



**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**

**TEMA: EFECTO ESTACIONAL DE LA DIVERSIDAD DE  
SCARABAEINAE EN ECOSISTEMAS AFECTADOS POR  
ACTIVIDADES PETROLERAS EN SUCUMBÍOS Y ORELLANA**

**AUTOR: PAREDES CHIQUIZA, XAVIER ALEXANDER**

**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, ***“EFECTO ESTACIONAL DE LA DIVERSIDAD DE SCARABAEINAE EN ECOSISTEMAS AFECTADOS POR ACTIVIDADES PETROLERAS EN SUCUMBÍOS Y ORELLANA”*** fue realizado por el señor ***Paredes Chiquiza, Xavier Alexander***, 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, 12 de diciembre de 2019

**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, *Paredes Chiquiza, Xavier Alexander* declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: *Efecto estacional de la diversidad de Scarabaeinae en ecosistemas afectados por actividades petroleras en Sucumbíos y Orellana* 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, 12 de diciembre de 2019**

**Xavier Alexander Paredes Chiquiza**

CC: 1720526480



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

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**AUTORIZACIÓN**

*Yo, Paredes Chiquiza, Xavier Alexander autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Efecto estacional de la diversidad de Scarabaeinae en ecosistemas afectados por actividades petroleras en sucumbíos y orellana en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.***

**Sangolquí, 12 de diciembre de 2019**

**Xavier Alexander Paredes Chiquiza**

CC: 1720526480

**DEDICATORIA**

*A Dios por darme la fuerza para poder continuar en momentos adversos.*

*A mis padres Mayra y Gendri, por su amor y brindarme apoyo incondicional en el transcurso de toda mi vida y demostrarme que el trabajo duro y la paciencia, pueden hacer que logre grandes cosas.*

*A mi hermana Mishel por ser mi confidente y brindarme la fuerza necesaria en momentos difíciles.*

*A Rubi, quien se ha convertido en mi compañera de vida, y ha compartido todos mis triunfos y fracasos desde el día que la conocí.*

*A mis abuelos Antonio, Romelia, Carmen y Fausto†, por sus oraciones y bendiciones.*

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA-I, por brindarme el conocimiento necesario para poder formarme a nivel profesional y personal.

A PETROAMAZONAS EP, por las facilidades necesarias en la logística de todas las salidas de campo, así como en la adquisición de materiales necesarios para el proyecto.

Al Dr. Wilmer E. Pozo-Rivera, director de tesis, por brindarme su amistad, conocimiento, consejos y apoyo incondicional en todas las fases del proyecto.

A Dr. Jaime Villacís, por la confianza brindada, para poder formar parte del convenio ESPE-PAM, así como su apoyo durante el estudio.

Al Ing. Juan Tigrero por aportar consejos y revisiones al proyecto.

A los Ings. Juan Carlos López y Daniel Hidalgo, Supervisores del Proyecto Amazonía Viva, por su predisposición para brindar el apoyo requerido en el trabajo de campo.

A Luis Miguel Solórzano, Geovani Ureña y Luis Miguel Quezada por su amistad y colaboración y asistencia en el campo, durante mi estancia en el campamento del Proyecto Amazonia Viva.

Al Ministerio del Ambiente del Ecuador, por los permisos de investigación N° 016-2018-IC-DPAO/AVS y autorización para la movilización de especímenes N° 005-2019-MOV-FAU-DPAO/AVS.

Al Mg. Vladimir Carvajal, Curador de la Sección de Invertebrados de la EPN, por su colaboración en la verificación de la identificación taxonómica de los escarabajos.

Al Ing. Carlos Quiloango, por su amistad y apoyarme en el transcurso de todo el proyecto y recomendarme con el equipo que conforma el convenio PAM-ESPE.

A mis amigos, en especial a Mayra y Alejandra, por siempre brindarme sus consejos y su apoyo en el transcurso de toda mi carrera universitaria.

**ÍNDICE DE CONTENIDO****CARÁTULA****CERTIFICACIÓN ..... i****AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD ..... ii****AUTORIZACIÓN ..... iii****DEDICATORIA ..... iv****AGRADECIMIENTOS ..... v****ÍNDICE DE CONTENIDO ..... vi****ÍNDICE DE TABLAS ..... viii****ÍNDICE DE FIGURAS ..... ix****RESUMEN ..... xi****ABSTRACT ..... xii****CAPÍTULO I****INTRODUCCIÓN**

1.1 Objetivos ..... 4

1.1.1 General ..... 4

1.1.2 Específicos ..... 4

1.2 Hipótesis ..... 4

**CAPÍTULO II****REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

2.1 Generalidades ..... 5

2.2 La extracción de petróleo en la Amazonía ecuatoriana ..... 5

2.3 Remediación en la Amazonía ecuatoriana ..... 6

2.4 Uso de suelos remediados en la Amazonía ecuatoriana ..... 7

2.5 Suelos con aptitud agrícola en la Amazonía ecuatoriana ..... 8

2.6 Ecosistemas sensibles en la Amazonía ecuatoriana ..... 8

2.7 Escarabajos como bioindicadores ..... 8

2.8 Ensamblajes y ensamble ..... 10

2.9 Dinámica estacional ..... 10

2.10 Diversidad de especies ..... 11

2.10.1 Diversidad alfa ..... 11

2.10.2 Diversidad beta ..... 12

2.11 Línea base ..... 13

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

3.1	Ubicación política .....	14
3.2	Ubicación geográfica.....	14
3.3	Condiciones ambientales .....	15
3.4	Métodos .....	15
3.4.1	Sitios de muestreo y obtención de la muestra .....	15
3.4.2	Evaluación de la diversidad de Scarabaeinae .....	17
3.4.3	Definición de la época del año.....	19
3.4.4	Diversidad estacional en dos épocas .....	20
3.4.5	Diseño experimental.....	20
3.4.6	Análisis de la información .....	21

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

4.1	Línea base de las especies de la subfamilia Scarabaeinae .....	23
4.1.1	Ensamblaje de cuatro ecosistemas durante dos épocas .....	23
4.1.2	Dinámica de la época del año en la diversidad de Scarabaeidae.....	24
4.1.3	Curvas de acumulación de especies en pasivos ambientales .....	27
4.2	Diversidad Beta.....	29
4.3	Análisis de diversidad entre ecosistemas durante dos épocas.....	30

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN**

5.1	Línea base de las especies de la subfamilia Scarabaeinae .....	33
5.2	Dinámica de la época del año en la diversidad de Scarabaeinae.....	35
5.3	Curvas de acumulación de especies en pasivos ambientales .....	35
5.4	Diversidad Beta.....	36
5.5	Análisis de diversidad entre ecosistemas durante época seca y lluviosa .....	37

## **CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1	Conclusiones.....	41
6.2	Recomendaciones .....	41
6.3	Bibliografía.....	42



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <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> .....	7
<b>Tabla 2</b> <i>Coordenadas referenciales de los ecosistemas estudiados.</i> .....	15
<b>Tabla 3</b> <i>Registro total, abundancia específica y proporcional de especies de escarabajos colectados en cuatro ecosistemas en el periodo febrero 2018 a enero 2019.</i> .....	23
<b>Tabla 4</b> <i>Porcentaje de riqueza obtenida en relación con la riqueza esperada mediante estimadores no paramétricos en cuatro ecosistemas.</i> .....	27
<b>Tabla 5</b> <i>Promedio <math>\pm</math> error estándar de la abundancia absoluta y equitatividad de Pielou de Scarabaeidae según la interacción época<math>\times</math>ecosistema<math>\times</math>tipo de cebo.</i> .....	31
<b>Tabla 6</b> <i>Promedio <math>\pm</math> error estándar de la riqueza y estructura de la comunidad de Scarabaeinae según la interacción época <math>\times</math> tipo de ecosistema.</i> .....	32
<b>Tabla 7</b> <i>Promedio <math>\pm</math> error estándar de la riqueza y estructura de la comunidad de Scarabaeinae respecto a la época.</i> .....	32

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Localización de los cuatro sitios de colecta en las provincias de Sucumbíos y Orellana. S= Ecosistema Sensible, A= Ecosistema Agrícola, TA= Ecosistema Testigo Agrícola, TS= Ecosistema Testigo Sensible. ....	14
<b>Figura 2</b>	Disposición de los cuatro puntos (P1, P2, P3, P4) sobre un sitio de muestreo y distribución de trampas pitfall en cada punto con los cebos: excremento animal (TE), fruta (TF) y carroña (TC). ....	16
<b>Figura 3</b>	Disposición del experimento en campo. ....	20
<b>Figura 4</b>	Curvas rango abundancia de las sumatorias de las especies capturadas en cuatro ecosistemas evaluadas en dos épocas. $P_i$ = abundancia proporcional de especies. Explicación de las especies representadas por las letras, aparecen en Anexo 2. ....	25
<b>Figura 5</b>	Curvas rango abundancia de las sumatorias de las especies capturadas en dos ecosistemas evaluados durante dos épocas. $P_i$ = abundancia proporcional de especies. ....	26
<b>Figura 6</b>	Curvas rango abundancia de las sumatorias de las especies capturadas en dos ecosistemas evaluadas en dos épocas. $P_i$ = abundancia proporcional de especies. ....	27
<b>Figura 7</b>	Curva de acumulación de especies observada y esperadas del ensamblaje de la comunidad de Scarabaeinae. ....	28
<b>Figura 8</b>	Curva de acumulación de especies observadas y esperadas de la comunidad de Scarabaeinae en los ecosistemas. A) agrícola, B) testigo agrícola. ....	28
<b>Figura 9</b>	Curva de acumulación de especies observada y esperadas de la comunidad de Scarabaeinae en los ecosistemas A) sensible, B) testigo sensible. ....	29
<b>Figura 10</b>	Dendrograma de Bray-Curtis, muestra la similitud/disimilitud de especies en cuatro ecosistemas remediados. S: Sensible, TS: Testigo sensible, A: Agrícola, TA: Testigo Agrícola. ....	30

**LISTA DE ABREVIATURAS**

<b>Abreviatura</b>	<b>Significado</b>
A	Ecosistema Agrícola
C	Cebo de carroña
E	Cebo de estiércol
F	Cebo de fruta
<i>H'</i>	Índice de Shannon
<i>J'</i>	Índice de Pielou
<i>N</i>	Abundancia
S	Ecosistema Sensible
TA	Ecosistema Testigo Agrícola
TS	Ecosistema Fragmento de bosque natural
1- <i>D</i>	Índice 1- Simpson

## RESUMEN

La diversidad coleópterológica en la Amazonía ecuatoriana se ha evaluado con relación al gradiente altitudinal, y muy poco en sitios alterados por actividades antrópicas. Se desconoce las relaciones de la diversidad de escarabajos coprófagos con la estacionalidad, en áreas afectadas por las actividades de extracción petrolera. Petroamazonas EP, ha planteado la utilización de subfamilia Scarabaeinae, como bioindicadores del estado ambiental de sitios biorremediados. Por lo que en esta investigación se evaluó la diversidad de escarabajos peleteros como indicadores de la salud ambiental. Se realizaron muestreos en dos épocas en las provincias de Orellana y Sucumbíos, en las que se seleccionaron dos tipos de ecosistemas remediados (áreas de uso agrícola y ecosistemas sensibles, con sus respectivos testigos). En cada sitio se dispuso cuatro puntos de colecta, en los que se instalaron seis trampas *pitfall*, cebadas aleatoriamente con carroña, heces y fruta. Se obtuvieron índices de diversidad, los que se sometieron al ANAVA con modelos mixtos. Se registraron 7 506 escarabeinos pertenecientes a 37 especies, de los cuales 4 052 individuos de 35 especies corresponden al período de muestreo del presente estudio. La interacción fragmento de bosque natural durante la estación seca mostró los índices de diversidad más significativos. El ecosistema sensible presentó mayor disimilitud con su testigo (fragmento de bosque), mientras que el área de uso agrícola y el agrosistema de palma africana, presentaron una alta similaridad.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **ESCARABAJOS PELETEROS**
- **ÉPOCAS**
- **SITIOS BIORREMEEDIADOS**
- **AMAZONÍA ECUATORIANA**

## ABSTRACT

The coleopterological diversity in the Ecuadorian Amazon has been evaluated in relation to the altitudinal gradient, and in a few sites altered by anthropogenic activities. The relationship between the diversity of dung beetle and seasonality in areas affected by oil extraction activities is unknown. Petroamazonas EP, has proposed the use of subfamily Scarabaeinae, as a bioindicators of the environmental status of bioremediated sites. This research evaluated the diversity of dung beetles as indicators of environmental health. Samples were taken in two seasons in the provinces of Orellana and Sucumbíos, in which two types of remediated ecosystems were selected (agricultural use areas and sensitive ecosystems, with their respective controls). Diversity indices were obtained, which were once on ANAVA with mixed models. It was collected 7,506 scarabs belonging to 37 species, of which 4,052 individuals of 35 species correspond to the sampling period of this study. The natural forest fragment interaction during the dry season showed the most significant diversity indices. The sensitive ecosystem showed greater dissimilarity with its control (forest fragment), while the agricultural use area and the African palm agrosystem showed a high similarity.

### KEY WORDS:

- **DUNG BEETLES**
- **SEASONS**
- **BIOREMEDIATED SITES**
- **ECUADORIAN AMAZON**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

Actividades antrópicas, como la agricultura, silvicultura, urbanización y la extracción de recursos hidrocarburíferos, son algunas de las causas de la pérdida de hábitat y de la fragmentación en los bosques tropicales, lo que pone en riesgo a la biodiversidad nativa de dichos espacios naturales (Tabarelli, Aguiar, Ribeiro, Metzger, & Peres, 2010). En la región oriental del Ecuador se evidencian impactos ambientales generados por actividades propias de la extracción petrolera (Becerra, Paichad, Sturma, & Maurice, 2013).

Ante la problemática mencionada, el Proyecto Amazonía Viva (PAV) de la empresa pública Petroamazonas (Petroamazonas EP), fundamentándose en los principios de prevención y precaución de los artículos 71 y 72 de la Constitución de la República del Ecuador, tiene como objetivos principales: la limpieza, remediación, reconfiguración y reforestación, de áreas afectadas por fuentes de contaminación como resultado de anteriores actividades de extracción hidrocarburífera en la Amazonía ecuatoriana, cumpliendo con el Decreto Ejecutivo 1351-A, publicado en el Segundo Suplemento del Registro Oficial No. 860, del 2 de enero de 2013 (Petroamazonas EP, 2018).

Los suelos remediados pueden catalogarse en: suelos de uso agrícola, sensible e industrial. Esta clasificación está basada en límites admisibles de Hidrocarburos Totales (TPH), Hidrocarburos Aromáticos (C), cadmio (Cd), níquel (Ni), y plomo (Pb), determinados por el Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (RAOHE) descritos en la Tabla 6 del reglamento en mención (Ministerio de Energía y Minas, 2001).

