,2'W; 0°20' 48,8'S; cabe destacar que a y b correspondieron a estaciones de muestreo dentro de pasivos remediados por Petroamazonas EP. Por otro lado, *Canthidium aurifex*, *Eurysternus atrosericus*, *Deltochilum howdeni* y *Onthophagus osculatii* se consideran nuevos registros para las provincias de Orellana y Sucumbíos (Tabla 5) (Carvajal, Villamarín, & Ortega, 2011; Espinoza & Noriega, 2018; Chamorro, Marín, Granda, & Vaz de Mello, 2018).

Tabla 5

Registros nuevos y ampliaciones de distribución de las especies de Scarabaeinae

Espece	Distribución conocida	Tipo de registro para Orellana y Sucumbíos
<i>Canthidium aurifex</i> Bates, 1887	Los Ríos	Nuevo
<i>Canthidium cf rufinum</i> Harold, 1867	Orellana, Sucumbíos	Previo
<i>Canthidium onitoides</i> Perty, 1830	Orellana, Pastaza, Sucumbíos	Previo
<i>Canthidium</i> sp1	NA	NA
<i>Canthon aequinoctialis</i> Harold, 1868	Orellana	Previo
<i>Canthon luteicollis</i> Erichson, 1847	Orellana, Morona Santiago, Napo, Pastaza, Sucumbios, Tungurahua, Zamora Chinchipe	Previo
<i>Coprophaneus telamon</i> Erichson, 1847	Morona Santiago, Napo, Orellana, Pastaza, Sucumbios, Zamora Chinchipe	Previo
<i>Deltochilum amazonicum</i> Kolbe, 1905	Orellana, Napo	Previo
<i>Deltochilum carinatum</i> Westwood, 1837	Morona Santiago, Napo, Orellana, Pastaza, Sucumbíos, Zamora Chinchipe	Previo
<i>Deltochilum howdeni</i> Martínez, 1955	Napo	Nuevo
<i>Dichotomius mamillatus</i> Felsche, 1901	Morona Santiago, Napo, Orellana, Pastaza, Sucumbíos, Zamora Chinchipe	Previo
<i>Dichotomius ohausi</i> Luederwaldt, 1923	Morona Santiago, Napo, Orellana, Pastaza, Sucumbíos, Zamora Chinchipe	Previo
<i>Dichotomius podalirius</i> Felsche, 1901	Napo, Orellana, Pastaza, Sucumbíos, Zamora Chinchipe	Previo
<i>Dichotomius</i> sp1	NA	NA
<i>Eurysternus atrosericus</i> Génier, 2009	Chimborazo, Pichincha	Nuevo
<i>Eurysternus foedus</i> Guérin-Méneville, 1844	Esmeraldas, Los Ríos, Manabí, Morona Santiago, Napo, Orellana, Pastaza, Pichincha, Santa Elena, Santo Domingo de los Tsáchilas, Sucumbíos	Previo
<i>Eurysternus plebejus</i> Harold, 1880	El Oro, Esmeraldas, Imbabura, Los Ríos, Manabí, Morona Santiago, Orellana, Pastaza, Pichincha, Santa Elena, Santo	Previo
<i>Eurysternus squamosus</i> Génier, 2009	Sucumbíos	Previo
<i>Eurysternus wittmerorum</i> Martínez, 1988	Orellana, Pastaza, Sucumbíos	Previo

