



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

DIRECCIÓN DE CARRERA: MEDIO AMBIENTE

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA
EN MEDIO AMBIENTE**

MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**EVALUACIÓN DE COLEÓPTEROS COMO INDICADOR
AMBIENTAL EN SUELO EN DOS BOSQUES SECUNDARIOS
(ESPAM MFL - LOMA SECA) DURANTE EL PERIODO ENERO-
ABRIL 2019**

AUTORAS:

**RAMOS SACÓN JENIFFER JOHANNA
SÁNCHEZ DARQUEA EVELYN ROSALÍA**

TUTOR:

QF. PATRICIO JAVIER NOLES AGUILAR, Mg.

CALCETA, DICIEMBRE 2019

DERECHOS DE AUTORÍA

Yo Ramos Sacón Jeniffer Johanna Y Sánchez Darquea Evelyn Rosalía, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí escrito es nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la **Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López**, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.

.....
JENIFFER J. RAMOS SACÓN

.....
EVELYN R. SÁNCHEZ DARQUEA

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Patricio Javier Noles Aguilar, Q.F. certifica haber tutelado el proyecto **EVALUACIÓN DE COLEÓPTEROS COMO INDICADOR AMBIENTAL EN SUELO EN DOS BOSQUES SECUNDARIOS (ESPAM MFL-LOMA SECA) DURANTE EL PERIODO ENERO-ABRIL 2019**, que ha sido desarrollada por **Ramos Sacón Jeniffer Johanna Y Sánchez Darquea Evelyn Rosalía**, previa a la obtención del título de Ingeniera en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL** de la **Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López**.

.....
Q.F. PATRICIO J. NOLES AGUILAR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaran que han **APROBADO** el trabajo de titulación **EVALUACIÓN DE COLEÓPTEROS COMO INDICADOR AMBIENTAL EN SUELO EN DOS BOSQUES SECUNDARIOS (ESPAM MFL-LOMASECA) DURANTE EL PERIODO ENERO-ABRIL 2019**, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por **Ramos Sacón Jeniffer Johanna Y Sánchez Darquea Evelyn Rosalía**, previa la obtención del título de **Ingeniera en Medio Ambiente** de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
Ing. Julio A. Loureiro Salabarría, MSc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....
Ing. Carlos F. Solorzano Solorzano, MSc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....
Dra. Aida M. de la Cruz Bailón, MSc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a nuestros padres: Amado Sánchez y Erlinda Estrada; y, Víctor Ramos, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

Agradecemos a nuestros docentes de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, Al Dr. Luis Eugenio Rivera Cervantes quien desde México nos ha ayudado en todo el desarrollo de nuestra tesis. A nuestro tutor Qf. Patricio Noles Aguilar por estar siempre dispuesto ayudarnos y por consiguiente a nuestro tribunal Dra. Aida de la Cruz, Ing. Carlos Solórzano, Ing. Julio Loureiro que siempre nos encaminaban para hacer lo correcto.

**Ramos Sacón Jeniffer Johanna
Sánchez Darquea Evelyn Rosalía**

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios y a mi hija Natalia Chichande Sánchez, por ser una inspiración y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser sus hijas, son los mejores padres.

A nuestros hermanos por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

**Ramos Sacón Jeniffer Johanna
Sánchez Darquea Evelyn Rosalía**

CONTENIDO GENERAL

| | |
|---|-------------|
| DERECHOS DE AUTORÍA..... | ii |
| CERTIFICACIÓN DEL TUTOR..... | iii |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL | iv |
| AGRADECIMIENTO | v |
| DEDICATORIA | vi |
| CONTENIDO GENERAL | vii |
| CONTENIDO DE CUADROS, FIGURAS Y GRÁFICOS..... | xi |
| RESUMEN | xiii |
| ABSTRACT..... | xiv |
| CAPÍTULO I. ANTECEDENTES..... | 1 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN..... | 2 |
| 1.3. OBJETIVOS..... | 3 |
| 1.3.1. OBJETIVO GENERAL | 3 |
| 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 3 |
| 1.4. HIPÓTESIS..... | 3 |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO | 4 |
| 2.1. COLEÓPTEROS | 4 |
| 2.1.1. MORFOLOGÍA EXTERNA DE LOS COLEÓPTEROS | 4 |
| 2.1.2. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE COLEÓPTEROS..... | 5 |
| 2.1.3. MÉTODO DE PRESERVACIÓN DE COLEÓPTEROS..... | 6 |
| 2.2. CLASIFICACIÓN DE LAS FAMILIA DE COLEÓPTEROS..... | 7 |
| 2.2.1. CURCULIONIDAE | 7 |
| 2.2.2. DYTISCIDAE | 7 |
| 2.2.3. PASSALIDAE | 7 |