El Ministerio del Ambiente en el año 2017, dispone a Petroamazonas EP, presentar el cumplimiento de los lineamientos e indicadores señalados en el Oficio No. MAE-SCA-2014-1234 del 3 de junio de 2014, relacionados a la “Determinación de indicadores socioproductivos y bióticos para monitorear el Proyecto Amazonía Viva en el proceso de reparación integral”. Para el caso de los indicadores bióticos, dispone el análisis de la diversidad, abundancia y riqueza del grupo Coleóptera de la subfamilia Scarabaeinae posterior a la remediación ambiental de áreas en ecosistemas sensibles y uso agrícola (Ministerio del Ambiente [MAE], 2017).

La condición ambiental de los suelos se mide mediante la observación de grupos de organismos específicos denominados bioindicadores, siendo los escarabajos coprófagos los más utilizados debido a que: son sensibles a las modificaciones del hábitat, son diversos y sus características taxonómicas son ampliamente estudiadas, sus métodos de muestreo son relativamente económicos y la rotación de sus comunidades se producen rápidamente, con lo que se puede determinar el grado de contaminación de los ecosistemas (Kremer, 1992; Wink, Carus, Kurzmann, & Rovedder, 2005). Se han realizado diversos estudios que utilizan a los escarabeinos como bioindicadores del estado ambiental de ecosistemas alterados (Celi, Terneus, & Torres, 2004; Nichols et al., 2007; Cultid-Medina, Lobo, Medina, González, & Escobar, 2014). Según estudios realizados en Colombia y Brasil, existe una estrecha relación entre los niveles de precipitación y la variación de las comunidades para las épocas del año en bosques tropicales. En el Ecuador, los estudios previos que muestran la respuesta de la diversidad de escarabajos, en distintas épocas del año, han sido realizados en bosques lluviosos tropicales inalterados, descuidándose las evaluaciones de estos parámetros en ecosistemas afectados por las actividades de extracción de petróleo (Navarro, Román, Gómez, & Pérez, 2011). Por lo que, en la presente tesis, a manera de evaluación de los indicadores

bióticos del proceso de reparación integral a cargo de PAV con la autorización científica N° 016-2018-IC-DPAO/AVS, se propuso estudiar la diversidad escarabajos de la subfamilia Scarabaeinae (escarabeinos) como bioindicadores del efecto de la biorremediación aplicada por PAV en los tipos de uso de suelo agrícola y sensible.

Quiloango (2019), demostró que la diversidad de Scarabaeinae cambia con el mes del muestreo, así como con el tipo de ecosistema evaluado; además se explicó que la relación de especies observadas frente a las esperadas, fue menor al 75% . Por lo tanto, se hace necesario evaluar los efectos de factores climáticos que suelen cambian entre los meses del año y, conjuntamente, aumentar el esfuerzo de muestreo por lo menos a un año de evaluación para que las curvas de acumulación de especies observadas se aproximen más a las esperadas.

Considerando los aspectos antes mencionados, se evaluaron las características de la diversidad de ensambles de la subfamilia Scarabaeinae (Scarabaeidae, Coleoptera, Insecta), y sus respuestas a los períodos climáticos de baja y alta pluviosidad, considerando las distintas áreas rehabilitadas por el PAV. Al mismo tiempo, el estudio complementó la información para elaborar la línea base anual de la diversidad de escarabajos de ecosistemas biorremediados por PAV, iniciados por Quiloango (2019).



## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 General

Evaluar la diversidad de ensambles de Scarabaeinae en ecosistemas afectados por las actividades de extracción de petróleo en dos épocas del año.

### 1.1.2 Específicos

- Generar la línea base de las especies de la subfamilia Scarabaeinae, en ecosistemas remediados por efectos de las actividades de extracción petrolera.
- Detectar el efecto de la dinámica de la época del año en la diversidad de Scarabaeinae.
- Identificar la similitud de especies de la comunidad de Scarabaeinae entre ecosistemas afectados por actividades propias de la extracción petrolera.

## 1.2 Hipótesis

**H<sub>0</sub>:** La composición y diversidad de especies de la subfamilia Scarabaeinae no cambian con la época del año en áreas rehabilitadas de antiguas fuentes de contaminación petrolera.

**H<sub>1</sub>:** La composición y diversidad de especies de la subfamilia Scarabaeinae cambian con la época del año en áreas rehabilitadas de antiguas fuentes de contaminación petrolera.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1 Generalidades

La región oriental del Ecuador es uno de los sitios de mayor diversidad del planeta (Myers, Mittermeier, da Fonseca, & Kent, 2000), esto se debe a la influencia de la Cordillera de los Andes, el paso de la línea equinoccial, una alta humedad relativa y la presencia de cobertura boscosa, que proporcionan características adecuadas para el desarrollo de comunidades bióticas de todo tipo (Gentry, 1993; Sierra, Cerón, & Valencia, 1999; Albuja et al., 2012). A pesar de ello, la Amazonía ecuatoriana ha sufrido graves impactos ambientales provocados entre otras cosas, por actividades petroleras. En esta región se realiza la principal actividad de extracción de petróleo del Ecuador, lo que genera fragmentación de hábitats para construcción de caminos, deforestación para la apertura de campos y pozos petroleros, así como la deposición de lodo contaminado con remanentes de petróleo en piscinas sin impermeabilización, lo que provoca fuertes alteraciones en la biodiversidad de su vida silvestre (Vogliano, 2009).

#### 2.2 La extracción de petróleo en la Amazonía ecuatoriana

Desde hace más de cinco décadas, el petróleo ha sido la principal fuente económica del Ecuador, con aproximadamente 516 440 barriles de petróleo por día y con un PIB en el 2017 del 4,8%, convirtiéndola en el eje principal en la toma de decisiones sociopolíticas, y el blanco de innumerables denuncias socio-ambientales (Banco Central del Ecuador, 2018). La industria petrolera, en el Oriente ecuatoriano, posee una tecnología que no cumple con normas de calidad, lo que provoca derrames como los ocurrido entre los años 1995 a 2002, que vertieron más de 25 000 barriles de petróleo a los ecosistemas naturales; de los barriles

desperdiciados, aproximadamente 7 000 barriles no pudieron ser recuperados, provocando alteraciones ambientales muy graves (Lessmann, Fajardo, Muñoz, & Bonaccorso, 2016).

Las consecuencias de la extracción de hidrocarburos se las evidencia en todo el proceso de operación; por ejemplo, el primer contacto de las empresas con las comunidades locales, causa un conflicto entre la ciudadanía que generan impactos sociales tales como: migración, contaminación de fuentes hídricas, pérdida de territorios ancestrales para las comunidades (Vogliano, 2009; Banco Central del Ecuador, 2018). A pesar de la complicada situación de las comunidades afectadas por la industria petrolera, la organización social de las áreas afectadas ha permitido avances en el cumplimiento de sus derechos, como es el caso de la expulsión de Occidental del Ecuador (Oxy), así como el avance, en juicios internacionales que estuvieron estancados por más de 20 años en contra de la petrolera Texaco, por la contaminación generada en sus campos (Pigrau, 2014).

### **2.3 Remediación en la Amazonía ecuatoriana**

Los procesos de remediación ambiental en el oriente ecuatoriano, se los realiza desde 1990, la gran mayoría de suelos afectados con petróleo no pueden ser recuperados en los mismos sitios de la contaminación, por lo que se procede a su extracción a través de maquinaria pesada y es transportada a plataformas de biorremediación del suelo, para su posterior reincorporación. En condiciones aeróbicas, la mayoría de sustancias hidrocarburíferas producidas por la extracción de petróleo, son biodegradables, sin embargo, si no existe un adecuado tratamiento son altamente tóxicas para las plantas y los animales (Atlas & Hazen, 2011).

Los métodos de remediación del suelo utilizados son, el *composting* y *landfarming*. El *landfarming* se lo realiza en extensas áreas, en las que la remoción de tierra se la realiza con maquinaria pesada, mientras que el *composting*, se lo realiza en áreas reducidas. En ambas

técnicas, se añaden microorganismos que ayudan a la biorremediación de contaminantes del suelo (Cuvi & Bejarano, 2015).

Una gran cantidad de productos químicos ya sean orgánicos e inorgánicos se pueden descomponer por la presencia de enzimas provenientes de actividades metabólicas de los microorganismos (Hazen et al., 2010). Los microorganismos más utilizados para la biorremediación son las bacterias, que transforman a los hidrocarburos mediante varias rutas metabólicas que difieren acorde con la estructura química del hidrocarburo (Atlas & Hazen, 2011; García & Aguirre, 2014). Las bacterias utilizadas en la biorremediación se las obtiene generalmente de los sitios en los que han existido derrames de petróleo, posteriormente son trasladadas a un laboratorio para el proceso de aislamiento, identificación y pruebas de degradabilidad (Cuvi & Bejarano, 2015).

## 2.4 Uso de suelos remediados en la Amazonía ecuatoriana

En el año 2018, Petroamazonas EP, a través de Proyecto Amazonía Viva ha eliminado 830 fuentes alteradas por actividades petroleras, y remediado 1 200 098 m<sup>3</sup> de suelo contaminado (Petroamazonas EP, 2018). Al culminar los procesos de remediación de suelo realizados por PAV, se los clasifica de acuerdo con los valores límites permisibles determinados el RAOHE (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
Hidrocarburostotales	TPH	m g/kg	< 2 500	< 1 000
Hidrocarburos aromáticos	C	m g/kg	< 2	< 1
Cadmio	Cd	m g/kg	< 2	< 1
Níquel	Ni	m g/kg	< 50	< 40
Plomo	Pb	m g/kg	< 100	< 80

**Fuente:** (Ministerio de Energía y Minas, 2001).

## **2.5 Suelos con aptitud agrícola en la Amazonía ecuatoriana**

Los suelos de la Amazonía poseen baja aptitud agrícola ya que su capa arable y cultivable es escasa, debido al lavado o lixiviado de nutrientes y la erosión causada por las altas precipitaciones. Además, sus suelos no son idóneos para establecer monocultivos, por lo que es recomendable su diversificación y el establecimiento de sistemas agroforestales que permitan la conservación de la biodiversidad, la seguridad alimentaria y fortalecer el agronegocio de las familias de la Amazonía (Hecht, 1982). Es por esta razón que se da importancia a los cultivos como: palma africana y cacao, que son productos de largo rendimiento. El desarrollo de sistemas ganaderos y agrícolas afectan los recursos naturales, en especial el componente suelo, y sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Martín & Pérez, 2009).

## **2.6 Ecosistemas sensibles en la Amazonía ecuatoriana**

La Amazonía ecuatoriana posee extensos bosques prístinos y una importante biodiversidad lo que lo convierte en un ecosistema sensible, por lo que es fundamental encontrar metodologías aptas para su conservación, así como la participación activa del estado y de empresas vinculadas a la industria petrolera que enfrenten todos los inconvenientes provocados por esta actividad (Lessmann et al., 2016).

Se considera hábitat sensible, a un ecosistema susceptible a los cambios provocados por actividades antrópicas, que alteran a sus funciones y a su estructura, además el nivel de sensibilidad en un ecosistema viene dado por el grado de conservación de éste (Ministerio del Ambiente [MAE], 2015).

## **2.7 Escarabajos como bioindicadores**

Los escarabajos de la subfamilia Scarabaeinae, son bioindicadores del estado de salud de los ecosistemas, a nivel mundial, involucran aproximadamente a 6 000 especies;

específicamente en el Ecuador se han registrado algo más de 220 especies (Noriega et al., 2016).

Los escarabajos se han utilizado para evaluar los efectos de las perturbaciones ambientales en la estructura y diversidad de los bosques (Viegas, Stenert, Schulz, & Maltchik, 2014). Los escarabajos peleteros de la subfamilia Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae), juegan un papel muy importante en varios procesos biológicos que ocurren en ambientes primarios, tales como: el control de algunos parásitos vertebrados y la polinización de especies vegetales, lo que favorece al equilibrio de un ecosistema (Lopes, Korasaki, Catelli, Marcal, & Nunes, 2011).

Scarabaeinae forma un gremio funcional taxonómico muy bien definido y representado en las áreas tropicales. La simplicidad y poco costo del sistema de muestreo de Scarabaeinae los convierte en un grupo ideal para estudios comparativos entre distintas localidades de un mismo tipo de ecosistema (Barraza, Montes, Neis, & Deloya, 2010). Los escarabeinos son un grupo excepcional para comparar paisajes donde originalmente han dominado los bosques, por lo que se puede confrontar bosques con distinto grado de perturbación antropogénica, incluso aquellos donde la ganadería ha provocado una modificación muy importante (Barraza et al., 2010; Mieles & Lerma, 2009).

Hasta el momento se han realizado diversos estudios sobre el cambio en la composición y abundancia de escarabajos coprófagos del hábitat natural al degradado, con el fin de analizar la biodiversidad de un determinado ecosistema. Este taxón también agrupa a especies típicas del interior del bosque, de áreas abiertas, de zonas de cultivos, de gradiente altitudinales y del borde de los fragmentos (Mieles & Lerma, 2009).

## **2.8 Ensamblajes y ensamble**

Los ensamblajes están representados por un conjunto de varias especies que tiene una misma filogenia y que habitan en la misma zona geográfica (Pozo-Rivera, 2017). Se define al ensamble como al conjunto de especies que son ecológicamente similares, que tienen la misma filogenia (Fauth et al., 1996). La diversidad de los ensambles debe incluir la evaluación de: composición específica, abundancia, riqueza y estructura de la comunidad [diversidad y equitatividad], debido a que estos parámetros son complementarios para poder describir la diversidad biológica en forma holística (Moreno, 2001).

La variación en los ensamblajes de escarabajos está condicionada por los factores históricos, geográficos y climáticos contingentes. Sin embargo, como en muchos otros taxa, hace falta valorar los efectos de estos y otros factores en la región Neotropical (Escobar, Lobo, & Halffter, 2005).

## **2.9 Dinámica estacional**

En la Amazonía, la pluviometría presenta una dinámica en el tiempo, con una fuerte variabilidad interanual ( Espinoza-Villar et al., 2009). La variación de las precipitaciones mensuales se debe a la constante evapotranspiración de la densa cobertura vegetal y la evaporación de los abundantes recursos hídricos (Espinoza-Villar et al., 2010). La precipitación más baja en el oriente ecuatoriano se presenta en los meses de diciembre, con un promedio aproximado de 2 000 mm. La mayoría de las lluvias se presentan en los meses de mayo y junio, con un promedio de 3 450 mm (INAMHI, 2007). Además, cabe destacar que, debido a sus altos niveles de precipitación, suele diferenciarse entre época seca y lluviosa (Borja et al., 2017). La distribución de los escarabajos peleteros está fuertemente influenciada por factores microclimáticos como la temperatura, la intensidad de la luz, la humedad, la cobertura de la vegetación, y el tipo de suelo (Hanski & Cambefort, 2014).

Según Viegas et al (2014), la riqueza, abundancia y la composición de las especies varían anualmente en los miembros de la subfamilia Scarabaeinae. La mayoría de las especies presentan mayor abundancia durante las épocas más cálidas del año, además la mejor uniformidad de la distribución estacional de la abundancia de escarabajos peleteros, y las mayores tasas de captura ocurren en la estación lluviosa (Lopes et al., 2011). La mayor presencia de estos escarabajos durante las temporadas más cálidas coincide con el período de fructificación de las plantas, lo que aumenta la disponibilidad de recursos para los mamíferos y, en consecuencia para los escarabeinos (Hernández, 2007).