<i>Malagoniella astyanax</i> Halffter, 1960	Orellana, Sucumbíos	Previo
<i>Ontherus sulcatur</i> Fabricius, 1775	Sin determinar	Nuevo
<i>Onthophagus haematopus</i> Harold, 1887	Orellana	Previo
<i>Onthophagus hircus</i> Billberg, 1813	No hay registro	Nuevo
<i>Onthophagus marginicollis</i> Harold, 1880	Orellana	Previo
<i>Onthophagus onore</i> Zunino & Halffter, 1997	Orellana, Sucumbíos	Previo
<i>Onthophagus osculatii</i> Guérin, 1855	Sin determinar	Nuevo
<i>Onthophagus xanthomerus</i> Bates, 1887	Morona Santiago, Napo, Orellana, Pastaza, Sucumbíos, Zamora Chinchipe	Previo
<i>Oxysternon conspicillatum</i> Weber, 1801	Carchi, Cotopaxi, El Oro, Esmeraldas, Imbabura, Loja, Los Ríos, Manabí, Morona Santiago, Napo, Orellana, Pastaza, Pichincha, Santo Domingo de los Tsáchilas, Sucumbíos, Zamora Chinchipe	Previo
<i>Oxysternon silenus</i> d'Olsouefieff, 1924	Carchi, Esmeraldas, Imbabura, Morona Santiago, Napo, Orellana, Pastaza, Pichincha, Sucumbíos, Zamora Chinchipe	Previo
<i>Phaneus chalcomelas</i> Perty, 1830	Morona Santiago, Napo, Orellana, Pastaza, Sucumbíos, Zamora Chinchipe	Previo
<i>Scyballocanthon macullatus</i> Schmidt, 1920	Napo, Pastaza, Tungurahua, Sucumbíos, Zamora Chinchipe	Previo
<i>Uroxys</i> sp1	NA	NA

NA= no aplica, por desconocimiento de la especie. (Carvajal, Villamarín, & Ortega, 2011; Chamorro, Marín, Granda, & Vaz de Mello, 2018; Espinoza & Noriega, 2018)

La estimación de la riqueza a través del estimador Jackknife 1, fue satisfactoria en los ecosistemas testigo evaluados (fragmento de bosque natural y agrosistema palma africana), mientras que en los sitios remediados (sitio con uso de suelo agrícola y ecosistema sensible) las capturas realizadas fueron menores a las esperadas con valores cercanos al 75 %, esto puede deberse al grado de perturbación de dichos ecosistemas más no a debilidades en el esfuerzo de muestreo (Pozo, com. pers.; da Silva, com. pers.). Para los tipos de cebo, la estimación de la riqueza fue pertinente para los individuos atrapados con excremento; los escarabajos colectados con carroña representaron el 77 % de las especies estimadas, esta condición indica que todavía quedan especies por registrar con este tipo de cebo (Escalante, 2003); para trampas cebadas con fruta no se alcanzó la estabilización de la curva del

estimador, esto puede deberse a valores muy dispersos en los datos con este tipo de cebo (Pereira, y otros, 2018).

5.2 Diversidad Beta

El análisis de Bray-Curtis señaló que el fragmento de bosque compartió apenas el 10 % de especies con respecto a los otros ecosistemas; García-López y otros (2016) encontraron bajos porcentajes de similitud de especies coleopterológicas entre áreas con vegetación nativa respecto a sitios con infraestructura, carreteras y campos agrícolas (26 %); por otra parte, Davis & Philips (2005) demostraron que entre bosques y cultivos existe una disimilitud de escarabajos que puede llegar al 80 %. Por lo que, la mínima semejanza de especies mostrada entre el fragmento de bosque natural con los otros ecosistemas evaluados era un resultado esperado, ya que los sitios evaluados, pese a ser remediados, son afectados por varias actividades antropogénicas (producción agropecuaria, operaciones petroleras, urbanismo y apertura de vías).

Cabe destacar que Uribe-Hernández y otros (2010) encontraron una similitud de especies de insectos de 12 % para sitios con presencia de contaminantes provenientes del petróleo, en relación a una zona control. Bajo este antecedente se puede inferir que la presencia de contaminantes derivados del petróleo, reduce la similitud entre: fragmento de bosque natural-ecosistema sensible y área de uso agrícola-agrosistema palma africana.

El área de uso agrícola y el agrosistema de palma africana, fueron los ecosistemas con la mayor similitud en el estudio (27 %), sin embargo se esperaba que estos dos ecosistemas compartan una similitud mayor al 50 % ya que una investigación previa demostró que existe una estrecha relación de la riqueza de escarabajos entre cultivos con distintas actividades culturales y las plantaciones perennes aledañas (Boscardin, Paulus, do Nascimento, Pedron,

& da Silva, 2017). Cabe resaltar además que los porcentajes de similitud $> 50\%$, corresponden a sitios menos disímiles entre sí (Berovides, com. pers.).