| | |
|--|-----------|
| 2.2.4. CERAMBYCIDAE | 8 |
| 2.2.5. COCCINELLIDAE | 8 |
| 2.2.6. SCARABAEIDAE | 9 |
| 2.3. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES DE COLEÓPTEROS | 9 |
| 2.3.1. <i>Rhynchophorus palmarum</i> | 9 |
| 2.3.2. <i>Megadytes glaucus</i> | 9 |
| 2.3.3. <i>Odontotaenius disjunctus</i> | 10 |
| 2.3.4. <i>Acrocinus longimanus</i> | 10 |
| 2.3.5. <i>Oryctes nasicornis</i> | 10 |
| 2.3.6. <i>Adalia bipunctata</i> | 11 |
| 2.4. ÍNDICES DE DIVERSIDAD | 11 |
| 2.4.1. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SIMPSON | 11 |
| 2.4.2. ÍNDICE SHANNON - WIENER | 12 |
| 2.4.3. INDICE DE DIVERSIDAD DE MARGALEF | 12 |
| 2.4.4. INDICE DE SIMITUD DE JACCARD | 12 |
| 2.5. INDICADORES AMBIENTALES..... | 13 |
| 2.5.1. COLEÓPTEROS COMO INDICADORES AMBIENTALES DEL SUELO | |
| 13 | |
| 2.6. CALIDAD DEL SUELO | 14 |
| 2.6.1. FERTILIDAD DEL SUELO..... | 14 |
| 2.6.2. RELACIÓN DE LOS COLEÓPTEROS CON LA FERTILIDAD DEL | |
| SUELO 14 | |
| 2.6.3. PARÁMETROS PARA DETERMINAR LA FERTILIDAD DEL SUELO .. | 14 |
| CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO | 17 |
| 3.1. UBICACIÓN | 17 |
| 3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO..... | 18 |
| 3.3. VARIABLES EN ESTUDIO..... | 18 |

| | |
|---|-----------|
| 3.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE | 18 |
| 3.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE | 18 |
| 3.4. MÉTODOS..... | 18 |
| 3.4.1. MÉTODO BIBLIOGRÁFICO | 18 |
| 3.4.2. MÉTODO INDUCTIVO | 18 |
| 3.4.3. MÉTODO DE CAMPO | 19 |
| 3.5. TÉCNICAS..... | 19 |
| 3.5.1. OBSERVACIÓN | 19 |
| 3.6. PROCEDIMIENTO..... | 19 |
| 3.6.1. FASE: I CUANTIFICACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE LOS COLEÓPTEROS PRESENTES EN DOS BOSQUES SECUNDARIOS ESPAM MFL Y LOMA SECA..... | 19 |
| 3.6.2. FASE II. DETERMINACIÓN DE LAS FAMILIAS DE COLEÓPTEROS COMO INDICADOR AMBIENTAL DE SUELO..... | 21 |
| 3.6.3. FASE III. RELACIÓN DE LOS COLEÓPTEROS CON LA CALIDAD DEL SUELO. 22 | |
| CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 24 |
| 4.1. CUANTIFICACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE LOS COLEÓPTEROS PRESENTES EN DOS BOSQUES SECUNDARIOS ESPAM MFL Y LOMA SECA..... | 24 |
| 4.1.1. CLASIFICACIÓN DE LAS FAMILIAS Y ESPECIES DE COLEÓPTEROS 24 | |
| 4.1.2. DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA RELATIVA DE COLEÓPTEROS | 24 |
| 4.2. DETERMINACIÓN DE LAS FAMILIAS DE COLEÓPTEROS COMO INDICADOR AMBIENTAL DEL SUELO..... | 27 |
| 4.2.1. ÍNDICE DE LA DIVERSIDAD, ABUNDANCIA, RIQUEZA Y EQUIDAD. 27 | |
| 4.2.2. FAMILIA DE COLEÓPTEROS CON MAYOR INCIDENCIA AMBIENTAL EN SUELO 28 | |

| | |
|--|-----------|
| 4.3. FASE III. RELACIÓN DE LOS COLEÓPTEROS CON LA CALIDAD DEL SUELO..... | 29 |
| 4.3.1. ANÁLISIS DEL SUELO..... | 30 |
| 4.3.2. RELACIÓN DE LOS COLEÓPTEROS CON LA CALIDAD DEL SUELO | |
| 33 | |
| CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 39 |
| 5.1. CONCLUSIONES..... | 39 |
| 5.2. RECOMENDACIONES | 40 |
| BIBLIOGRAFÍA | 41 |
| ANEXOS | 49 |