## **2.10 Diversidad de especies**

La medición adecuada de la diversidad, permite confirmar teorías sobre la relación de las especies, así como la dinámica de los ecosistemas y las alteraciones causadas por actividades antrópicas (Magurran, 2004; Moreno, Barragán, & Pineda, 2011).

La diversidad taxonómica se puede dividir en tres componentes: la diversidad alfa, asocia a la diversidad dentro de una comunidad en particular, la diversidad beta, evalúa la diferencia taxonómica entre comunidades y la diversidad gama analiza las diferencias taxonómicas entre regiones (Sepkoski, 1988).

### **2.10.1 Diversidad alfa**

(Moreno, 2001), evalúa la diversidad alfa en relación con la riqueza y la estructura, este último se divide según la dominancia y en la equitatividad de la comunidad, el método a utilizar dependerá de características biológicas del ecosistema a estudiar.

Para la evaluación de la riqueza, es recomendable la utilización de los modelos no paramétricos como Jackknife, Chao, Bootstrap, ya que permiten comparar la riqueza de las comunidades sin tomar en cuenta el tamaño de las muestras, pues estos modelos eliminan el sesgo formado por la diferencia entre las muestras (Halffter & Moreno, 2005).



De igual manera para determinar la diversidad alfa de acuerdo con su estructura, se utiliza índices como el de Shannon-Wiener o el de equitatividad de Pielou, estos tienen la ventaja de condensar la información en un solo dato, lo que facilita la comparación estadística entre la diversidad de diferentes comunidades, e incluso permite comparaciones de comunidades entre diferentes periodos de tiempo (Moreno, 2001).

Una de las aplicaciones de los estimadores no paramétricos de riqueza, es la realización de curvas de acumulación de especies, que sirvió para detectar la exactitud de los muestreos, con lo que se valida el tamaño muestral (Moreno, 2001; Magurran, 2004; Pozo-Rivera, 2017).

El índice de Shannon-Wiener comprende valores entre 0 y 3, considerando a los valores menores a dos como ecosistemas con baja diversidad mientras que a valores mayores a 3 son considerados altos y valores entre 2 y 3 se los puede denominar moderadamente diversos (Kelly, 2016).

Los valores del índice,  $1 - \text{Simpson}$  están comprendidos entre 0 y 1, existe mayor diversidad cuanto más se aproximan al valor de 1, mientras que al estar cercano a los valores de 0 la diversidad es considerada menor (He & Hu, 2005).

El índice de Pielou puede tomar valores que pueden ir desde 0 a 1, de tal manera que al presentar un valor aproximado a 1, todas las especies obtenidas son igualmente abundantes, así mismo al tener valores entre 0, 4 y 0, 7 se lo puede considerar como especies moderadamente abundantes entre sí (Moreno, 2001; Kelly, 2016).

### **2.10.2 Diversidad beta**

La diversidad beta puede medir el cambio de diversidad existente entre gradientes ambientales, es decir, está relacionada a elementos como: la distancia entre los sitios de estudio y la diferencia ambiental de los mismos, lo que permite realizar una comparación entre ecosistemas (Sepkoski, 1988; Moreno, 2001).

La diferencia entre ecosistemas puede evaluarse en base a coeficientes de similitud o disimilitud, como el índice de Bray-Curtis, además la diversidad beta puede ser determinada en función a la cantidad de especies (Halffter & Moreno, 2005).

La diversidad beta es fundamental para comprender la dinámica territorial de las especies y el funcionamiento de las comunidades, además de contribuir con datos importantes que permitan forjar adecuados procesos para la preservación de los ecosistemas (Halffter & Moreno, 2005; Campoverde, 2007).

Las Curvas Rango Abundancia CRA son una alternativa para comparar comunidades en diferentes ecosistemas (Feinsinger, 2001), además permiten visualizar aspectos importantes del ensamblaje tales como: la riqueza de las especies (número de puntos), uniformidad (pendiente del gráfico), número de especies raras (cola de la curva) y la abundancia de cada especie (orden de las especies en la curva) (de la Peña et al., 2012; Pozo-Rivera, 2017).

### **2.11 Línea base**

Un estudio de una línea base sobre biodiversidad, es un trabajo que se lo realiza para recopilar e interpretar información sobre los valores de la diversidad presentes en un ecosistema, así como su condición actual y sus tendencias (Gullison, Hardner, Anstee, & Meyer, 2015). El conformar dicha base, facilitará el trabajo de los taxónomos, permitiéndoles verificar fácilmente lo que ya se conoce y estimular una mayor investigación taxonómica y la publicación de nuevos registros en los países en donde se realizan las investigaciones (Brûlé & Touroult, 2014).

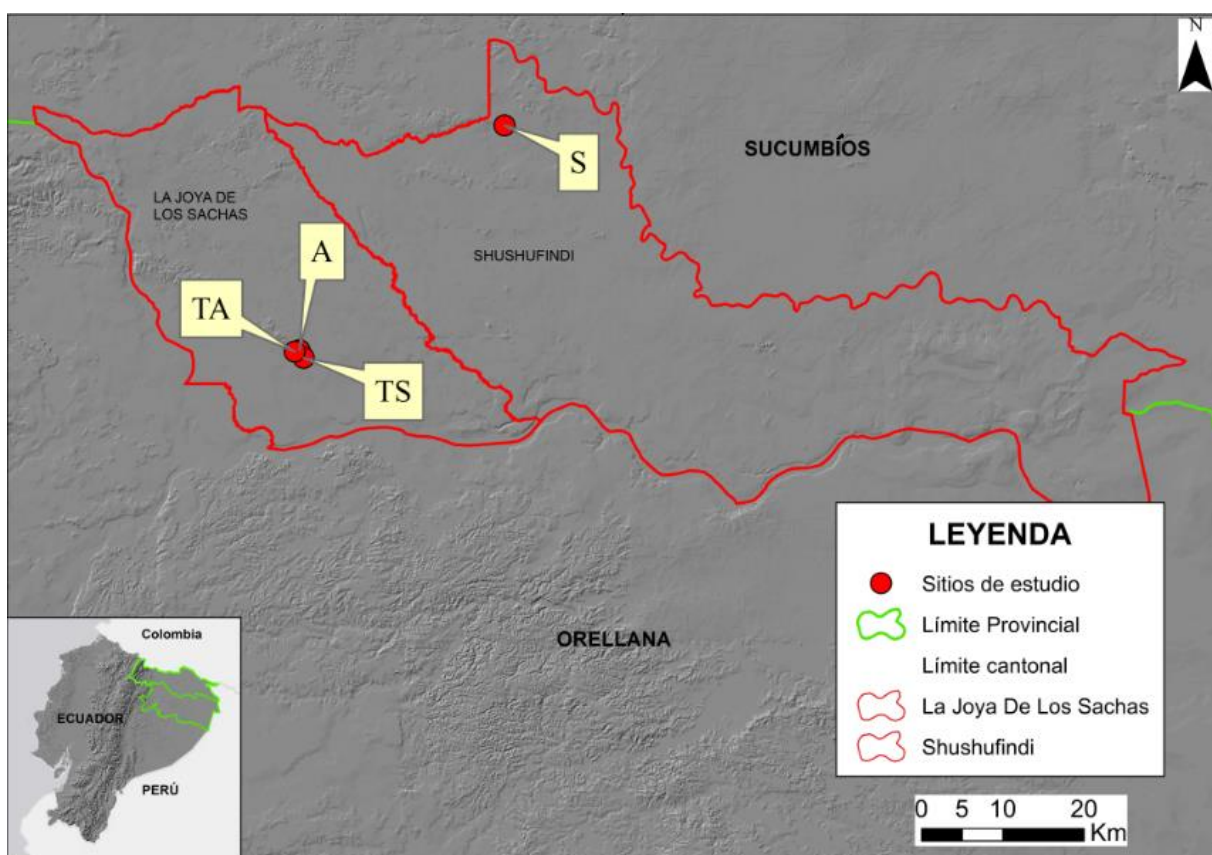
La línea base de biodiversidad es un componente esencial del proceso de manejo ambiental, lo que permitirá al PAV plantear nuevos proyectos y documentar la evolución de los ecosistemas remediados por la misma institución.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1 Ubicación política

La fase de campo se realizó en los cantones Shushufindi y La Joya de los Sachas, que pertenecen a las provincias de Sucumbíos y Orellana, respectivamente. La fase de montaje e identificación de los escarabajos se ejecutó en el Laboratorio de Zoología de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.



**Figura 1** Localización de los cuatro sitios de colecta en las provincias de Sucumbíos y Orellana. S= Ecosistema Sensible, A= Ecosistema Agrícola, TA= Ecosistema Testigo Agrícola, TS= Ecosistema Testigo Sensible.

#### 3.2 Ubicación geográfica

La ubicación geográfica de los sitios de muestreo se indica en la Tabla 2.

**Tabla 2**  
*Coordenadas referenciales de los ecosistemas estudiados.*

Sitio	Coordenadas georreferenciadas UTM WGS84 18S	
	Este	Norte
Ecosistema Sensible (remediado) Shushufindi 076	291770	9961667
Ecosistema Agrícola, área con suelo de aptitud agrícola (remediado) FC LF_SA_191_02D	293831	9964782
Fragmento de bosque Natural (testigo sensible)	292718	9960234
Área agrícola (testigo agrícola)	291638	9961627

Fuente: (Quiloango, 2019)

### 3.3 Condiciones ambientales

La Joya de los Sachas localizado en la provincia de Orellana, está a una altitud de 250 m s.n.m., con una temperatura media mensual de 24 °C, una precipitación anual de 3 100 mm y una humedad relativa del 80% (INIAP, 2017). Por su parte el cantón Shushufindi ubicado en la provincia de Sucumbíos, tiene altitudes entre los 200 y 300 m s.n.m., una temperatura media de 25 °C y una precipitación anual de 3 447 mm. La formación vegetal de los sitios de estudio corresponde al Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas de la Amazonía ecuatoriana (Sierra et al., 1999). Según Albuja et al (2012), los sitios pertenecen al piso zoogeográfico Tropical Oriental, y se ubican en la zona de vida denominada Bosque húmedo Tropical (Holdridge, 1971).

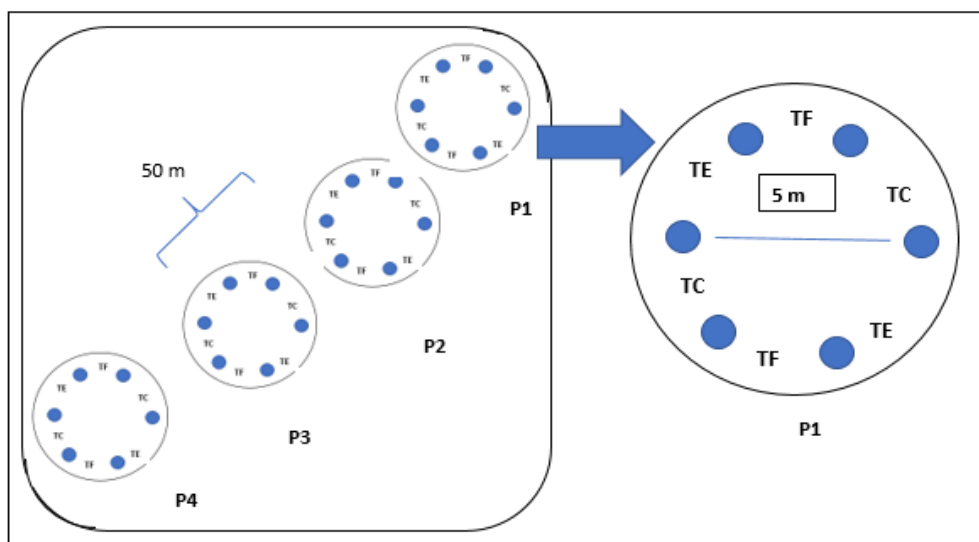
### 3.4 Métodos

#### 3.4.1 Sitios de muestreo y obtención de la muestra

Las campañas de colecta fueron realizadas durante el periodo febrero 2018 a enero 2019. Los sitios de muestreo fueron seleccionados por Petroamazonas EP, pertenecen a ecosistemas remediados por el Proyecto Amazonía Viva en el año 2017 los cuales son: a) ecosistema sensible (S), ubicado en el cantón Shushufindi, caracterizado por áreas pantanosas con presencia de forrajes; b) ecosistema agrícola (A), con poca presencia de cobertura vegetal, limitada por cultivos de palma africana (*Elaeis guineensis*); c) fragmento de bosque natural

que fue considerado el ecosistema testigo sensible (TS); y, d) cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis*), que fue el testigo del ecosistema agrícola (TA).

En cada sitio se establecieron cuatro puntos de muestreo separados, entre sí, a una distancia de 50 m. En cada estación se implementaron seis trampas *pitfall* de 15 x 10 cm de diámetro y 800 ml de volumen. En cada punto, las trampas estuvieron separadas a una distancia de 5 m y en cada una de ellas se colocó en forma aleatoria los siguientes tipos de cebos: excremento animal (TE), fruta (TF) y carroña (TC) (2 cebos en cada punto); se implementaron 24 trampas por sitio, dando un total de 96 trampas para los cuatro sitios (Figura 2).



**Figura 2** Disposición de los cuatro puntos (P1, P2, P3, P4) sobre un sitio de muestreo y distribución de trampas pitfall en cada punto con los cebos: excremento animal (TE), fruta (TF) y carroña (TC).

Para instalar las trampas, se realizó un agujero a una profundidad aproximada de 20 cm a nivel del suelo. Se ubicó una lámina de plástico, sostenida por palos de madera de 15 cm, para la protección de las trampas a la lluvia. Posteriormente, en cada trampa se colocó 300 ml de una solución de alcohol etílico al 40%, para capturar a los escarabeinos. Las trampas permanecieron abiertas durante cinco días consecutivos y cada 24 horas se procedió a coleccionar los individuos capturados, para consecutivamente ser limpiados y conservados en frascos con alcohol etílico al 70%.

Para la identificación de las especies colectadas se utilizaron diferentes claves dicotómicas (Espinoza-Villar et al., 2010; Rubio, 2010; Chamorro, Marín-Armijos, Granda, & Vaz-de-Mello, 2018); la verificación específica fue realizada por el Mg. Vladimir Carvajal e Ing. Carlos Quiloango-Chimarro.

### 3.4.2 Evaluación de la diversidad de Scarabaeinae

Se estimó la abundancia **proporcional de las especies** ( $P_i$ ), mediante la relación entre la abundancia específica ( $n_i$ ) y la abundancia total ( $N$ ) de los puntos de muestreo, mediante la siguiente ecuación:

$$P_i = \frac{n_i}{N}$$

La **tasa de captura** se estimó dividiendo  $N$  para el total de área de cobertura de la trampa (175,15 m<sup>2</sup>) (Moreno, 2001; Yazán, 2018; Quiloango, 2019).