Por otro lado, Akutsu & otros (2006) argumentan que la pérdida de humedad del suelo producida por la radiación solar en sitios abiertos, disminuye la riqueza de insectos de pequeño tamaño corporal al ser sensibles a las desecaciones. Por lo tanto la baja similitud de especies entre el sitio de uso agrícola y el agrosistema de palma, se explica porque el sitio de uso agrícola mantiene niveles de contaminantes en el suelo y careció de cubierta vegetal que disminuyó la humedad del suelo durante el periodo evaluado.

En investigaciones anteriores Pimenta & de Marco (2015) y Macagno & Palestrini (2009) señalan que, entre bosques no perturbados y sitios regenerados cercanos a pasturas, existió una similitud coleopterológica cercana al 35 %, debido a que las áreas con dominancia arbórea propician el apareamiento de mayor cantidad de animales (tapires, venados, saínos, monos, guacamayos, loros, harpías, entre otras) que proveen de una variedad de estiércol; durante los muestreos del presente estudio se advirtió la presencia de una sola fuente de heces fecales (ganado bovino), característica que también explicaría la baja similitud de especies entre el fragmento de bosque natural y el ecosistema sensible.

Recientemente en la Costa ecuatoriana se encontró una alta asociación positiva entre la diversidad arbórea y la diversidad de escarabajos estercoleros (Yazán, 2018), de aquí que la marcada diferencia entre la composición florística del fragmento de bosque natural y el ecosistema sensible, puede contribuir a la baja similitud entre estos dos ecosistemas.

Scarabaeinae tiende a usar varios recursos alimenticios, no obstante existen diferencias marcadas entre tipos de cebos usados, así, Cajaiba y otros (2017) demostraron una baja similitud de especies dada por el uso de cebos de excremento humano, carne podrida y banana fermentada, en dicho estudio con el cebo de fruta fermentada se capturó la misma riqueza

específica que en trampas control sin ningún tipo de cebo. Considerando que, en el presente estudio, existió una gran disimilitud entre tipos de cebo, resulta complicado realizar una comparación de la efectividad de cebos utilizados, una inferencia similar fue presentada por da Silva (2011) con datos de diversidad coleopterológica provenientes de bosques amazónicos.

5.3 Diversidad de escarabajos entre ecosistemas evaluados

El ensamble de escarabajos se relaciona con las características vegetales de los ecosistemas y las actividades humanas; así, la mayoría de especies se encuentra en los bosques tropicales mientras que un grupo minoritario de especies, se ha adaptado en ambientes perturbados (Davis & Philips, 2005; da Silva G. , 2011), por esta razón se puede inferir que el fragmento de bosque natural preserva mayor cantidad de biodiversidad. Estudios previos también han demostrado que la forma, el tamaño, las características de los bordes y la distancia entre fragmentos boscosos, pueden favorecer la presencia de diversidad animal en zonas antropogenizadas (García-García & Santos-Moreno, 2014; Richard-Hansen, y otros, 2015; Pozo-Rivera, 2017).

A pesar de ser este el primer estudio sobre el comportamiento de la diversidad de escarabajos en ecosistemas remediados por afectaciones de la extracción petrolera, se conoce que este bioindicador puede ser utilizado como un óptimo verificador del estado de salud de los ecosistemas (da Silva & da Silva, 2011; Cultid, y otros, 2012).

En bosques tropicales, por la gran cantidad de lluvia que cae incluso en época seca, no se ha podido concluir con exactitud sobre el efecto de la precipitación en la abundancia y riqueza de escarabajos (Andresen, 2008); sin embargo da Silva (2011) encontró que la temperatura puede condicionar la diversidad de este grupo animal. A pesar de que en el presente estudio no se tomaron en cuenta las variables climáticas para los análisis estadísticos, se percibe que

existió mayor abundancia y riqueza en los meses que, según Trojer (1974), corresponden a periodos secos variables en el cantón La Joya de los Sachas. Por lo mencionado no se puede llevar a cabo una inferencia precisa para los cinco meses evaluados entre las variables ambientales, riqueza y abundancia de escarabajos, ya que los estudios de influencia estacional deben incluir información climática al menos de un año completo (Pozo-Rivera, com. pers.).