CONTENIDO DE CUADROS, FIGURAS Y GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Cuadro 2. 1. Niveles de materia orgánica según el tipo de suelo..... | 16 |
| Cuadro 3. 1. Referencias geográficas. | 17 |
| Cuadro 3. 2. Abundancia relativa de los coleópteros. | 21 |
| Cuadro 4. 1. Número de familia y especies caracterizadas..... | 24 |
| Cuadro 4. 2. Índice de especies. | 28 |
| Cuadro 4. 3. Resumen análisis de suelo. | 33 |

CONTENIDO DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 3. 1. Ubicación bosque secundario ESPAM MFL..... | 17 |
|---|----|

CONTENIDO DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 4. 1. Especies de coleópteros en las zonas de estudio. | 25 |
| Gráfico 4. 2. Número de especies de coleópteros ESPAM. | 25 |
| Gráfico 4. 3. Número de especies de coleópteros Loma Seca..... | 26 |
| Gráfico 4. 4. Porcentaje general de los coleópteros recolectados..... | 27 |
| Gráfico 4. 5. Análisis pH..... | 30 |
| Gráfico 4. 6. Análisis de Materia orgánica. | 31 |
| Gráfico 4. 7. Análisis de potasio. | 31 |
| Gráfico 4. 8. Análisis de fósforo..... | 32 |
| Gráfico 4. 9. Análisis de nitrógeno..... | 32 |
| Gráfico 4. 10. Relación pH y coleópteros. | 33 |
| Gráfico 4. 11. Relación pH y coleópteros. | 34 |
| Gráfico 4. 12. Relación M.O y coleópteros. | 34 |
| Gráfico 4. 13. Relación M.O y coleópteros. | 35 |
| Gráfico 4. 14. Relación N y coleópteros. | 35 |
| Gráfico 4. 15. Relación pH y coleópteros. | 36 |
| Gráfico 4. 16. Relación P y coleópteros. | 36 |
| Gráfico 4. 17. Relación P y coleópteros. | 37 |

| | |
|---|----|
| Gráfico 4. 18. Relación K y coleópteros. | 37 |
| Gráfico 4. 19. Relación K y coleópteros. | 38 |

RESUMEN

La investigación planteada tuvo como objetivo evaluar los coleópteros como indicadores ambientales del suelo de dos bosques secundarios (ESPAM MFL y Loma Seca). Para su efecto, se llevó a cabo la recolección de coleópteros utilizando la técnica de colecta directa, la cual consiste en buscar y capturar de manera directa los coleópteros desde su hábitat natural. Para la evaluación de la abundancia de las especies se emplearon los siguientes índices: Índice de diversidad de Shannon-Wiener, de Simpson, de Margalef, y el Índice de similitud de Jaccard; asimismo se utilizaron diferentes métodos para determinar la composición, riqueza y abundancia de las especies. Por otra parte, se efectuó el análisis de NPK en el suelo para determinar su fertilidad, entre los parámetros evaluados se encuentran: pH, porcentaje de materia orgánica, fósforo, nitrógeno y potasio. Como resultado de la abundancia relativa predominaron especies como: *Odontotaenius disjunctus* con 291 individuos (72,56%), *Rhynchophorus palmarum* 42 (10,47%), *Oryctes nasicornis* con 29 (7,23%) y la *Adalia bipunctata* con 37 individuos (9,22%); el resto de las especies de coleópteros capturados no sobrepasaron los 20 individuos. Como contraste a las especies más abundantes se encontraron especies poco frecuentes como son la *Acrocinus longimanus* y *Megadytes glaucus*. Es importante señalar que, los coleópteros aportan grandes beneficios al suelo, ayudando a la restitución de los nutrientes, optimizando la penetración de agua, y favoreciendo a la aireación.

PALABRAS CLAVE: Coleópteros, bioindicador, bosque secundario, fertilidad de suelo.

ABSTRACT

The proposed research aimed to evaluate the beetles as environmental indicators of the soil of two secondary forests (ESPAM MFL and Loma Seca). For this purpose, the collection of beetles was carried out using the direct collection technique, which consists of searching and capturing the beetles directly from their natural habitat. The following indices were used to assess the abundance of species: Shannon-Wiener, Simpson, Margalef diversity index, and the Jaccard similarity index; different methods were also used to determine the composition, richness and abundance of the species. On the other hand, the NPK analysis was carried out in the soil to determine its fertility, among the parameters evaluated are: pH, percentage of organic matter, phosphorus, nitrogen and potassium. As a result of the relative abundance, species such as: *Odontotaenius disjunctus* with 291 individuals (72.56%), *Rhynchophorus palmarum* 42 (10.47%), *Oryctes nasicornis* with 29 (7.23%) and *Adalia bipunctata* with 37 individuals predominated. 9.22%); the rest of the captured beetle species did not exceed 20 individuals. In contrast to the most abundant species, rare species such as *Acrocinus longimanus* and *Megadytes glaucus* were found. It is important to note that, beetles bring great benefits to the soil, helping to restore nutrients, optimizing water penetration, and favoring aeration.