La **diversidad alfa** se evaluó en cada época de muestreo, mediante índices que representan la riqueza (Riqueza absoluta - $S$ -) y la estructura de la comunidad de Scarabaeinae (1-Simpson, Shannon, y Pielou). Los índices se obtuvieron con los softwares PAleotological STatistics ® Ver. 3.22 (Hammer & Harper, 2018) y EstimateS ® Ver.9.1.0 (Colwell, 2013); las ecuaciones a partir de las que se obtienen los índices utilizados, se presentan a continuación:

Índice de Shannon-Wiener

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

Índice de 1 - Simpson

$$\lambda = 1 - \sum p_i^2$$

Índice de Pielou

$$J' = \frac{H'}{\ln S}$$

Para la evaluación de la riqueza específica se tomó en cuenta  $S$  que fue valorada con los estimadores no paramétrico Jackknife de primer orden (Jacknife 1), Jackknife de segundo orden (Jacknife 2), Chao 1, Chao 2, y Bootstrap; la fórmula para el cálculo de los estimadores son las siguientes:

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

donde:

$S$  = número de especies en una muestra.

$a$  = número de especies que están representadas solamente por un único individuo en esa muestra.

$b$  = número de especies representadas por exactamente dos individuos en la muestra.

$$Chao_2 = S + \frac{L^2}{2M}$$

donde:

$L$  = número de especies que ocurren solamente en una muestra (especies únicas).

$M$  = número de especies que ocurren en exactamente dos muestras.

$$Jack\ 1 = S + L \frac{m-1}{m}$$

donde:

$L$  = número de especies únicas.

$m$  = número de muestras.

$$Jack\ 2 = S + \frac{L(2m-3)}{m} - \frac{M(m-2)^2}{m(m-1)}$$

donde:

L = número de especies únicas.

m = número de muestras.

M = número de especies que ocurren en exactamente dos muestras.

$$Bootstrap = S + \sum (1 - p_j)^2$$

donde:

$p_j$  = la proporción de unidades de muestreo que contienen a cada especie j.

La **diversidad beta** se analizó mediante dendrogramas de similitud de especies, elaborados a partir del índice de Bray-Curtis, método que permite visualizar, a la par la similitud y disimilitud de especies de escarabajos entre varios ecosistemas y épocas (Pozo-Rivera, 2017); estos análisis de agrupamiento se realizaron con Biodiversity Pro 2.0 (McAleece, Gage, Lambshead, & Paterson, 1997).

### 3.4.3 Definición de la época del año

Para definir la época del año, se utilizó la distribución de la intensidad de precipitación y humedad del suelo acorde a la clasificación de Trojer (1974), para lo cual se utilizaron los datos de precipitación registrados en la estación experimental INIAP San Carlos, Cantón La Joya de los Sachas.

Según Pozo-Rivera (com. pers.), los efectos de las épocas del año en la diversidad animal deben medirse con información obtenida en investigaciones a largo plazo, con al menos un año de muestreo, por lo que, adicional a los datos extraídos en la fase de campo de este proyecto, se utilizó también la información obtenida por Quiloango (2019).

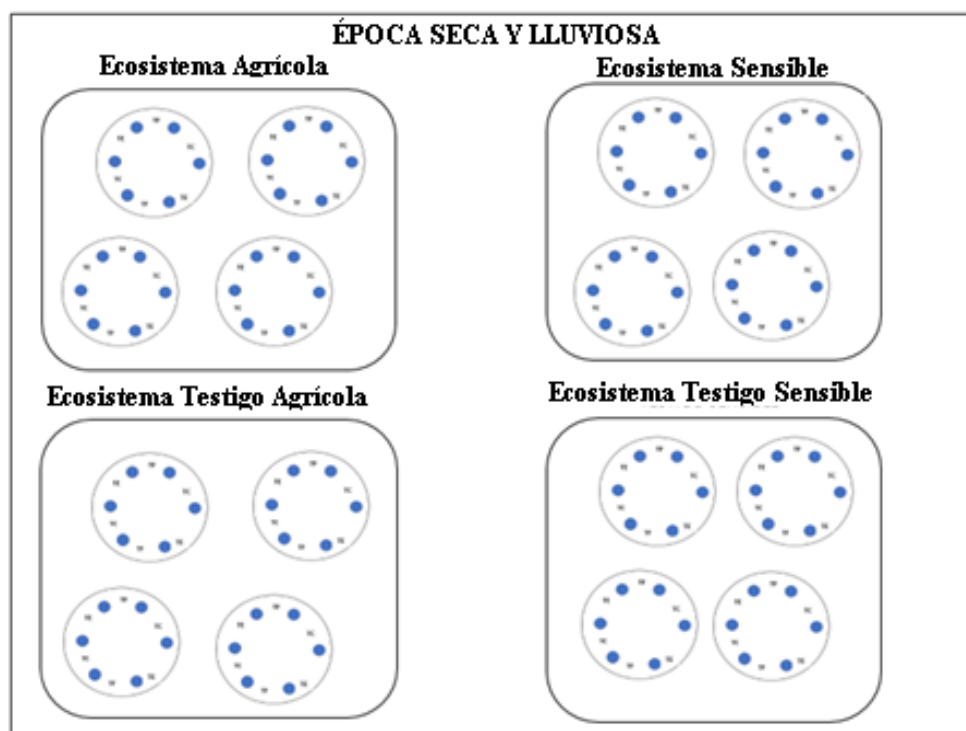


### 3.4.4 Diversidad estacional en dos épocas

Para conocer la influencia de la estacionalidad en la diversidad de escarabajos se utilizaron Curvas Rango Abundancia (CRA), para ello, el número de individuos de cada especie se ordenó en forma descendente, a continuación se obtuvo la frecuencia relativa mediante la transformación de  $P_i$  a su  $\text{Log}_{10}$ , con estos datos se realizó la gráfica correspondiente (Feinsinger, 2001; de la Peña et al., 2012).

### 3.4.5 Diseño experimental

El experimento se dispuso bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) en Parcela Subdividida ( $2 \times 4 \times 3$ ) con 4 repeticiones. La parcela grande estuvo representada por la época del año, la parcela mediana por el tipo de ecosistema y la parcela pequeña por el tipo de cebo. La disposición del experimento en el campo se muestra en la Figura 3. La unidad experimental estuvo conformada por dos trampas *pitfall* con el mismo tipo de cebo. En total se utilizaron 48 unidades experimentales.



**Figura 3** Disposición del experimento en campo.

### 3.4.6 Análisis de la información

La caracterización de la línea base de escarabeinos, se realizó utilizando la abundancia proporcional de especies ( $P_i$ ), gráficas de curvas de acumulación de especies (CAE) y gráficas de curvas rango abundancia (CRA).

Con el fin de cumplir con los supuestos del análisis de la varianza (ADEVA), las variables que representan abundancia, riqueza, y estructura de la comunidad fueron transformadas a  $\sqrt{x+1}$ , luego se realizaron ADEVAs mediante modelos mixtos para un diseño completamente al azar en parcela subdividida ( $2*4*3$ ) con 4 repeticiones bajo el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + \delta_{l(i)} + S_j + ES_{ij} + \gamma_{lj(i)} + C_k + EC_{ik} + SC_{jk} + ESC_{ijk} + e_{ijkl}$$

$Y_{ijk}$ = Variable aleatoria

$\mu$ = media general

$E_i$ = efecto de la i-ésima época

$\delta_{l(i)}$ = error para la época

$S_j$ = efecto del j-ésimo ecosistema

$ES_{ij}$ = efecto de la interacción época \* ecosistema

$\gamma_{lj(i)}$ = error para el tipo de ecosistema

$C_k$ = efecto del k-esimó cebo

$EC_{ik}$ = efecto de la interacción época \* cebo

$SC_{jk}$ = efecto de la interacción ecosistema \* cebo

$ESC_{ijk}$ = efecto de la interacción época \* ecosistema \* cebo

$e_{ijkl}$ = error para el tipo de cebo

La normalidad de los datos para todas las variables se verificó mediante la prueba de Shapiro-Wilks. La homogeneidad de varianzas de las variables se modelo mediante varianzas

independientes. Además, se realizaron pruebas de comparación de medias DGC al 5% para épocas, ecosistemas, tipos de cebos e interacciones. Estos análisis se realizaron en el programa INFOSTAT (Di Rienzo, 2018) y su interfase con el software R (R Core Team, 2013).

## CAPÍTULO IV

## RESULTADOS

## 4.1 Línea base de las especies de la subfamilia Scarabaeinae

## 4.1.1 Ensamblaje de cuatro ecosistemas durante dos épocas

Durante el estudio se colectaron 7 506 individuos de escarabajos de la subfamilia Scarabaeinae, pertenecientes a 13 géneros y a 37 diferentes especies (Tabla 3).

**Tabla 3**

Registro total, abundancia específica y proporcional de especies de escarabajos colectados en cuatro ecosistemas en el periodo febrero 2018 a enero 2019.

Etiquetas de fila	Registro	Agrícola	Testigo agrícola	Sensible	Testigo sensible	Ensamblaje
<i>Canthon aequinoctialis</i>	RP			12 (0,013)	<b>1490 (0,240)</b>	<b>1502 (0,200)</b>
<i>Ontherus sulcatur</i>	NRP	<b>18 (0,290)</b>	<b>90 (0,304)</b>	<b>747 (0,806)</b>	135 (0,022)	990 (0,132)
<i>Dichotomius ohausi</i>	RP	7 (0,113)	72 (0,243)	17 (0,018)	639 (0,103)	735 (0,098)
<i>Deltochilum howdeni</i>	NRP			13 (0,014)	671 (0,108)	685 (0,091)
<i>Onthophagus haematopus</i>	RP			7 (0,008)	493 (0,079)	500 (0,067)
<i>Eurysternus plebejus</i>	RP	6 (0,097)	30 (0,101)	4 (0,004)	386 (0,062)	426 (0,057)
<i>Onthophagus osculatii</i>	NRP			7 (0,008)	395 (0,063)	402 (0,054)
<i>Coprophanes telamon</i>	RP	11 (0,177)	33 (0,111)	22 (0,024)	307 (0,049)	373 (0,050)
<i>Onthophagus xanthomerus</i>	RP			22 (0,024)	246 (0,040)	273 (0,036)
<i>Dichotomius</i> sp. 1	NA				232 (0,037)	233 (0,031)
<i>Dichotomius mamillatus</i>	RP			2 (0,002)	186 (0,030)	189 (0,025)
<i>Deltochilum amazonicum</i>	RP				175 (0,028)	178 (0,024)
<i>Eurysternus atrosericus</i>	NRP	1 (0,016)	5 (0,017)	5 (0,005)	134 (0,022)	145 (0,019)
<i>Eurysternus squamosus</i>	RP				107 (0,017)	107 (0,014)
<i>Canthon luteicollis</i>	RP			1 (0,001)	92 (0,015)	94 (0,013)
<i>Eurysternus caribaeus</i>	RP	4 (0,065)	13 (0,044)		76 (0,012)	93 (0,012)
<i>Eurysternus wittmerorum</i>	RP	1 (0,016)	10 (0,034)	7 (0,008)	61 (0,010)	79 (0,011)
<i>Canthidium</i> cf. <i>rufinum</i>	RP				76 (0,012)	76 (0,010)
<i>Onthophagus hircus</i>	<b>NRE</b>	10 (0,161)	6 (0,020)	40 (0,043)		56 (0,007)
<i>Onthophagus nyctopus</i>	NRP			2 (0,002)	52 (0,008)	54 (0,007)
<i>Dichotomius podalirius</i>	RP				49 (0,008)	49 (0,007)
<i>Uroxys</i> sp. 1	NA				48 (0,008)	48 (0,006)
<i>Eurysternus foedus</i>	RP	3 (0,048)	6 (0,020)	1 (0,001)	30 (0,005)	40 (0,005)
<i>Phaneus chalcomelas</i>	RP			3 (0,003)	28 (0,005)	32 (0,004)
<i>Scyballocanthon macullatus</i>	RP			1 (0,001)	31 (0,005)	32 (0,004)
<i>Oxysternon silenus</i>	RP	1 (0,016)	16 (0,054)	1 (0,001)	4 (0,001)	22 (0,003)
<i>Eurysternus hamaticollis</i>	RP			1 (0,001)	19 (0,003)	21 (0,003)
<i>Onthophagus onore</i>	RP				15 (0,002)	15 (0,002)
<i>Canthidium</i> sp. 1	NA			3 (0,003)	10 (0,002)	14 (0,002)
<i>Canthidium aurifex</i>	NRP			3 (0,003)	9 (0,001)	12 (0,002)
<i>Oxysternon conspicillatum</i>	RP				8 (0,001)	8 (0,001)
<i>Deltochilum carinatum</i>	RP				7 (0,001)	7 (0,001)
<i>Onthophagus marginicollis</i>	RP			6 (0,006)		6 (0,001)
<i>Scyballocanthon</i> sp. 1	NA				4 (0,001)	4 (0,001)
<i>Canthidium onitoides</i>	RP				3 (0,000)	3 (0,000)
<i>Malagoniella astyanax</i>	RP				2 (0,000)	2 (0,000)
<i>Canthon angustatus</i>	RP				1 (0,000)	1 (0,000)
Abundancia		62	296	927	6221	7506
Riqueza		10	19	23	35	37

Los valores que se encuentran entre paréntesis representan la abundancia proporcional de las especies ( $P_i$ ), de igual manera los datos remarcados con negrilla destacan las especies con mayor abundancia específica durante el estudio. RP = Registrado

en las provincias de estudio, NRP = Nuevo registrado en las provincias de estudio, NA = No evaluado, NRE = Nuevo registro para el Ecuador.