La mayor **abundancia** fue registrada en el fragmento de bosque (testigo) y en el ecosistema sensible (remediado), ambos en un mes seco variable con trampas cebadas con excremento. Previamente da Silva (2011) mencionó que en los bosques tropicales de la Amazonía, la preferencia de fruta como recurso alimenticio de los adultos de Scarabaeinae es poco frecuente debido a una gran cantidad de fuentes de excremento animal, el excremento sería entonces un factor que influye en la abundancia de Scarabaeinae; lo anterior explicaría porque la abundancia de escarabajos colectados con cebo de fruta es baja al ser comparada con la registrada con cebo de excremento.

Vale la pena resaltar que además Uribe-Hernández & otros (2010), reportaron que la abundancia absoluta de insectos disminuye con una mayor cantidad de TPH en el suelo; también es conocido que el nivel de antropogenización influye en indicadores de abundancia (Cultid, y otros, 2012), los ecosistemas remediados muestreados se localizan cerca de zonas urbanas y sus suelos mantienen aún ciertos contaminantes tales como Ni, Cd, Pb, TPH, por lo tanto, la alta abundancia en el fragmento de bosque y la baja cantidad de individuos registrados en el sitio con uso de suelo agrícola, eran esperadas.

El ecosistema que favoreció la **riqueza** fue el fragmento de bosque natural en meses secos variables con trampas cebadas con excremento. Muli, Irsan, & Suheryanto (2015) señalan que el número de especies de invertebrados en pozos petroleros abandonados, es mayor que en pozos en funcionamiento; además Uribe-Hernández & otros (2012) reportaron una riqueza

más alta de animales en sitios no perturbados por las actividades petroleras; por otro lado Davis & Philips (2005) encontraron que la riqueza coleopterológica tiende a ser mayor en parches de bosque que en áreas abiertas. Por lo tanto la variación de los valores de riqueza específica entre los cuatro ecosistemas evaluados es consecuencia de la contaminación en el suelo, así como de la alteración del bosque nativo.

De acuerdo con los estudios de Melekhina y otros (2015) la abundancia y riqueza de varias taxa (colémbolos, arañas, dípteros, lombrices) están beneficiadas por el tipo de tratamiento del suelo contaminado con residuos de petróleo y los intervalos de evaluación. En este trabajo no es posible analizar las fluctuaciones de la abundancia absoluta y riqueza específica con relación al tiempo de eliminación de las fuentes de contaminación porque los ecosistemas remediados estudiados fueron liberados en el 2017, año en el que alcanzaron su límite permisible de contaminantes estipulados en el RAOHE (Tabla 1).

La **diversidad** y **equitatividad** de organismos bioindicadores son altos en sitios inalterados (Krebs, 1985) y, menores en sitios afectados con contaminantes de petróleo (Uribe-Hernández, y otros, 2010; Muli, Irsan, & Suheryanto, 2015). Se conoce también que los cambios en la estructura vegetal nativa causan un empobrecimiento considerable de la diversidad (Cultid, y otros, 2012). En el presente estudio se encontraron mayores índices de Shannon (diversidad) y de Pielou (equitatividad) en el fragmento de bosque tropical, respuesta esperada dado los altos niveles de diversidad y endemismo característicos de la región amazónica (Noguera-Urbano, 2016). También se registraron altos índices de diversidad en el ecosistema sensible y el agrosistema de palma africana, mientras que los valores de diversidad más intrascendentes se presentaron en el área con uso de suelo agrícola, esta respuesta se debe a la variación en los niveles de contaminantes de los suelos, pues Muli y otros (2015) demostraron que a mayores niveles de TPH, la diversidad disminuye.

Por otra parte los cebos de carroña y estiércol utilizados en la colección de escarabajos han logrado cifras significativas con relación a otros tipos de cebo (Bustos & Lopera, 2003; Cajaiba, Périco, da Silva, & Santos, 2017); esta sería la causa por la que la diversidad registrada en el presente estudio es más alta en los cebos de carroña y estiércol que en las trampas cebadas con fruta.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

La composición de especies en los cuatro ecosistemas evaluados fue de 3 454 escarabeinos pertenecientes a 13 géneros y 32 especies, siendo las más abundantes *Canthon aequinoctialis*, *Ontherus sulcatur* y *Deltochilum howdeni*.