KEY WORDS: Coleoptera, bioindicator, secondary forest, soil fertility.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El orden coleóptera es considerado el grupo de insectos más abundante en especies; a nivel mundial existe cerca de 358.000 especies descritas, que corresponde al 40% del total de insectos y 30% de animales. Su alimentación se basa en plantas vivas, depredadores de otros insectos y otros comen hongos que se desarrollan en sitios húmedos donde existe la mayor cantidad de materia orgánica en descomposición (Navarrete *et al.*, 2001).

De acuerdo a Buss (2006), en el Ecuador la mayoría de los coleópteros no generan ningún daño al ambiente, al contrario son de gran beneficio para el ser humano porque se alimentan de plagas como el caso de las mariquitas que su alimentación es basada en pulgones sin embargo existe una parte de estos insectos que son considerados plagas para.

En la provincia de Manabí no se han realizado estudios acerca del orden coleóptera como indicador de la calidad de suelo sin embargo en una investigación realizada por Aguirre y Barragán (2015), en la provincia de Pichincha-Ecuador se determinó que los coleópteros son uno de los insectos importantes para la degradación de materia orgánica ayudando a la reincorporación de nutrientes al suelo y el adecuado funcionamiento de los ecosistemas, actuando como depredadores, herbívoros, polinizadores o descomponedores de la materia orgánica.

Por lo anteriormente expuesto se plantea la siguiente interrogante: ¿De qué manera inciden los coleópteros en la calidad del suelo de los dos bosques secundarios ESPAM MFL y Loma Seca?

1.2. JUSTIFICACIÓN

En los últimos años se ha incrementado el uso indicadores biológicos como indicadores de la calidad del suelo debido a su respuesta ante posibles cambios o perturbaciones en el medio donde habitan. La macrofauna edáfica realiza funciones muy importantes en el suelo; investigaciones plantean que estos organismos pueden dar a conocer información sobre su calidad; por ello son considerados ingenieros en la formación y aportación de nutrientes mediante de la descomposición de la materia orgánica presente en el suelo (Cabrera, 2012).

Dentro de la macrofauna edáfica tenemos a los coleópteros que según González y Medina (2015) son considerados en la naturaleza como recicladores, debido a las diferentes funciones que realizan como: descomposición de troncos de madera, cadáveres de animales muertos, hojarasca, excremento entre otros; todo esto contribuye a la formación de poros y por ende a la aireación del suelo, logrando la infiltración del agua y la reincorporación de nutrientes que ayudan a que el suelo sea más fértil.

Esta investigación se ampara en los dispuesto en el objetivo 3 “Garantizar los derechos naturaleza para las actuales y futuras generaciones” por lo tanto es importante tener conocimiento de grandes beneficios que estos organismo aportan al suelo y mediante a esto logramos que no se deterioren (SENPLADES, 2017).

En cuanto a lo ambiental, esta investigación proporciona una descripción acerca del papel fundamental que cumplen los coleópteros en el buen funcionamiento del suelo mediante el estudio de su biodiversidad; ya que el suelo es su hábitat y principal fuente de alimentación y por ende una menor cobertura vegetal hace que declinan su riqueza (Escobar y Chacón, 2000).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar los coleópteros como indicadores ambientales en el suelo de dos bosques secundarios (ESPAM MFL-Loma Seca) durante el periodo Enero-Abril 2019.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cuantificar la abundancia de los coleópteros en los dos bosques secundarios (ESPAM MFL- Loma seca).
- Determinar una familia de coleópteros con mayor incidencia ambiental en el suelo.
- Relacionar los coleópteros con la calidad de suelo.

1.4. HIPÓTESIS

Mediante la abundancia de coleópteros se podrá determinar un indicador ambiental de suelo presente en los dos bosques secundarios (ESPAM MFL-Loma Seca).

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. COLEÓPTEROS

Según Cristos y Francisco (2016), el término coleópteros designado por Linneo, se deriva de koleos=vaina pteron=ala, lo cual significa “alas envainadas”. Por consiguiente, una de las características principales de los coleópteros es su par de alas duras llamadas élitros que cubren por completo a un segundo par de alas membranosas tomando la forma de estuches o vainas. Usualmente todos los ambientes son habitados por especies de este orden siendo muy numerosos, con un número de más de 370.000 especies descritas.