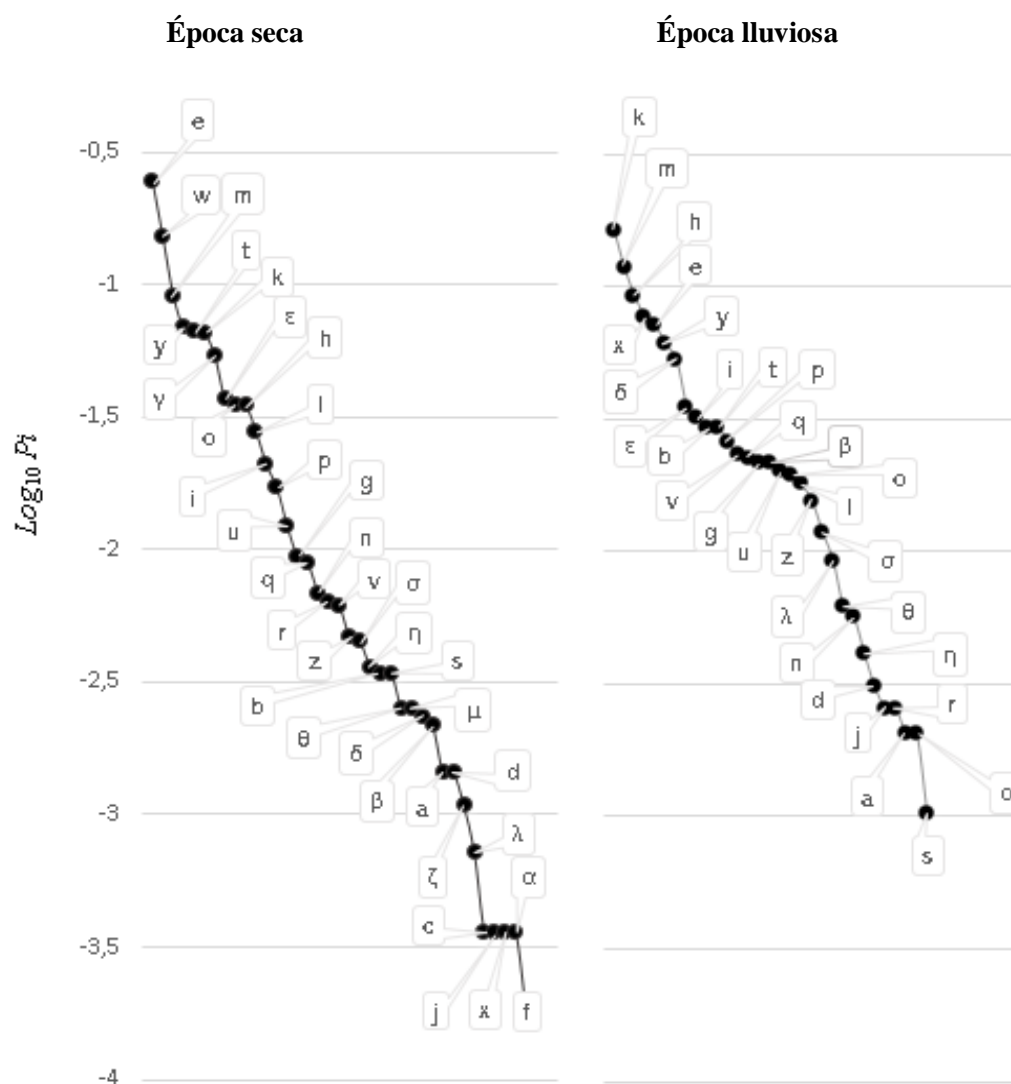
*Canthon aequinoctialis*, *Ontherus sulcatur*, *Dichotomius ohausi*, *Deltochilum howdeni*, representaron el 52% del total de individuos colectados, 19 de las 37 especies fueron consideradas raras ( $P_i$  menores al 10%). *Canthon aequinoctialis* fue la especie con mayor frecuencia en el estudio con un 20%; esta especie se colectó en los ecosistemas S y TS. *Ontherus sulcatur* ( $P_i = 0,13$ ) fue registrada en los cuatro sitios de estudio siendo la segunda especie con mayor abundancia.

El índice de 1-Simpson y de Shannon demostraron que la diversidad del ensamblaje de Scarabaeinae es alta ( $1-D = 0,907$ ;  $H' = 2,744$ ); por su parte el índice de equitatividad de Pielou, indica que las especies de escarabeinos colectadas presentaron una distribución de la abundancia homogénea ( $J' = 0,763$ ).

#### 4.1.2 Dinámica de la época del año en la diversidad de Scarabaeidae

La Figura 4 muestra que, *Canthon aequinoctialis* presentó la mayor frecuencia en la época seca (24,5%), mientras que *Deltochilum howdeni* fue la especie más frecuente en la época lluviosa (16,34%).

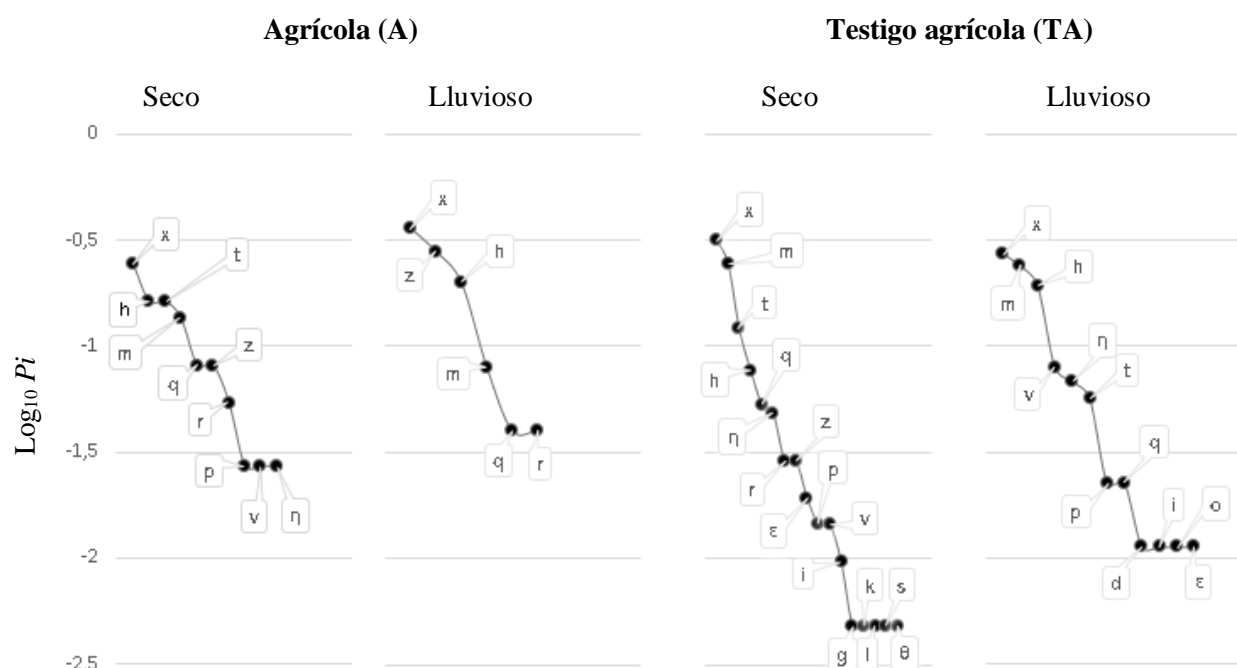
En la época lluviosa se registró al 91,89% ( $n = 35$ ) de las especies registradas en el estudio, mientras que en la época seca se registró al total de las especies esperadas ( $n = 37$ ). Asimismo, la mayor cantidad de especies raras fueron registradas durante la época seca ya que la cola de la CAE se conformó por cuatro especies. Considerando la distinta forma de la pendiente, en la época seca también se presentó una mejor uniformidad de las especies (Figura 4).



**Figura 4** Curvas rango abundancia de las sumatorias de las especies capturadas en cuatro ecosistemas evaluadas en dos épocas.  $P_i$  = abundancia proporcional de especies. Explicación de las especies representadas por las letras, aparecen en Anexo 2.

Las CRA de los ensambles de los ecosistemas, separados por épocas demostraron que: tanto en TA como en el ecosistema A, la época seca presentó mayor diversidad. *Ontherus sulcatur* fue la especie con mayor frecuencia durante las dos épocas, en los dos ecosistemas antes mencionados. En el ecosistema A, esta especie representó el 24% en época seca y el 36% en la época lluviosa; mientras que, en el ecosistema TA tuvo una frecuencia del 31,7% en época seca y 27, 2% en la época lluviosa.

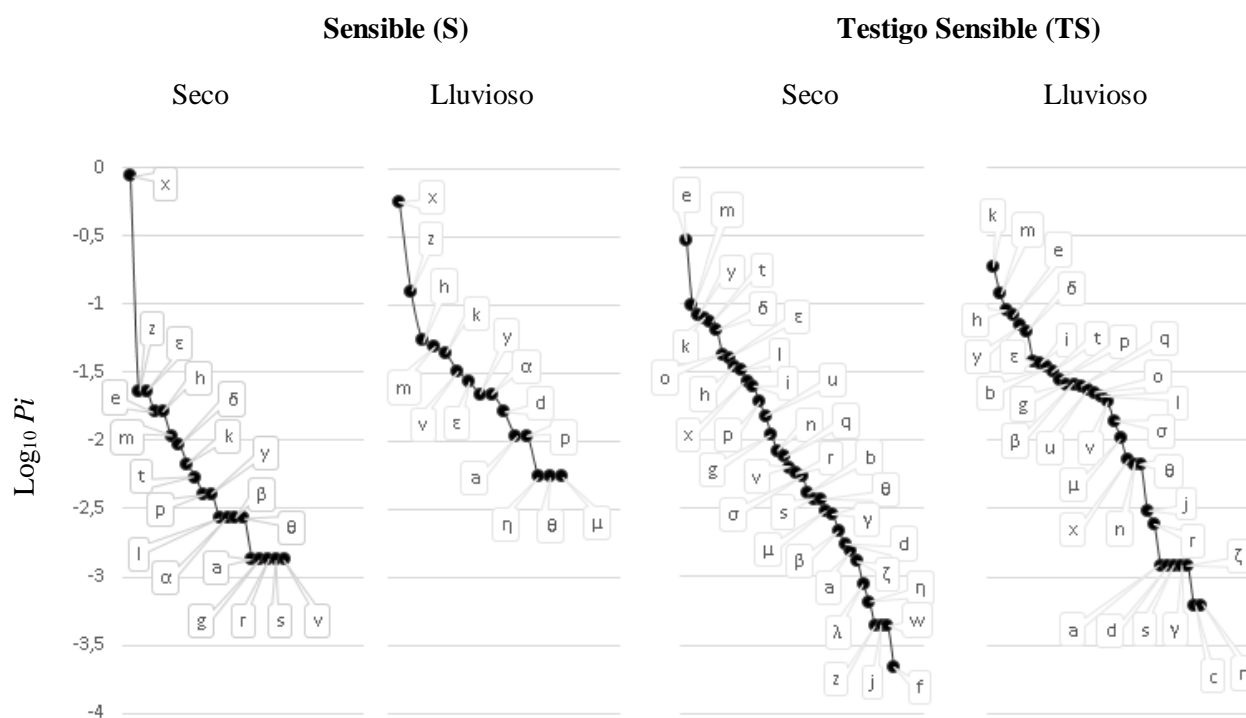
En el ecosistema TA se obtuvo una riqueza de 17 especies en la época seca y 12 en la época lluviosa; por su parte el ecosistema A presentó una riqueza de 10 especies en la época seca y 6 en época lluviosa. En el ecosistema A, la época lluviosa presentó menor cantidad de especies raras (cola menor); la época seca del ecosistema TA presentó mayor cantidad de especies raras (cola más larga) (Figura 5).



**Figura 5** Curvas rango abundancia de las sumatorias de las especies capturadas en dos ecosistemas evaluados durante dos épocas.  $P_i$  = abundancia proporcional de especies.

Se presentó una diversidad similar durante la época seca entre el ecosistema S y TS. En el ecosistema S, *Ontherus sulcatur* presentó una frecuencia del 86,4% en época seca y un 56,8% en época lluviosa, sin embargo, en TS, la especie más frecuente fue *Canthon aequinoctialis* en la época seca con un 29%, mientras que en la época lluviosa *Deltochilum howdeni* representó un 18%. Además, la riqueza en el ecosistema sensible fue de 20 especies en la época seca y 15 en la lluviosa, así mismo, el ecosistema TS, presentó 35 especímenes en la época seca y 32 en la lluviosa. En el ecosistema S se presentó mayor acumulación de especies raras (cola

formada por cinco especies), mientras que en el ecosistema TS no existió un número significativo de especies raras durante las dos épocas (Figura 6).



**Figura 6** Curvas rango abundancia de las sumatorias de las especies capturadas en dos ecosistemas evaluadas en dos épocas.  $P_i$  = abundancia proporcional de especies.

#### 4.1.3 Curvas de acumulación de especies en pasivos ambientales

A nivel de ensamblaje, los estimadores no paramétricos de riqueza demostraron que la riqueza observada, representó entre el 95 y el 100% de las especies esperadas. En los ecosistemas evaluados el porcentaje de especies colectadas sobrepasó el 90% de las esperadas, excepto en TA, que sobrepasaron el 77% (Tabla 4).

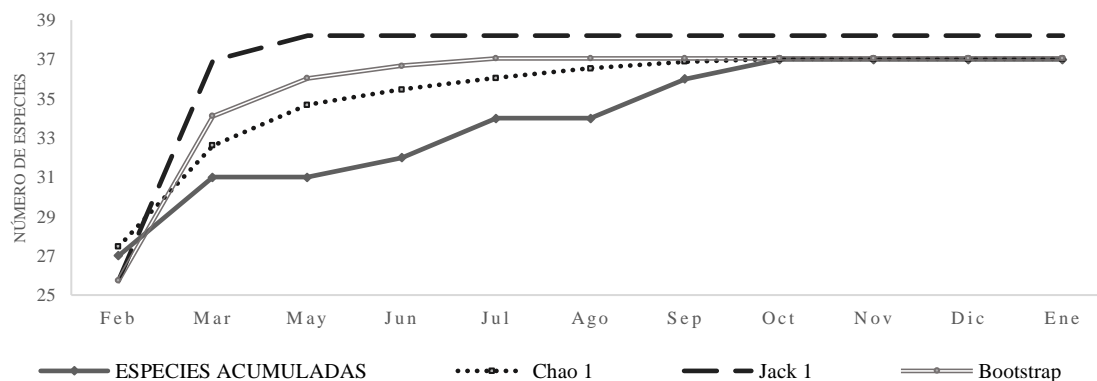
**Tabla 4**

*Porcentaje de riqueza obtenida en relación con la riqueza esperada mediante estimadores no paramétricos en cuatro ecosistemas.*

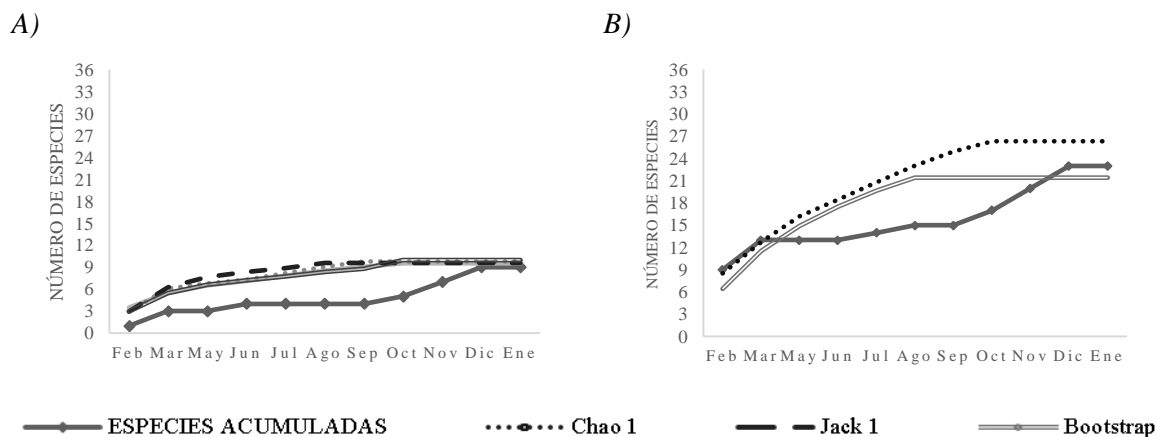
ECOSISTEMA	Chao 1	Chao 2	Jack 1	Jack 2	Bootstrap
Agrícola	94,34	91,93	93,85	91,84	90,18
Testigo agrícola	87,35	85,41	89,84	77,76	100
Sensible	97,63	92,07	96,52	93,18	95,24
Testigo sensible	99,20	99,62	96,93	95,98	97,04
Ensamblaje	99,91	99,46	96,83	95,21	99,86



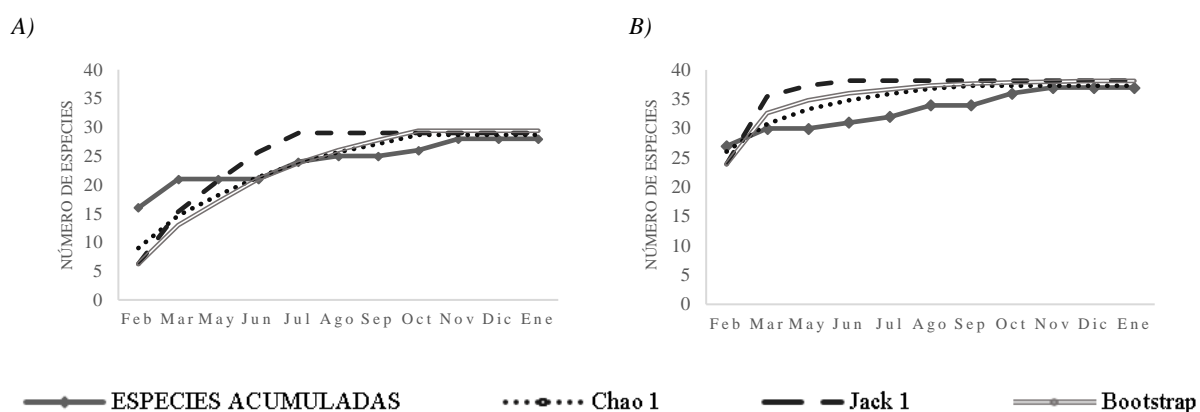
Tanto a nivel de ensamblaje, como a nivel las comunidades coleopterológicas de cada uno de los ecosistemas evaluados, se aprecia que todas las CAEs llegaron a la asíntota (estabilización de la curva), lo que demuestra que, a mayores esfuerzos de monitoreo, no se espera cambios significativos en la riqueza observada (Figuras 7, 8, 9).