Las áreas de uso agrícola y las plantaciones de palma africana, comparten la mayor similitud de especies de Scarabaeinae, mientras que los ecosistemas sensibles mantienen bajos porcentajes de similitud de especies con el fragmento de bosque natural.

El ecosistema sensible presenta mayor abundancia, riqueza y diversidad de Scarabaeinae que el área de uso agrícola.

6.2 Recomendaciones

Realizar un análisis de la influencia de las variables climáticas en la abundancia, riqueza y estructura de Scarabaeinae.

Efectuar investigaciones con otros taxa bioindicadores tales como anélidos, hongos, mariposas, murciélagos.

Evaluar si la abundancia, riqueza y diversidad están asociadas al año de eliminación de la fuente de contaminación.

6.3 Bibliografía

- Agualimpia, C., & Castro, E. (2016). Análisis de posibles conflictos entre usos agrícola, rural, urbano y ambiental. *Ingeniería y región*, 16(2), 85-97.
- Akutsu, K., Vun-Khen, C., & Toda, M. (2006). Assessment of higher insect taxa as bioindicators for different logging-disturbance regimes in lowland tropical rain forest in Sabah, Malaysia. *Ecological Research*, 22(4), 542-550.
- Albuja, L., Almendáriz, A., Barriga, R., Montalvo, L., Cáceres, F., & Roman, J. (2012). *Fauna de Vertebrados Ecuatorianos*. (I. d. Biológicas, Ed.) Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- Amaro, D., Da Silva, D., Seminoti, R., & Antonioli, Z. (2015). Bioindicadores de qualidade edáfica em diferentes usos de solo. *Enciclopedia biósfera*, 11(22), 3278-3736.
- Andresen, E. (2008). Short-term temporal variability in the abundance of tropical dung beetles. *Insect Conservation and Diversity*(1), 120-124. doi:10.1111/j.1752-4598.2008.00013.x
- Arellano, L., & Halffter, G. (2003). Gamma diversity: derived from and a determinant of Alpha diversity and Beta diversity. An analysis of three tropical landscapes. *Acta Zoológica Mexicana*(90), 27-76.
- Bagliano, R. (2012). Principais organismos utilizados como bioindicadores relacionados com uso de avaliadores de danos ambientais. *Revista Meio Ambiente y Sustentabilidade*, 2(1), 25-40.
- Barnes, R. (1989). *Zoología de los invertebrados*. Bogotá, Colombia: Interamericana.
- Boscardin, J., Paulus, E., do Nascimento, D., Pedron, L., & da Silva, P. (2017). Crescimento de nogueira-pecã sob diferentes preparos do solo coveamentos: coleópteros como bioindicadores. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 37(92), 587-596.

- Bustos, F., & Lopera, A. (2003). Preferencia por cebo de los escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de un remanente del Bosque Tropical al norte del Tolima (Colombia). *Sociedad Entomológica Aragonesa*, 59-65.
- Cajaiba, R., Périco, E., da Silva, W., & Santos, M. (2017). Attraction of Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) to different baits in the Brazilian Amazon region. *Revista de Biología Tropical*, 65(3), 917-924.
- Carpio, C. (2011). *Rol funcional de la diversidad de los escarabajos peloteros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en el bosque lluvioso amazónico de Yasuní. Disertación previa a la obtención del título de Licenciado en Ciencias Biológicas.*
- Carvajal, V., Villamarín, S., & Ortega, A. (2011). *Escarabajos del Ecuador. Principales géneros.* (Vol. 1). Quito: Instituto de Ciencias Biológicas, Escuela Politécnica Nacional.
- Chamé-Vázquez, R., Gómez, B., & Cancino-López, R. (2012). Eficiencia de dos cebos para el muestreo de coleópteros necrófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae): ¿calamar o pescado? *Lacandonia*, 6(1), 85-91.
- Chamorro, W., Marín, D., Granda, V., & Vaz de Mello, F. (2018). Listado de especies y clave de géneros y subgéneros de escarabajos estercoleros. *Revista Colombiana de entomología*, 44(1), 72-100.
- CINGE. (2012). *Estudio de impacto ambiental y plan de manejo ambiental, para la construcción de la plataforma del pozo exploratorio Espejo 1, y su vía de acceso, fase exploratoria y de avanzada.* Obtenido de https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/Estudio-Plataforma-Espejo_1.pdf