2.1.1. MORFOLOGÍA EXTERNA DE LOS COLEÓPTEROS

Según Jiménez y Zamora (2016), el cuerpo de los coleópteros está compuesto por tres segmentos particulares que son: cabeza, tórax y abdomen.

2.1.1.1. CABEZA

La cabeza es la parte delantera del cuerpo del insecto en forma de estuche, presentan un par de antenas, un par de ojos y un aparato bucal de tipo masticador. Está conformada por dos partes una llamada región preoral la cual sujeta los ojos compuestos, ocelos, antenas y áreas faciales, incluido el labio superior, y la otra parte postoral que contiene las mandíbulas, las maxilas y los labios.

2.1.1.2. TÓRAX

El tórax es la región media del cuerpo, es decir, está ubicado entre la cabeza y el abdomen, esta región contiene tres pares de patas y dos pares de alas, las cuales en las alas anteriores se encuentran los élitros, par de alas rígidas e impermeables que sirven como cubierta protectora de las alas inferiores las cuales con más ligeras que se doblan debajo cuando están en reposo. Cuando un

escarabajo realiza el vuelo los élitros se ensanchan hacia delante en ángulo recto con el cuerpo y las alas inferiores se despliegan a su longitud completa.

2.1.1.3. ABDOMEN

Es el último segmento de los escarabajos el cual está dividido típicamente de once segmentos. En esta región se encuentran internamente todos los órganos más importantes como: la respiración, digestión y la reproducción en donde estos segmentos contienen estructuras las cuales están asociadas con las hendiduras externas de los conductos genitales; en cuanto al macho estas estructuras corresponde con la cópula y la transferencia de esperma a la hembra; mientras que en las hembras están relacionados con la ovoposición.

2.1.2. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE COLEÓPTEROS

2.1.2.1. RECOLECCIÓN DIRECTA

La recolección directa de coleópteros es una técnica muy sencilla y se la realiza buscando directamente a los escarabajos en su ambiente, en los sitios donde estos habitan. Para su recolección se toma a los insectos con los dedos ya que muchos de este orden no son peligrosos para el ser humano. Se encuentran en diferentes tipos de materia orgánica en descomposición y en hojarasca del suelo como también en plantas (raíz, tallo, hojas, flores, frutos y semillas).

- **Recolección en hojarasca y suelo**

Se puede recolectar coleópteros en hojarasca y suelo de una manera muy sencilla, moviendo la hojarasca y buscando ejemplares directamente en el suelo con una pala. Los insectos medianos y grandes son los recolectados con mayor facilidad debido a que son mayormente observables.

- **Recolección sobre plantas**

La recolecta directa en plantas se la realiza colocando debajo una manta blanca y por consiguiente con un palo se golpea la vegetación arbustiva por periodos cortos. Los insectos al sentirse en peligro tienden a dejarse caer cuando, provocando que caigan a la red.

- **Recolección en diferentes tipos de materia orgánica en descomposición**

Entre los sitios concurridos por los coleópteros en la materia orgánica en estado de descomposición tenemos: frutas y troncos de árboles en estado de descomposición, carroña y excremento de vertebrados. Esta materia orgánica es frecuentada por los organismos para su consumo. Para mover el sustrato se necesita usar una pala y tomar los insectos con la mano directamente (Luna, 2015).

2.1.3. MÉTODO DE PRESERVACIÓN DE COLEÓPTEROS

La preservación de los insectos se realiza con la finalidad de impedir que estos se deterioren y mantener en buenas condiciones los coleópteros recolectados para su posterior estudio. Los individuos se pueden preservar en preparaciones, en seco o en líquido (alcohol).

2.1.3.1. PRESERVACIÓN EN LÍQUIDO

Alcohol etílico: Utilizado comúnmente en un 70% y 80% para preservar los ejemplares. Comúnmente los coleópteros se los coloca en frascos de vidrio dependiendo del tamaño del insecto. En muchas ocasiones se utiliza tubos o viales de vidrio debido a su gran tamaño, lo cual permite colocar mayor cantidad de insectos de un mismo taxón.

Estos frascos deben ser etiquetados y bien cerrados, luego deben ser colocados en lugares donde no haya humedad ni demasiada luz evitando así la evaporación del alcohol. De igual forma, los frascos se deben revisar diariamente para reponer el alcohol evaporado y cambiar el alcohol sucio producto de las muestras (Luna, 2015).