**Figura 7** Curva de acumulación de especies observada y esperadas del ensamblaje de la comunidad de Scarabaeinae. El gráfico se elaboró con la información global de los cuatro ecosistemas evaluados.



**Figura 8** Curva de acumulación de especies observadas y esperadas de la comunidad de Scarabaeinae en los ecosistemas. A) agrícola, B) testigo agrícola.

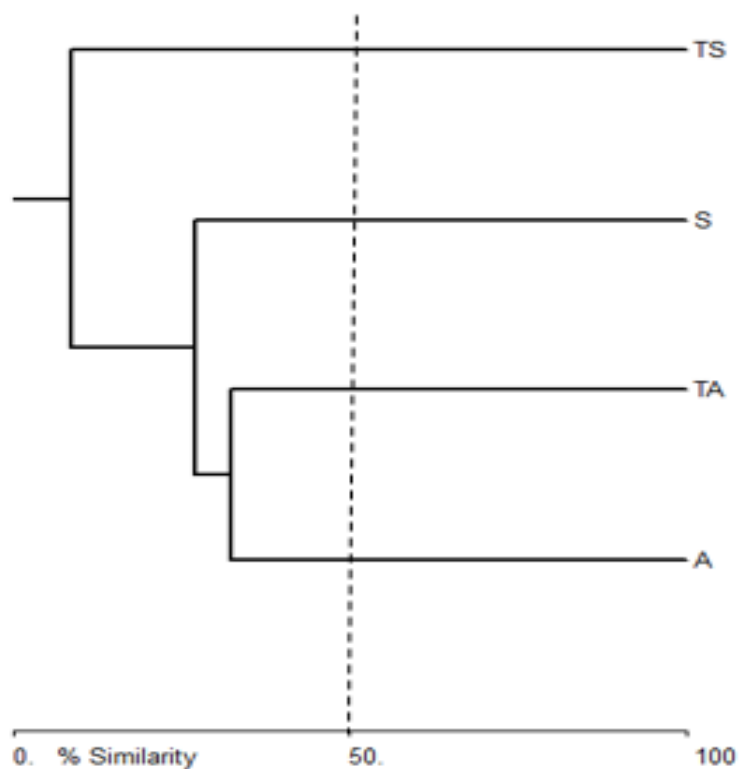


**Figura 9** Curva de acumulación de especies observadas y esperadas de la comunidad de Scarabaeinae en los ecosistemas A) sensible, B) testigo sensible.

#### 4.2 Diversidad Beta

Acorde con el análisis de similitud de Bray-Curtis, el ecosistema A y TA presentaron una similitud del 32,40%, ambos a su vez son similares al ecosistema S en el 26,82%. El bosque natural (TS) fue el ecosistema menos parecido a los otros tres ya que presentó una disimilitud del 91,47% (Figura 10; Anexo 1).

*Ontherus sulcator* fue la segunda especie más abundante en todo el periodo de colecta, además cabe destacar que, en tres de los cuatro ecosistemas evaluados fue la especie con mayor número de individuos con un 29% en el ecosistema A, 30% en el TA y 80% en el S (Tabla 3). El 21,64% del total de especies estuvieron presentes en los cuatro ecosistemas evaluados (especies comunes), el 5,40% se registraron en tres ecosistemas, 35,13% en dos ecosistemas, y el 37,83% fueron exclusivas de un solo tipo de ecosistema.



**Figura 10** Dendrograma de Bray-Curtis, muestra la similitud/disimilitud de especies en cuatro ecosistemas remediados. S: Sensible, TS: Testigo sensible, A: Agrícola, TA: Testigo Agrícola.

#### 4.3 Análisis de diversidad entre ecosistemas durante dos épocas

Se presentaron efectos significativos de la interacción Época×Ecosistema×Cebo para la abundancia absoluta de especies ( $F= 2,57$ ;  $p= 0,0184$ ) y la equitatividad de Pielou ( $F= 2,55$ ;  $p= 0,0192$ ).

Las trampas cebadas con estiércol, instaladas en TS en la época seca, presentaron la abundancia más alta; mientras que, en el ecosistema A las trampas cebadas con fruta en la época seca presentaron la menor abundancia absoluta (Tabla 5).

El valor más alto de equitatividad de Pielou, se registró en TS, durante la época lluviosa, en trampas cebadas con carroña; mientras que el valor más bajo se encontró en el ecosistema A, en la época seca, en trampas cebadas con fruta (Tabla 5).

**Tabla 5**

*Promedio ± error estándar de la abundancia absoluta y equitatividad de Pielou de Scarabaeidae según la interacción época×ecosistema×tipo de cebo.*

Época	Ecosistema	Cebo	Abundancia	Equitatividad
Seco	Testigo sensible	E	<b>11,56 ± 0,93 a</b>	<b>1,75 ± 0,05 a</b>
Seco	Testigo sensible	C	7,38 ± 0,41 b	<b>1,84 ± 0,01 a</b>
Lluvioso	Testigo sensible	C	6,63 ± 0,45 b	<b>1,85 ± 0,01 a</b>
Lluvioso	Testigo sensible	E	6,29 ± 1,01 b	<b>1,75 ± 0,05 a</b>
Seco	Sensible	E	4,61 ± 0,70 c	1,39 ± 0,09 b
Seco	Testigo sensible	F	3,57 ± 0,31 c	<b>1,75 ± 0,08 a</b>
Seco	Testigo agrícola	E	3,15 ± 0,24 c	<b>1,79 ± 0,09 a</b>
Lluvioso	Testigo sensible	F	3,07 ± 0,34 c	1,35 ± 0,09 b
Lluvioso	Sensible	E	2,68 ± 0,77 c	1,44 ± 0,10 b
Seco	Testigo agrícola	C	2,23 ± 0,17 d	<b>1,61 ± 0,10 a</b>
Lluvioso	Testigo agrícola	E	2,20 ± 0,26 d	1,47 ± 0,09 b
Lluvioso	Testigo agrícola	C	1,85 ± 0,19 d	1,29 ± 0,11 b
Lluvioso	Agrícola	E	1,74 ± 0,19 d	1,35 ± 0,10 b
Seco	Sensible	C	1,65 ± 0,20 d	1,32 ± 0,09 b
Seco	Agrícola	E	1,62 ± 0,17 d	1,28 ± 0,10 b
Lluvioso	Sensible	C	1,60 ± 0,22 d	1,14 ± 0,09 c
Seco	Testigo agrícola	F	1,41 ± 0,11 d	1,29 ± 0,08 b
Seco	Agrícola	C	1,26 ± 0,09 e	1,17 ± 0,07 c
Seco	Sensible	F	1,18 ± 0,08 e	1,08 ± 0,04 c
Lluvioso	Agrícola	C	1,15 ± 0,10 e	1,05 ± 0,07 c
Lluvioso	Testigo agrícola	F	1,15 ± 0,12 e	1,10 ± 0,09 c
Lluvioso	Sensible	F	1,10 ± 0,08 e	1,10 ± 0,05 c
Lluvioso	Agrícola	F	1,05 ± 0,03 e	1,05 ± 0,03 c
Seco	Agrícola	F	<b>1,00 ± 0,03 e</b>	<b>1,00 ± 0,03 c</b>

Las letras mayúsculas representan el tipo de cebo: C= carroña, F= fruta, E= estiércol. Letras minúsculas diferentes, indican diferencias significativas al 95%. Los datos con negrilla pertenecen a valores con mayor y menor promedio.

Los índices de diversidad de Shannon (F= 6,46, p= 0,0003), 1-Simpson (F= 3,99, p= 0,0079) y la riqueza específica (F= 7,35; p= 0,001), mostraron un efecto significativo para la interacción época × sitio y para el factor época del año. El ecosistema TS durante la época seca presentó los valores más altos de los índices de riqueza, diversidad de Shannon, y 1-Simpson; el ecosistema A durante la época lluviosa, presentó valores considerablemente menores en los índices antes mencionados (Tablas 6). La época seca presentó mayores valores de diversidad y riqueza que los obtenidos durante la época lluviosa (Tabla 7).

**Tabla 6**

*Promedio  $\pm$  error estándar de la riqueza y estructura de la comunidad de Scarabaeinae según la interacción época  $\times$  tipo de ecosistema.*

Época	Ecosistema	Riqueza	Estructura	
			Shannon	1-Simpson
Seco	Testigo sensible	<b>3,67 <math>\pm</math> 0,09 a</b>	<b>2,04 <math>\pm</math> 0,04 a</b>	<b>1,70 <math>\pm</math> 0,03 a</b>
Lluvioso	Testigo sensible	3,12 $\pm$ 0,10 b	1,82 $\pm$ 0,04 b	1,56 $\pm$ 0,03 b
Seco	Testigo agrícola	1,97 $\pm$ 0,07 c	1,38 $\pm$ 0,06 c	1,32 $\pm$ 0,04 c
Lluvioso	Testigo agrícola	1,55 $\pm$ 0,08 d	1,18 $\pm$ 0,04 d	1,14 $\pm$ 0,04 d
Seco	Sensible	1,56 $\pm$ 0,08 d	1,15 $\pm$ 0,04 d	1,11 $\pm$ 0,03 d
Lluvioso	Sensible	1,43 $\pm$ 0,09 d	1,14 $\pm$ 0,04 d	1,11 $\pm$ 0,03 d
Seco	Agrícola	1,28 $\pm$ 0,06 e	1,09 $\pm$ 0,03 d	1,07 $\pm$ 0,02 d
Lluvioso	Agrícola	<b>1,26 <math>\pm</math> 0,06 e</b>	<b>1,06 <math>\pm</math> 0,03 d</b>	<b>1,04 <math>\pm</math> 0,02 d</b>

Letras diferentes indican diferencias significativas al 95%. Los datos con negrilla pertenecen a valores con mayor y menor media.

**Tabla 7**

*Promedio  $\pm$  error estándar de la riqueza y estructura de la comunidad de Scarabaeinae respecto a la época.*

Época	Riqueza	Estructura	
		Shannon	1-Simpson
Seco	3,39 $\pm$ 0,11 a	1,42 $\pm$ 0,02 a	1,30 $\pm$ 0,01 a
Lluvioso	2,54 $\pm$ 0,12 b	1,30 $\pm$ 0,02 b	1,21 $\pm$ 0,02 b

Letras diferentes indican diferencias significativas al 95%. Los datos con negrilla pertenecen a valores con mayor y menor media.

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN

#### 5.1 Línea base de las especies de la subfamilia Scarabaeinae

En las provincias de Orellana y Sucumbíos, se han reportado 60 y 71 especies de escarabajos copronecrófagos (Chamorro et al., 2018). Los registros obtenidos en el presente estudio reportan 23 especies en la provincia de Orellana, mientras que, en estudios previos, como el de Carpio (2011) se han reportado 65 especies, esta discrepancia se debe a que, en la provincia de Orellana se encontraba únicamente el ecosistema sensible como sitio de muestreo, afectando directamente a la riqueza obtenida en dicha provincia. Así mismo Quinotoa (2015), en la provincia de Sucumbíos, reporta 65 especies mientras que en la presente investigación se reportan 36, esta diferencia se debe a las características de ecosistemas evaluados, ya que según Da Silva, Vaz-De-Mello, y Di Mare (2013), la riqueza de un ecosistema disminuye en función del menor tamaño de fragmento de bosque, mayor grado de perturbación de la estructura de la vegetación así como de factores climáticos.

Durante los muestreos del presente estudio, se colectaron 4 052 individuos pertenecientes a 35 especies, cinco de ellas no fueron registradas durante el estudio de Quiloango (2019), quien reportó 32 especies en los mismos sitios, esto puede deberse al cambio de las condiciones ambientales durante los meses de muestreo, pues se conoce que las actividades antrópicas tales como la ganadería y la explotación de petróleo, alteran tanto al macro como al micro clima de los ecosistemas (Peck & Forsyth, 1982; Halffter & Favila, 1993), por lo tanto, algunas especies pueden reaccionar, permaneciendo en esas nuevas condiciones o migrando a otros sitios que mantengan las condiciones originales (Campos & Hernández, 2015).

*Canthon angustatus*, *Eurysternus caribaeus*, *Eurysternus hamaticollis*, *Onthopagus nyctopus* y *Scyballocanthon* sp. 1, fueron especies exclusivamente registradas en el presente trabajo, de las cuales, *Canthon angustatus* es un nuevo registro para la provincia (Paredes et al., en preparación).

Se colectó un total de 37 especies a lo largo de todo el año de monitoreo. De las 37 especies halladas en el ensamblaje, *Onthopagus hircus*, no se encuentra registrada en el Ecuador, misma que fue reportada por Quiloango (2019), y se confirmó su presencia durante los posteriores seis meses de monitoreo (Este estudio).

*Canthon aequinoctialis* es la especie con mayor frecuencia en el estudio, según Blackwelder (1945) esta especie suele registrarse en grandes cantidades en los bosques y áreas semialteradas durante todos los meses del año, por lo que su presencia era esperada.

En el ensamblaje, la segunda especie más abundante fue *Ontherus sulcatur*, la que a su vez fue el escarabajo más abundante en el ecosistema sensible, esta especie es mayormente coprófaga, durante la fase de colecta se detectó una alta presencia de excrementos de ganado vacuno en este ecosistema, Doube (1990) menciona que *O. sulcatur* es un coprófago excavador, muy frecuente en la región amazónica ya que remueve masas fecales en superficies de pastizales, por lo que este resultado también era previsto.