- Colwell, R., & Elsensohn, J. (2014). EstimateS turns 20: statistical estimation of species richness and shared species from samples, with non-parametric extrapolation. *Ecography*(37), 609-613.
- Comar, K., Vicente, T., Coppo, T., & Londrina, U. (2016). Entomologia Geral. *General Entomology*, 9(2), 114-119.
- Cultid, C., Medina, C., Martínez, B., Escobar, A., Constantino, L., & Betancur, N. (2012). *Escarabajos coprófagos (Scarabaeinae) del Eje Cafetero: guía para el estudio ecológico*. Caldas, Colombia: Espacio Gráfico.
- da Silva, G. (2011). *Espécies de Scarabaeinae (Coleoptera:Scarabaeidae) de fragmentos florestais com diferentes níveis de alteração em Santa Maria, Rio Grande do Sul*. Master thesis, Univ. Federal de Santa Maria.
- da Silva, P., & da Silva, F. (2011). Besouros (Insecta: Coleoptera) utilizados como bioindicadores. *Revista Congrega Urcamp*, 377-391.
- Davis, A., & Philips, K. (2005). Effect of Deforestation on a Southwest Ghana Dung Beetle Assemblage (Coleoptera: Scarabaeidae) at the Periphery of Ankasa Conservation Area. *Environmental Entomology*, 34(5), 1081-1088.
- De Mas-Castroverde, E. (2001). *Evaluación y predicción de la biodeversidad. Memoria presentada para optar al grado de doctor en ciencias biológicas de la Universidad de Barcelona*.
- Decaëns, T., Martins, M., Feijoo, A., Johan, O., Dolédec, S., Mathieu, J., . . . Lavelle, P. (2018). Biodiversity loss along a gradient of deforestation in Amazonian agricultural landscapes. *Conservation Biology*, 0(0), 1-12.

- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. (2015). *InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.* . Obtenido de <http://www.infostat.com.ar>
- Escalante, T. (2003). ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. *Elementos: ciencia y cultura*(52), 53-56.
- Espinoza, V., & Noriega, J. (2018). Diversity of the dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in an altitudinal gradient in the east slope of los Andes, Napo province, Ecuador. *Neotropical Biodiversity*, 4(1), 144-150.
- Finer, M., Jenkins, C., Pim, S., Kean, B., & Ross, C. (2008). Oil and Gas Projects in the Western Amazon: Threats to Wilderness, Biodiversity, and Indigenous Peoples. *Plos one*, 3(8). doi:10.1371/journal.pone.0002932
- GAD Shushufindi [Gobierno Autónomo Descentralizado de Shushufindi]. (2015). *Plan de Ordenamiento Territorial.* Obtenido de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1560001160001_documento19%20abril_19-04-2015_20-38-54.pdf
- García-García, J., & Santos-Moreno, A. (2014). Efecto de la estructura del paisaje y de la vegetación en la diversidad de murciélagos filostómidos (Chiroptera: Phyllostomidae) de Oaxaca. *Revista de Biología Tropical*, 62(1), 217-239.
- García-López, A., Martínez-Falcón, A., Micó , E., Estrada, P., & Grez, A. (2016). Diversity distribution of saproxylic beetles in Chilean Mediterranean forests: influence of spatiotemporal heterogeneity and perturbation. *Journal of Insect Conservation*, 20(4), 723-736.
- González-Oreja, J., De la Fuente-Díaz, A., Hernández-Santín, L., Buzo-Franco, D., & Bonache-Regidor, C. (2010). Evaluación de estimadores no paramétricos de la riqueza