2.2. CLASIFICACIÓN DE LAS FAMILIA DE COLEÓPTEROS

2.2.1. CURCULIONIDAE

Familia de coleópteros muy diversa, con más de 65.000 especies. Conocidos comúnmente como picudos o gorgojos. Se sustenta principalmente de alimentos vegetales (cicadáceas, coníferas, angiospermas, aunque también de musgos, algas, líquenes, helechos) es decir, son organismos fitófagos; aunque también existen especies de esta familia que se alimentan de otros insectos. En ocasiones sirven como controladores biológicos (Morrone, 2014).

2.2.2. DYTISCIDAE

Son organismos que habitan cerca de cuerpos de agua y la mayoría de estas especies son carroñeros es decir su alimentación es basada en larva de odonatos, peces, coleópteros y algunos se alimentan de cuerpos de mamíferos en descomposición. Sus características externas son convexas dorsoventralmente y de aspecto redondeado, ovalado u ovalado-alargado con tamaño de entre 38 a 40 mm. Pueden desplazarse mediante el vuelo para la reproducción o predación. Se consideran alrededor de unas 4.500 especies (Laython, 2014).

2.2.3. PASSALIDAE

Esta familia de coleópteros se caracteriza por su cuerpo prolongado y aplanado dorso ventralmente, con surcos muy evidentes en sus élitros, son especies con muy buena adaptación a diferentes escenarios de temperatura y humedad.

Habitán en troncos en descomposición, siendo su principal sustento de alimentación y donde desarrollan su ciclo biológico de larvas hasta adultos. Realizan funciones de suma importancia, entre ellas tenemos la incorporación de la materia orgánica al suelo producto de la descomposición de la corteza y el duramen de los troncos muertos (Vázquez *et al.*, 2018).

2.2.4. CERAMBYCIDAE

Familia de coleópteros caracterizado principalmente por poseer antenas muy extensas y fuertes su cuerpo es alargado siendo de 3 a 170 mm de largo presentando colores muy llamativos brillantes. Son individuos fitófagos es decir, su principal alimentación se basa de tejidos sólidos en efecto, de plantas muertas o debilitadas, algunas atacan árboles o arbustos vivos y otras especies en madera podrida por lo tanto, su hábitat principal es en madera haciendo galerías. Entre las funciones que desempeñan está el proceso de la degradación de la madera ayudando al flujo y reincorporación de nutrientes al suelo. Es una familia de escarabajos muy diversa, se conocen a nivel mundial cercar de unas 35,000 especies (Luna *et al.*, 2015).

2.2.5. COCCINELLIDAE

Familia de coleópteros con especies de tamaños muy pequeños los cuales varían de 0.8 a 10 mm de longitud. Poseen un cuerpo convexo, ovalado con colores muy brillantes. Son organismos aposemáticos lo cual les sirve para alejar a posibles depredadores. Entre las funciones ecológicas que realiza dentro de un ecosistema está la principal: sirven como controladores biológicos, específicamente en control de plagas dañinas; ya que su principal alimentación se basa en el consumo de áfidos que representan plagas para los cultivos y plantas (Castro, 2017).

2.2.6. SCARABAEIDAE

A esta familia lo representa especies de tamaño mediano y pequeño que varía desde 2 o 3 mm; poseen cuerpo alargado de forma ovalada y colores variados oscuros como café, negro o incluso verde metálico. Habitan particularmente en la materia orgánica que se encuentra en el suelo producto de residuos vegetales como: raíces, partes subterráneas de esta, madera en estado de descomposición, hojas muertas; siendo estos su principal fuente de alimentación. Una de las características más notorias en esta especie es que los machos poseen cuernos sobre la cabeza o el pronoto (Ritcher, 1958).

2.3. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES DE COLEÓPTEROS

2.3.1. *Rhynchophorus palmarum*

Especie de coleóptero perteneciente a la familia Curculionidae. Comúnmente conocidos como picudos porque en la cabeza tienen un largo rostro de forma redondeada y curvado ventralmente que se lo denomina como pico. Su cuerpo tiene una singular forma de bote; mide entre 4 a 5 cm de largo y de ancho 1,4 cm y son de coloración negra. En etapa adulta se alimenta de frutas, pero esta no es solo su fuente de alimentación ya que explota variedades de fuentes alimenticias. Entre la dinámica diurna se pueden encontrar escarabajos de esta especie entre las 07:00; 11:00 de la mañana hasta las 17:00; 19:00 de la noche, aunque se presenta una menor dinámica durante horas de mayor calor, así mismo durante los días lluviosos hay disminución de actividad (Aldana, 2011).