*Dichotomius ohausi* es la tercera especie más frecuente del estudio, y su presencia podría estar relacionada con la altitud en la que se encuentran los sitios de muestreo, Celi et al. (2004) y Espinoza- Villar et al (2010) demostraron que es una especie que se colecta con frecuencia en la Amazonía colombiana y en la Amazonía ecuatoriana, en un rango altitudinal de los < 500 m s.n.m. de aquí que su registro era advertido.

## **5.2 Dinámica de la época del año en la diversidad de Scarabaeinae**

Los resultados de diversidad obtenidos demuestran que, la época seca es la más diversa en términos de abundancia, riqueza y equitatividad. Se conoce que existe una relación muy cercana entre los niveles de precipitación y la variación de las comunidades entre la época de sequía y la de lluvias (Escobar et al., 2005). Según Rangel-Acosta y Martínez-Hernández (2017), los mayores índices de diversidad y estructura son registrados con las primeras precipitaciones, y con una disminución de la temperatura ambiental, siendo este último un factor microclimático que influye de manera diferente a la precipitación en relación a la diversidad de escarabajos, sin embargo se necesitaría evaluar la temperatura en los sitios de estudio para comprobar dicho efecto.

Un factor que influyó para que existiera mayor diversidad durante la época seca, fue que los ecosistemas donde se ejecutó el presente estudio se encuentran en procesos de remediación, pues en investigaciones ejecutadas en bosques naturales sobre la dinámica de las comunidades de escarabajos, tiene una respuesta inversa a la de ecosistemas intervenidos (Noriega, Botero, Viola, & Fagua, 2007; Da Silva et al., 2013).

Además, cabe mencionar que Hernández & Vaz-de-Mello (2009) reconoce que la marcada diversidad que existe durante la época seca y lluviosa, también se debe a la funcionalidad y adaptabilidad de los coleópteros y no únicamente a la relación con la abundancia y riqueza de los ensamblajes.

## **5.3 Curvas de acumulación de especies en pasivos ambientales**

El manejo de estimadores no paramétricos a nivel del ensamblaje, es habitual en estudios relacionados en la diversidad de coleópteros, su aplicación ayuda a la determinación de la eficiencia de los muestreo mediante CAEs (Cultid-Medina et al., 2014; Ibarra-Polesel,



Damborsky, & Porcel, 2015; Noriega et al., 2016), en este estudio, las especies observadas representaron más del 95% de las especies esperadas, de acuerdo con Feinsinger (2001) y Fitzgerald & Stronza (2009), si la riqueza observada representa más del 75% de la esperada, no se detectarían diferencias significativas al incrementar los muestreos; cabe recordar que las campañas de colección del presente estudio, se extendieron a lo largo de 11 meses, factor que pudo haber influido en el elevado porcentaje de especies colectadas, con esto se concuerda con Pozo-Rivera (com. pers.), quien alude que es necesario un esfuerzo de muestro anual para obtener resultados óptimos.

#### **5.4 Diversidad Beta**

El análisis de similitud de Bray-Curtis, demostró que la riqueza en TS es muy disímil en cuanto a la riqueza específica de los demás ecosistemas estudiados. Estos resultados coinciden con lo descrito por Da Silva, Vaz-De-Mello, & Di Mare (2013) y con el de Filgueiras, Tabarelli, Leal, Vaz-de-Mello, & Iannuzzi (2015) quienes también encontraron diferencia de la riqueza de Scarabaeidae, entre fragmentos de bosque natural y área de uso agrícola. De la misma manera Klein (1989); Thakare, Zade, & Chandra (2011) Y Montoya-Molina, Isaza, & León (2016), demostraron que los bosques naturales, poseen una similitud  $< 20\%$ , comparados con los ensamblajes de las regiones semiáridas. Esta clara diferencia se debe a que los ensamblajes de Scarabaeidae son sensibles a pérdida de hábitat, así como a la variabilidad en las características climáticas y a la presencia de cobertura vegetal (Da Silva et al., 2013).

Como se indicó en los resultados, A y TA presentaron una similitud mayor al 30%. Campos & Hernández (2015), encontraron una similitud del 47% en comunidades Scarabaeinae presentes en ecosistemas agrícolas cercanos a fragmentos de bosque natural.

Las trampas de TA y A fueron instaladas en sitios alejados de S y TS (fragmentos de bosque); en murciélagos la presencia de fragmentos de bosque natural influye positivamente en el incremento de la estructura de la comunidad; por lo tanto, se asume que la presencia las teselas boscosas podrían aumentar los índices de similitud de especies de Scarabaeinae entre ecosistemas.

La pérdida de mamíferos y por ende la disminución de heces fecales en hábitats degradados (Niero & Hernández, 2017), disminuye la diversidad de animales dependientes de ellos como son los escarabajos (Campos & Hernández, 2015; Niero & Hernández, 2017). Lo expuesto anteriormente permite justificar la presencia de 35 diferentes especies de escarabajos peleteros en TS (fragmento de bosque), considerando que el principal recurso alimenticio de los Scarabaeidae (heces de mamíferos) está más disponible en áreas menos degradadas, los fragmentos de bosque proporcionarían un ambiente más propicio para el desarrollo de las comunidades de escarabajos copronecrófagos (Nichols et al., 2007).

También es importante destacar que Vulinec (2000), Pineda, Moreno, Escobar, & Halffter (2005), y Nichols et al (2007) señalan que se comparten especies entre bosques naturales no intervenidos y áreas antrópicas que mantienen bosques talados selectivamente, bosques secundarios y sistemas agroforestales. Dichas investigaciones proponen, que estos ecosistemas pueden brindar condiciones adecuadas para evitar pérdidas en la diversidad de coleópteros, debido a la presencia de cobertura vegetal, factor que puede ser incluido en futuras investigaciones con Scarabaeinae en sitios biorremediados.

### **5.5 Análisis de diversidad entre ecosistemas durante época seca y lluviosa**

Se conoce que la diversidad de los escarabajos coprófagos, está determinada por los patrones regionales de lluvia (Novais, Evangelista, Reis-Júnior, & Neves, 2016). Sin

embargo, el efecto estacional de la diversidad de escarabajos, considerando la interacción época×sitio×cebo no ha sido evaluado con anterioridad a este trabajo. La abundancia absoluta fue significativamente mayor durante la época seca en las trampas cebadas con estiércol e instaladas en TS (bosque natural); como ya se mencionó anteriormente, la presencia de mamíferos en áreas boscosas se relaciona con una mayor diversidad de escarabajos coprófagos (Price, 2004), lo que permite justificar que exista mayor diversidad y abundancia en el fragmento de bosque en trampas cebadas con estiércol. Es importante aclarar que la alta abundancia encontrada en este ecosistema se debe a que, según Santos & Tellería (2006) y Pozo-Rivera (2017), los fragmentos de bosque aislados en paisajes fragmentados, normalmente constituyen refugios para la vida silvestre.

El ecosistema que mejor favorece a la equitatividad fue TS (fragmento de bosque), durante la época lluviosa en trampas cebadas con carroña, este resultado se asemeja al presentado por Iriarte & Alviz (2009), quienes registraron alta equitatividad, durante la época de lluvias en un fragmento de bosque, sin embargo, en el citado estudio el cebo más efectivo fue el de excremento humano, mientras que, en el presente trabajo, las trampas cebadas con carroña de pescado presenta mejores resultados, lo que concuerda con Iriarte & Alviz (2009) en cuanto a la equitatividad de escarabajos registrada en trampas cebadas con estiércol, instaladas durante la época lluviosa en los fragmentos de bosque nativo. Es importante recalcar que, en trampas cebadas con fruta los individuos colectados fueron muy inferiores a la de los demás cebos. Estos resultados son similares a los obtenidos por (Bustos-Gómez, Toro- Lopera, Onore, Reyes-Castillo, & Zunino, 2003), quienes aducen que los escarabajos perciben ciertos compuestos nitrogenados, lo provocan más atracción hacia el estiércol que a la fruta, por lo que en futuros muestreos se puede prescindir de este tipo de cebo.

La mayor diversidad se obtuvo en TS durante la estación seca, se conoce que existe mayor diversidad de escarabajos coprófagos en bosques medianamente perturbados y en los meses de menor precipitación (Da Silva et al., 2013). Por su parte los resultados de Prince (2004), reflejan una alta diversidad de escarabeinos en bosques inalterados durante los meses con mayor presencia de lluvias, lo que confirman que las actividades antrópicas influyen en la dinámica estacional de ensamblajes de Scarabaeinae.

El fragmento de bosque natural (TS), presentó mayor riqueza específica durante la época seca, este resultado discrepa con registros de mayor riqueza durante la época lluviosa (Escobar, Halfpter, Solís, Halfpter, & Navarrete, 2008). Otros estudios aluden que la dinámica estacional no está marcada estrictamente por la riqueza de las especies, ya que existen cambios en la estructura trófica (Novais et al., 2016); en ecosistemas remediados puede existir cambios a nivel el ensamblaje que muestren respuestas diferentes a las de bosques naturales (Noriega et al., 2007).

Es importante destacar que, los índices de diversidad más bajos se presentaron en el ecosistema agrícola (A), esta respuesta, podría deberse a la presencia de hidrocarburos totales y metales pesados, encontrados en dicho ecosistema (Cuvi & Bejarano, 2015), además, las áreas agrícolas mantienen bajos niveles de cobertura vegetal original (Villacís & Chiriboga, 2016) esto aumenta la radiación solar en la superficie del suelo, lo que seca más rápidamente a los recursos alimenticios de los escarabajo coprófagos. Por lo tanto, la disminución de su abundancia refleja la fuerte relación que tienen los escarabajos coprófagos con el estado de conservación del hábitat (Campos & Hernández, 2015).

Ibarra-Polesel et al (2015), demostró que durante la época seca, la riqueza y diversidad son mayores que en la época de lluvias, pues, al presentarse cambios en la estructura trófica, es de esperar que determinados procesos funcionales se vean afectados. Noriega et al. (2007),

indica que es posible, que las especies encontradas durante la época seca se hayan adaptado a su entorno, aprovechando limitados recursos y realizando nidos superficiales, lo que eventualmente llevaría al aumento de su diversidad, a pesar de ello convendría realizar estudios para corroborar lo expuesto anteriormente.

## CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

- La estructura de la composición de los cuatro ecosistemas estudiados fue de 7 506 individuos pertenecientes a 13 géneros y 37 especies, de los cuales *Canthon aequinoctialis*, *Ontherus sulcatur* y *Dichotomius ohausi* representaron las especies con mayor frecuencia.
- La diferente época del año, tipo de ecosistema y tipo de cebo afectan a la diversidad de Scarabaeinae; siendo las trampas cebadas con estiércol, instaladas en los ecosistemas sensibles, durante la época seca, las que presentan mejor abundancia, riqueza, y diversidad.
- El ecosistema agrícola y su testigo presenta mayor similitud de especies, los fragmentos boscosos presentan alta riqueza específica, misma que difiere en más del 90% con respecto de los ecosistemas sensibles y agrícolas.

### 6.2 Recomendaciones

- Evaluar la diversidad de escarabajos en relación con las características de la cobertura vegetal presente.
- Realizar un análisis de la influencia de la temperatura en la diversidad de escarabeinos, para poder comparar los efectos de diferentes parámetros climáticos.
- Eliminar el uso del cebo de fruta, ya que presentó una respuesta muy pobre en relación con las trampas cebadas con carroña y estiércol.

### 6.3 Bibliografía

- Albuja, L., Almendariz, A., Barriga, S., Montalvo, L., Cáceres, F., & Román, J. (2012). *Fauna de Vertebrados del Ecuador* (Instituto). Quito-Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- Atlas, R. M., & Hazen, T. C. (2011). Oil Biodegradation and Bioremediation: A Tale of the Two Worst Spills in U.S. History. *Environmental Science & Technology*, *45*(16), 6709–6715. <https://doi.org/10.1021/es2013227>
- Banco Central del Ecuador. (2018). *Reporte del sector petrolero II trimestre 2018*. Quito-Ecuador.
- Barraza, M., Montes, J., Neis, M., & Deloya, C. (2010). Ensamblaje de escarabajos coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) del Bosque Tropical Seco, Bahía Concha, Santa Marta (Colombia). *Revista Colombiana de Entomología*, *36*(2), 285–291. <https://doi.org/10.1023/A:1020896928578>
- Becerra, S., Paichad, E., Sturma, A., & Maurice, L. (2013). Vivir Con La Contaminación Petrolera En El Ecuador: Percepciones Sociales del Riesgo Sanitario Y Capacidad De Respuesta. *Revista Lider*, *23*, 102–120.
- Blackwelder, R. (1945). Checklist of the coleopterous insects of Mexico, Central America, the West Indies, and South America, pt. 3. *Bulletin of the United States National Museum*, *343–550*. <https://doi.org/10.5479/si.03629236.185.3>
- Brûlé, S., & Touroult, J. (2014). Insects of French Guiana: A baseline for diversity and taxonomic effort Insects of French Guiana: A baseline for diversity and taxonomic effort Launched to accelerate biodiversity research. *ZooKeys*, *434*, 111–130. <https://doi.org/10.3897/zookeys.434.7582>

- Bustos-Gómez, F., Toro- Lopera, A., Onore, G., Reyes-Castillo, P., & Zunino, M. (2003). Preferencia Por Cebo De Los Escarabajos Coprofagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) De Un Remanente De Bosque Seco Tropical Al Norte Del Tolima (Colombia). *Sociedad Entomológica Aragonesa*, 3(1), 59–65.
- Campos, R. C., & Hernández, M. I. M. (2015). Changes in the dynamics of functional groups in communities of dung beetles in Atlantic forest fragments adjacent to transgenic maize crops. *Ecological Indicators*, 49, 216–227. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.09.043>
- Campoverde, E. (2007). *Evaluación y Predicción de la Biodiversidad* (Tesis Doctoral). Universidad de Barcelona, España.
- Carpio, C. (2011). *Rol funcional de la diversidad de los escarabajos peloteros (Coleoptera: Scarabaeidae:Scarabaeinae) en el bosque lluvioso amazónico de Yasuní* (Licenciatura). Pontifica Universidad Católica del Ecuador, Quito-Ecuador.
- Celi, J., Terneus, E., & Torres, J. (2004). Diversidad de Escarabajos del Estiércol (Coleoptera: Scarabaeinae) en una Gradiente Altitudinal en la Cordillera del Cutucú, Morona Santiago, Amazonía ecuatoriana. *Lyonia*, 37(52), 15.
- Chamorro, W., Marín-Armijos, D., Granda, V., & Vaz-de-Mello, F. Z. (2018). Listado de especies y clave de géneros y subgéneros de escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) presentes y presuntos para Ecuador. *Revista Colombiana de Entomología*, 44(1), 72. <https://doi.org/10.25100/socolen.v44i1.6545>
- Colwell, R. (2013). *EstimateS*. Connecticut: University of Connecticut, USA.
- Cultid-Medina, C. A., Lobo, J. M., Medina, C. A., González, F. A., & Escobar, F. (2014). Completitud del inventario de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en la