- de especies. Un ejemplo con aves en la ciudad de Puebla, México. *Animal Biodiversity and Conservation*, 33(1), 31-45.
- Halfpeter, G., Moreno, C., & Pineda, E. (2001). *Manual para la evaluación de la biodiversidad en Reservas de la Biosfera*. Zaragoza: Manuales y tesis SEA 2.
- Hammer, O., Harper, D., & Ryan, P. (2001). *PAST - Palaeontological Statistics*. Obtenido de https://www.uv.es/pe/2001_1/past/pastprog/past.pdf
- Holdridge, L. (1979). *Ecología basada en zonas de vida*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP]. (2017). *Estación Experimental Central de la Amazonía*. Obtenido de http://www.iniap.gob.ec/nsite/index.php?option=com_content&view=article&id=40&Itemid=144
- Krebs, C. (1985). *Ecología, estudio de la distribución y la abundancia*. México: Harla.
- Krebs, C. (2009). *Ecological methodology*. California: Benjamin/Cummings.
- Macagno, A., & Palestrini, C. (2009). The maintenance of extensively exploited pastures within the Alpine mountain belt: implications for dung beetle conservation (Coleoptera: Scarabaeoidea). *Biodiversity and conservation*, 18(12), 3309-3323.
- Manjarres, H., & Molano, R. (2015). Estudio de la variación de la genitalia masculina de las especies de la tribu Phanaeini (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en Colombia. *Boletín Científico. Centro de Museos*, 19(1), 245-257.
- Márquez, J. (2005). Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*(37), 385-408.
- Martínez, N., Cañas, L., Rangel, J., Blanco, O., Mendoza, J., & Cohen, S. (2010). Coleópteros coprófagos (Scarabaeinae: Scarabaeinae) en la Reserva Natural Las Delicias (RND),

- Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM), Colombia. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 14(2), 187-200.
- McAleece, N., Gage, J., Lamshead, P., & Paterson, G. (1997). *BioDiversity Professional statistics analysis software*. Jointly developed by the Scottish Association for Marine Science and the Natural History Museum London. .
- Melekhina, E., Markarova, M., Shchemelinina, T., Anchugova, E., & Kanev, V. (2015). Secondary Successions of Biota in Oil Polluted Peat Soil upon Different Biological Remediation Methods. *Eurasian Soil Science*, 48(6), 643–653.
- Ministerio de Energía y Minas. (2001). *Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas*. Quito, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente [MAE]. (2015). *Plan de Reparación Integral de la microcuenca del río Pacayacu*. Obtenido de http://pras.ambiente.gob.ec/documents/228536/737569/Plan+de+Reparaci%C3%B3n+de+Pacayacu+-+Final-1+_1_.pdf/2edd1e88-566c-413b-a422-b7ac3bfe46d3
- Ministerio del Ambiente [MAE]. (2016). *Áreas protegidas del Ecuador*. Quito: Manthra Comunicación.
- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Saragoza: Manuales y tesis SEA.
- Moreno, C., Barragán, F., Pineda, E., & Pavón, N. (2011). Reanalyzing alpha diversity: alternatives to understand and compare information about ecological communities. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(4), 1249-1261.
- Muli, R., Irsan, C., & Suheryanto. (2015). KOMUNITAS ARTHROPODA TANAH DI KAWASAN SUMUR MINYAK BUMI DI DESA MANGUNJAYA, KECAMATAN BABAT TOMAN, KABUPATEN MUSI BANYUASIN, PROVINSI SUMATERA SELATAN. *Jurnal ilmu lingkunka*, 13(1), 1-64.

- Neita, C. (2010). Escarabajos fitófagos (Coleoptera: Scarabaeidae “pleurosticti”) de Colombia. *Boletín del Museo Entomológico Francisco Luis Gallego*, 2(3), 5-6.
- Nichols, E., Spector, S., Louzada, J., Larsen, T., Amezcuita, S., & Favila, M. (2008). Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation*, 141(6), 1461-1474.
- Nieto, C., & Caicedo, C. (2012). *Análisis reflexivo sobre el desarrollo agropecuario sostenible en la Amazonía ecuatoriana*. Joya de los Sachas, Ecuador: INIAP-EECA.
- Noguera-Urbano, E. (2016). Areas of endemism: travelling through space and the unexplored dimension. *Systematics and Biodiversity*, 14(2), 131-139.
- Onore, G., Reyes, P., & Zunino, M. (2003). Escarabeidos de Latinoamérica: estado de conocimiento. (S. E. Aragonese, Ed.) *Monografías tercer milenio*, 3, 9-14.
- Otavo, S., Parrado, A., & Noriega, J. (2013). Superfamilia Scarabaeoidea (Insecta: Coleoptera) como elemento bioindicador de perturbación antropogénica en un parque nacional amazónico. *Revista de Biología Tropical*, 61(2), 735-752.
- Pereira, A., Cardoso, O., Costa, G., Soeth, M., Hostim-Silva, M., Clezar, L., . . . Spach, H. (2018). Fish species richness in shallow environments of the Island of Santa Catarina, Southern Brazil. *Revista CEPSUL*(7).
- Pereira, L., & Moreno, C. (2013). Divide and conquer: a review of methods to partition the regional species diversity into its alpha and beta components. *Revista chilena de historia natural*, 86(3), 231-240.
- Petroamazonas. (2015). *Amazonía Viva, de Petroamazonas EP beneficia a comunidades de su zona de influencia con proyectos medioambientales*. Recuperado de: <http://www.petroamazonas.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2015/03/amazoniaviva-18-3-15.pdf>