2.3.2. *Megadytes glaucus*

Especie de escarabajo perteneciente a la familia Dytiscidae, su tamaño es de aproximadamente 3 cm; poseen un cuerpo de forma aplanado ovalado y ágil. Son especies depredadoras tanto los adultos como las larvas; poseen mandíbulas largas las cuales permiten chupar los líquidos de sus presas, así

logrando atacar hasta animales más grandes que ellos. Su alimentación es muy variada y se alimentan de otros insectos, crustáceos, gusanos, sanguijuelas, moluscos, renacuajos y peces pequeños (Torres *et al.*, 2007).

2.3.3. *Odontotaenius disjunctus*

El escarabajo se lo conoce ordinariamente como escarabajo de charol, pertenece a la familia Passalidae; su cuerpo es de tamaño un poco más de una pulgada, con coloración negro brillante cuando están en la etapa adulta. En sus élitros tienen surcos largos verticalmente, y la parte de la cabeza posee un cuerno pequeño entre los ojos y antenas de palos. Su ciclo de vida se desarrolla en troncos en descomposición, el mismo que les protege de depredadores y condiciones climáticas como la precipitación y la temperatura. La madera en la que habitan estas especies tiene un proceso de descomposición más rápido y se deshace fácilmente logrando así que estos nutrientes vayan al suelo siendo esta la principal función que cumplen (Cruz y Castillo, 2018).

2.3.4. *Acrocinus longimanus*

Llamado por su nombre común como escarabajo arlequín. Esta especie corresponde a la familia Cerambycidae. Entre las características que lo idéntica está su primer par de patas delanteras sumamente largas, llegando a medir todo su cuerpo hasta 150 mm. Son especies netamente herbívoras. Su reproducción la realizan situando los huevos en árboles caídos que posteriormente sirve como fuente de alimento a las larvas. Es un insecto nocturno y son fuertemente atraídos por luces artificiales en la noche. En la parte del abdomen a los costados del tórax cuenta con pequeñas espinas que además produce un ruido característico que le sirve como defensa hacia depredadores (Valle *et al.*, 2017).

2.3.5. *Oryctes nasicornis*

Llamado también escarabajo rinoceronte, debido a que posee en la cabeza un cuerno situado entre la frente y la estructura de la boca teniendo forma incurvada

hacia atrás pertenece a la familia Scarabaeidae. Tienen un cuerpo robusto con un tamaño de 25 a 45 mm con coloración castaño oscuro. (Beck y Ortiz, 2019). Es una especie xilófaga cuando está en su fase larvaria. En adulta habita en materia orgánica en descomposición o puede frecuentar compost puro (Beck y Ortiz, 2019).

2.3.6. *Adalia bipunctata*

Especie de coleóptero que se encuentra dentro de la familia Coccinellidae en etapa adulta llegan a medir de 4 a 5 mm de longitud. Una de las principales características que lo identifican es su color de alas rojas con una mancha central que se encuentra en cada una de ellas, la misma que varía de tamaño y forma de acuerdo a la especie. Su principal ecológica es depredar pulgones que son perjudiciales para los cultivos (Pérez *et al.*, 1992).

2.4. ÍNDICES DE DIVERSIDAD

Los índices de diversidad son pruebas estadísticas que permiten evaluar la biodiversidad de un ecosistema o una determinada zona de estudio; son importantes para estudios ecológicos y principalmente se miden tres aspectos como la riqueza, número de especies y número de hábitats.

A continuación, se describen los índices de diversidad que son mayormente utilizados para análisis estadísticos: el índice de Simpson y el índice de Shannon-Wiener (H').

2.4.1. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SIMPSON

También se lo conoce como el índice de la diversidad de las especies o índice de dominancia; es uno de los parámetros que permiten calcular la riqueza de los organismos. En ecología también se utiliza para medir la biodiversidad de un hábitat. Escoge un número de especies al azar que se encuentra presente en el hábitat y su abundancia relativa. El índice de Simpson muestra la probabilidad

de que dos individuos, dentro de un hábitat, seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie (Simpson, 1949).

2.4.2. ÍNDICE SHANNON - WIENER

Se usa en ecología y otras ciencias relacionadas que permiten medir la biodiversidad específica; se representa regularmente como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad y superiores a 3 son altos en diversidad de especies.

Este índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia) (Pla, 2016).

2.4.3. INDICE DE DIVERSIDAD DE MARGALEF

Este índice se utiliza para determinar la biodiversidad de una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos de las diversas especies en función del número de individuos que existente en la muestra estudiada. Con este índice se puede estimar la biodiversidad de una comunidad, por ejemplo: valores inferiores a 2,0 son considerados como zona de baja biodiversidad y valores superiores a 5,0 se consideran como indicativos de alta biodiversidad (Galán y Pérez, 2012).