- Ecorregión del Eje Cafetero, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 40(1), 111–119.
- Cuvi, N., & Bejarano, M. (2015). Los halos de inhibición en la remediación de suelos amazónicos contaminados con petróleo. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 22(12), 1693–1714. <https://doi.org/10.1590/S0104-59702015000500009>
- Da Silva, P. G., Vaz-De-Mello, F. Z., & Di Mare, R. A. (2013). Diversity and seasonality of Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) in forest fragments in Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 85(2), 679–697. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652013005000033>
- de la Peña-Cuéllar, E., Stoner, K. E., Avila-Cabadilla, L. D., Martínez-Ramos, M., & Estrada, A. (2012). Phyllostomid bat assemblages in different successional stages of tropical rain forest in Chiapas, Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 21(6), 1381–1397. <https://doi.org/10.1007/s10531-012-0249-7>
- Di Rienzo, J. (2018). *InfoStat/L Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. (2008). InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.*
- Doube, B. M. (1990). A functional classification for analysis of the structure of dung beetle assemblages. *Ecological Entomology*, 15(4), 371–383. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1990.tb00820.x>
- Escobar, F., Halffter, G., Solís, Á., Halffter, V., & Navarrete, D. (2008). Temporal shifts in dung beetle community structure within a protected area of tropical wet forest: A 35-year study and its implications for long-term conservation. *Journal of Applied Ecology*, 45(6), 1584–1592. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01551.x>

- Escobar, F., Lobo, J., & Halffter, G. (2005). Altitudinal variation of dung beetle (Scarabaeidae: Scarabaeinae) assemblages in the Colombian Andes. *Global Ecology and Biogeography*, 14(4), 327–337. <https://doi.org/10.1111/j.1466-822X.2005.00161.x>
- Espinoza-Villar, J., Guyot, J. L., Ronchail, J., Cochonneau, G., Filizola, N., Fraizy, P., ... Vauchel, P. (2009). Contrasting regional discharge evolutions in the Amazon basin (1974–2004). *Journal of Hydrology*, 375(3–4), 297–311. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.03.004>
- Espinoza-Villar, J., Ronchail, J., Lavado, W., Cochonneau, G., Oliveira, E., Pombosa, R., ... Guyot, J. (2010). Spatio-temporal rainfall variability in the Amazon basin and its relationship to regional hydrological variability. A particular focus in the Andean region. *Revista Peruana Geo-Atmosférica RPGA*, 2, 99–130.
- Fauth, J., Bernard, J., Camara, M., Resetarits, J., Van Buskirk, J., & Mc Collum, S. (1996). SIMPLIFYING THE JARGON OF COMMUNITY ECOLOGY: A CONCEPTUAL APPROACH. *American Naturalist*, 147(2), 282–286.
- Feinsinger, P. (2001). *Designing field studies for biodiversity conservation*. Washington, DC.: Island Press.
- Filgueiras, B., Tabarelli, M., Leal, I., Vaz-de-Mello, F., & Iannuzzi, L. (2015). Dung beetle persistence in human-modified landscapes: Combining indicator species with anthropogenic land use and fragmentation-related effects. *Ecological Indicators*, 55, 65–73. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.02.032>
- Fitzgerald, L. A., & Stronza, A. L. (2009). Applied Biodiversity Science: Bridging Ecology, Culture, And Governance for Effective Conservation. *INTERCIENCIA*, 34(8), 9.

- García, N., & Aguirre, M. (2014). Biodegradación de petróleo por bacterias: Algunos casos de estudio en el Golfo de México. *CINVESTAV*, 1(1), 641–652.
- Gentry, A. (1993). *A Field Guide to the Families and Genera of Woody Plants of Northwest South America (Colombia, Ecuador, Perú) with supplementary notes on herbaceous taxa* (Conservation International). Washington, DC.
- Gullison, T., Hardner, J., Anstee, S., & Meyer, M. (2015). *Buenas Prácticas para la Recopilación de Datos de Línea Base de Biodiversidad*.
- Halfpter, G., & Favila, M. (1993). The scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) an Animal Group for Analysing, Inventorying and Monitoring Biodiversity in Tropical Rainforest and Modified Landscapes. *Biology internacional*, 27, 15–21.
- Halfpter, G., & Moreno, C. E. (2005). *Sobre Diversidad Biológica: El significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma*. (S.E.A, Vol. 4). Zaragoza.
- Hammer, Ø., & Harper, D. (2018). *PAleontological STatistics*.
- Hanski, Ilkka., & Cambefort, Yves. (2014). *Dung Beetle Ecology*. Princeton University Press.
- Hazen, T. C., Dubinsky, E. A., DeSantis, T. Z., Andersen, G. L., Piceno, Y. M., Singh, N., ... Mason, O. U. (2010). Deep-Sea Oil Plume Enriches Indigenous Oil-Degrading Bacteria. *Science*, 330(6001), 204–208. <https://doi.org/10.1126/science.1195979>
- He, F., & Hu, X.-S. (2005). Hubbell's fundamental biodiversity parameter and the Simpson diversity index. *Ecology Letters*, 8(4), 386–390. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00729.x>
- Hecht, S. B. (1982). *Amazonía: Investigación sobre agricultura y uso de tierras*. CIAT, División de Investigación en Recursos de Tierras, Unidad de Comunicaciones.

- Hernández, M. (2007). Besouros Escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeidae) Da Caatinga Paraibana, Brasil. *Oecologia Brasiliensis*, 11(03), 356–364.  
<https://doi.org/10.4257/oeco.2007.1103.06>
- Hernández, M. I. M., & Vaz-de-Mello, F. Z. (2009). Seasonal and spatial species richness variation of dung beetle (Coleoptera, Scarabaeidae s. Str.) in the Atlantic Forest of southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 53(4), 607–613.
- Holdridge, L. (1971). *Forest environments in tropical life zones; a pilot study* (1st ed.). Oxford: Pergamon Press.
- Ibarra-Polesel, M. G., Damborsky, M. P., & Porcel, E. (2015). Escarabajos copronecrófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) de la Reserva Natural Educativa Colonia Benítez, Chaco, Argentina. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86(3), 744–753.  
<https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.05.011>
- INAMHI (Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología). (2007). *Boletín Meteorológico del año 2007 N°: 382 Análisis Climatológico*.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP]. (2017). *Estación Experimental Central de la Amazonía*.
- Iriarte, L. E. N., & Alviz, K. M. R. (2009). *Comparación De La Comunidad De Escarabajos Coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) En Una Zona De Uso Ganadero Y En Un Relicto De Bosque Seco Tropical Del Departamento De Sucre* (Biologo). Universidad de Sucre, Colombia.
- Kelly, A. (2016). *Developing Metrics for Equity, Diversity and Competition: New measures for schools and universities* (1<sup>a</sup> ed.). Routledge.

- Klein, B. C. (1989). Effects of Forest Fragmentation on Dung and Carrion Beetle Communities in Central Amazonia. *Ecology*, 70(6), 1715–1725. <https://doi.org/10.2307/1938106>
- Kremer, C. (1992). Assessing the Indicator Properties of Species Assemblages for Natural Areas Monitoring. *Ecological Applications*, 2(2), 203–217. <https://doi.org/10.2307/1941776>
- Lessmann, J., Fajardo, J., Muñoz, J., & Bonaccorso, E. (2016). Large expansion of oil industry in the Ecuadorian Amazon: Biodiversity vulnerability and conservation alternatives. *Ecology and Evolution*, 6(14), 4997–5012. <https://doi.org/10.1002/ece3.2099>
- Lopes, J., Korasaki, V., Catelli, L., Marcal, V., & Nunes, M. (2011). A comparison of dung beetle assemblage structure (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) between an Atlantic forest fragment and adjacent abandoned pasture in Paraná, Brazil. *Sociedade Brasileira de Zoologia*, 28(1), 72–79.
- Magurran, A. (2004). *Measuring biological diversity* (Malden: Blackwell). Blackwell Science Ltd.
- Martín, C., & Pérez, C. (2009). Evaluación agroproductiva de cuatro sectores de la provincia de Pastaza en la Amazonía ecuatoriana. *Cultivos Tropicales*, 30(1), 5–10.
- McAleece, N., Gage, J., Lambshead, P., & Paterson, G. (1997). *BioDiversity Professional statistics analysis software*. Jointly developed by the Scottish Association for Marine Science and the Natural History Museum London.
- Mieles, B., & Lerma, J. (2009). Abundancia y preferencia trófica de *Dichotomius belus* (Coleoptera: Scarabaeidae) en la reserva forestal de Colosó, Sucre. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 10(1), 1–7.

- Ministerio de Energía y Minas. (2001). *Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador*. 106.
- Ministerio del Ambiente [MAE]. (2015). *Plan de Reparación Integral de la microcuenca del río Pacayacu*.
- Ministerio del Ambiente [MAE]. (2017). *PROGRAMA DE REPARACIÓN AMBIENTAL Y SOCIAL (PRAS)*. Quito-Ecuador.
- Montoya-Molina, S., Isaza, L., & León, J. (2016). Escarabajos coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) de la Cuenca del Río Dagua, Valle del Cauca, Colombia. *Dugesiana*, 2(23), 125–133.
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Saragoza.
- Moreno, C. E., Barragán, F., & Pineda, E. (2011). Reanálisis de la diversidad alfa: Alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, (82), 124–129.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A. B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853–858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Navarro, I., Roman, A., Gomez, F., & Perez, H. (2011). Variación estacional en escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de la Serranía de Coraza, Sucre (Colombia). *Rev. Colombiana cienc. Anim.*, 3(1), 102–110.
- Nichols, E., Larsen, T., Spector, S., Davis, A. L., Escobar, F., Favila, M., & Vulinec, K. (2007). Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: A quantitative literature review and meta-analysis. *Biological Conservation*, 137(1), 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.01.023>

- Niero, M. M., & Hernández, M. I. M. (2017). Influência da paisagem nas assembleias de Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) em um ambiente agrícola no sul de Santa Catarina. *Biotemas*, 30(3), 37–48. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2017v30n3p37>
- Noriega, J. A., Barranco, W., Hernández, J., Hernández, E., Castillo, S., Monroy, D., & García, H. (2016). Estructura estacional del ensamblaje de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en una parcela permanente de bosque seco tropical. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(154), 75. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.255>
- Noriega, J., Botero, J. P., Viola, M., & Fagua, G. (2007). Dinámica estacional de la estructura trófica de un ensamblaje de Coleoptera en la Amazonia Colombiana. *Revista Colombiana de Entomología*, 33(2), 154–164.
- Novais, S. M. A., Evangelista, L. A., Reis-Júnior, R., & Neves, F. S. (2016). How Does Dung Beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) Diversity Vary Along a Rainy Season in a Tropical Dry Forest? *Journal of Insect Science*, 16(1), 1–16. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iew069>
- Peck, S. B., & Forsyth, A. (1982). Composition, structure, and competitive behaviour in a guild of Ecuadorian rain forest dung beetles (Coleoptera; Scarabaeidae). *Canadian Journal of Zoology*, 60(7), 1624–1634. <https://doi.org/10.1139/z82-213>
- Petroamazonas EP. (2018). *Memoria de Gestión 2018*.
- Pigrau, A. (2014). THE TEXACO-CHEVRON CASE IN ECUADOR1: LAW AND JUSTICE IN THE AGE OF GLOBALIZATION. *Revista Catalana de Dret Ambiental*, 5(1), 1–43.
- Pineda, E., Moreno, C., Escobar, F., & Halffter, G. (2005). Frog, Bat, and Dung Beetle Diversity in the Cloud Forest and Coffee Agroecosystems of Veracruz, Mexico.

- Conservation Biology*, 19(2), 400–410. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00531.x>
- Pozo-Rivera, W. E. P. (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.
- Price, D. L. (2004). Species Diversity and Seasonal Abundance of Scarabaeoid Dung Beetles (Coleoptera: Scarabaeidae, Geotrupidae And Trogidae) Attracted to Cow Dung In Central New Jersey. *Journal of the New York Entomological Society*, 112(4), 334–347. [https://doi.org/10.1664/0028-7199\(2004\)112](https://doi.org/10.1664/0028-7199(2004)112) [0334: SDASAO]2.0.CO;2
- Quiloango, C. (2019). *Diversidad de Coleópteros Scarabaeidae, Scarabaeinae de áreas rehabilitadas en suelos agrícolas y ecosistemas sensibles a procesos de extracción petrolera en la Amazonía ecuatoriana* (Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE). Recuperado de <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/15733>
- Quinotoa, R. (2015). *Diversidad y distribución potencial de Coleópteros coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) bajo escenarios de cambio climático en un gradiente altitudinal de la parroquia el dorado de Cascales, Sucumbíos-Ecuador*. (Pregrado). Universidad Nacional de Loja, Nueva Loja.
- R Core Team. (2013). *R: A language and environment for statistical computing*. Recuperado de <http://www.R-project.org/>.
- Rangel-Acosta, J. L., & Martínez-Hernández, N. J. (2017). Comparación de los ensamblajes de escarabajos copronecrófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) entre fragmentos de bosque seco tropical y la matriz adyacente en el departamento del Atlántico-Colombia.



*Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(2), 389–401.

<https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.03.012>

Rubio, E. C. (2010). LOS ESCARABAJOS DEL GÉNERO EURYSTERNUS DALMAN, 1824 (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE) DE COLOMBIA. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, (46), 147–179.

Santos, T., & Tellería, J. L. (2006). Pérdida y fragmentación del hábitat: Efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente*, 15(2), 3–12.

Sepkoski, J. J. (1988). Alpha, beta, or gamma: Where does all the diversity go? *Paleobiology*, 14(3), 221–234. <https://doi.org/10.1017/S0094837300011969>

Sierra, R., Cerón, 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.*

Tabarelli, M., Aguiar, A. V., Ribeiro, M. C., Metzger, J. P., & Peres, C. A. (2010). Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: Lessons from aging human-modified landscapes. *Biological Conservation*, 143(10), 2328–2340. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.02.005>

Thakare, V. G., Zade, V. S., & Chandra, K. (2011). Diversity and Abundance of Scarab Beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) in Kolkas Region of Melghat Tiger Reserve (MTR), District Amravati, Maharashtra, India. *World Journal of Zoology*, 6(1), 73–79.

Trojer, H. (1974). *Informe sobre enseñanza e investigación en agrometeorología.* Montevideo-Uruguay.

- Viegas, G., Stenert, C., Schulz, U. H., & Maltchik, L. (2014). Dung beetle communities as biological indicators of riparian forest widths in southern Brazil. *Ecological Indicators*, 36, 703–710. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.09.036>
- Villacís, J., & Chiriboga, C. (2016). Relationships between socioeconomic variables and cover tree of humid tropic cattle farms Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 4(2), 149–163.
- Vogliano, S. (2009). *Ecuador – Extracción petrolera en la Amazonia*. Proyecto Cultura y Ambiente.
- Vulínek, K. (2000). Dung Beetles (Coleoptera: Scarabaeidae), Monkeys, and Conservation in Amazonia. *The Florida Entomologist*, 83(3), 229–241. <https://doi.org/10.2307/3496341>
- Wink, C., Carus, J., Kurzmann, C., & Rovedder, A. (2005). Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. *Rev. Ciências agroveterinarias*, 4(1), 60–71.
- 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). Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolquí-Ecuador.