- Pimenta, M., & de Marco, P. (2015). Leaf Beetle (Chrysomelidae: Coleoptera) Assemblages in a Mosaic of Natural and Altered Areas in the Brazilian Cerrado. *Neotropical entomology*, 44(3), 242-255.
- Pozo-Rivera, W. (2017). *Relaciones de la diversidad arbórea y la estructura del paisaje agrícola tropical ecuatoriano con la biodiversidad de murciélagos filostómidos. Disertación Doctoral en Ciencias Biológicas. Universidad de la Habana, La Habana, Cuba.*
- Richard-Hansen, C., Gaele, J., Denis, T., Olivier, B., Marcon, E., & Stéphane, G. (2015). Landscape patterns influence communities of medium- to large-bodied vertebrates in undisturbed terra firme forests of French Guiana. *Journal of Tropical Ecology*, 31(5), 423-436.
- Rosero, Y. (2010). *Influência da transformação da cobertura vegetal na comunidade de Carabidae (Coleoptera) em dossel em florestas de terra firme da amazônia equatoriana. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Goiás para obtenção do título de mestre.*
- Sierra, R., Cerón-Martínez, C., & Valencia, R. (1999). *Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental*. Quito, Ecuador: Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y Eco ciencia.
- Solís, A. (2007). *Métodos y Técnicas de Recolección para Coleópteros Scarabaeoideos*. Obtenido de <http://www.inbio.ac.cr/papers/meto-col-scarabaeoidea/metoscar.pdf>
- Swingland, I. (2001). Biodiversity, definition of. *Encyclopedia of biodiversity*, 377-391.
- The Energy & Biodiversity Initiative [EBI]. (2003). *Integrating biodiversity conservation*. Washington D.C.

- Trojer, H. (1974). *Informe sobre enseñanza e investigación en agrometeorología. Facultad de Agronomía. Universidad de Montevideo. Montevideo-Uruguay.*
- Türkmen, J., & Kazanci, N. (2010). Applications of various biodiversity indices to benthic macroinvertebrate assemblages in streams of a national park in Turkey. *Review of hidrobiology*, 3(2), 111-125.
- Uribe-Hernández, R., Amezcua, M., Montes de Oca, M., Juárez-Méndez, C., Zermeño, J., Suárez, M., & Tenorio-Torres, M. (2012). Índices ecológicos de avifauna y su relación con la calidad ambiental de un pantano impactado por residuos de petróleo. *Interciencia*, 37(10), 762-768.
- Uribe-Hernández, R., Juárez-Méndez, C., Montes de Oca, M., Palacios-Vargas, J., Cutz, L., & Mejía-Recarmier, B. (2010). Collembola (Hexapoda) as quality bioindicators of the hydrocarburans polluted soils in Southeastern Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81, 153-162.
- Vaz de Mello, F., Edmonds, W., Ocampo, F., & Schoolmeesters, P. (2011). *A multilingual key to the genera and subgenera of the Subfamily Scarabaeinae of the New World (Coleoptera:Scarabaeidae)*. Nueva Zelanda: Magnolia Press.
- Vilchez, S. (2009). *Efecto de la composición y estructura del paisaje y del hábitat sobre distintos grupos taxonómicos en un agropaisaje en Matiguás, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba.*
- Yazán, K. (2018). *Diversidad de escarabajos del suelo y sus asociaciones con la diversidad arbórea en agrosistemas agrícolas tropicales del noroeste del Ecuador. Tesis de Pregrado de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad de las Fuerzas Armadas .*