2.4.4. INDICE DE SIMITUD DE JACCARD

Mide el grado de similitud entre dos comunidades, sin embargo, también son utilizadas para otro tipo de comparaciones. Pueden ser calculados de manera cualitativa es decir presencia o ausencia de un determinado individuo dentro de una comunidad y también de manera cuantitativa como la abundancia. Para el intervalo de valores para este índice va de 0 cuando no hay especies

compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies (Moreno, 2017).

2.5. INDICADORES AMBIENTALES

Los indicadores ambientales nos permiten identificar variaciones, cambios o perturbaciones en la calidad del medio ambiente, mediante el monitoreo y la recolección de datos de la biodiversidad de una determinada zona que se desea estudiar (Therburg *et al.*, 2005). A este tipo de indicadores se lo conoce como indicadores biológicos y actualmente son muy utilizados ya que nos permiten obtener información en base a la riqueza y diversidad de un ecosistema que esté sufriendo un cambio provocado por la actividad antrópica.

Estos indicadores son muy exactos al momento de medir la contaminación y poseen escaso margen de error, además son muy factibles en cuanto a su uso y recolección (Hernández y Martínez, 2009).

2.5.1. COLEÓPTEROS COMO INDICADORES AMBIENTALES DEL SUELO

Los coleópteros guardan una estrecha e importante relación con el suelo debido a que mediante ellos se realizan procesos de la descomposición de la materia orgánica ayudando a reincorporar nutrientes al suelo; de igual manera, a estos organismos se reconocen como bioindicadores debido a que reflejan cambios ambientales dentro de un ecosistema. Como funciones principales están las siguientes: sirven como polinizadores, contribuyen al control de plagas otras especies son degradadores de madera, carroña y excrementos de mamíferos (García y Martínez, 2015).

Todas estas funciones ayudan a la penetración del agua y el reciclaje de nutrientes al suelo volviéndolo más fértil (Mora, 2017). Según Mora, (2015) la mayor presencia de coleópteros organismos edáficos está relacionada directamente con la mayor diversidad arbórea que posea un ecosistema mas no están relacionados con los parámetros físicos externos del ambiente.

2.6. CALIDAD DEL SUELO

Según Cruz, (2004) la calidad de suelo es la capacidad que posee para funcionar apropiadamente de acuerdo al uso que se le vaya a dar. Muchos autores lo relacionan con el contenido de materia orgánica y con los indicadores físicos químicos y biológicos que este tenga.

2.6.1. FERTILIDAD DEL SUELO

La fertilidad del suelo es capacidad de proveer nutrientes a las plantas para su desarrollo. Este resulta de la interacción de las características físicas químicas y biológicas y en conjunto determinan la fertilidad del suelo. Un suelo es fértil cuando su contenido de materia orgánica fósforo.

2.6.2. RELACIÓN DE LOS COLEÓPTEROS CON LA FERTILIDAD DEL SUELO

Según Huerta (2008), afirma que donde existe mayor número y diversidad de macroinvertebrados se encuentran suelos mucho más fértiles y a medida que disminuye la población arbórea disminuyen los macroinvertebrados. La macrofauna edáfica incluido los coleópteros intervienen directamente en la consistencia, estructura, textura, intercambio de gases, la retención del agua y propiedades de fertilidad del suelo; estos organismos habitan en la capa superior del suelo a pocos centímetros en donde existe mayor contenido materia orgánica. Así mismo este estudio nos muestra que los sitios con mayor abundancia de invertebrados presentan cantidades altas de nitrógeno fósforo y materia orgánica.

2.6.3. PARÁMETROS PARA DETERMINAR LA FERTILIDAD DEL SUELO

2.6.3.1. pH

El pH es una variable que determina la acidez o alcalinidad en los suelos; es un indicador de varias propiedades químicas, físicas y biológicas los mismos que influyen de una u otra manera sobre la disponibilidad de los nutrientes. Se considera un suelo extremadamente ácido mayor a 4.6, por consiguiente, un suelo ácido de 4.6-5.4, moderadamente ácido 5.5-6.4 y finalmente moderadamente alcalino de 7.4-8.1. Sin embargo, normalmente se mide en una escala en dos direcciones de 0 a 7 se describe ácida, el nivel medio (7) indica un suelo neutro, y un valor superior a 7 describe suelos de calidad alcalina (Ginés y Mariscal, 2002).

2.6.3.2. NITRÓGENO

El nitrógeno en el suelo se lo encuentra de 90-95% en forma orgánica, de manera que no es adquirida por las plantas de forma directa, sino que pasa por varios procesos de transformación denominado mineralización. El nitrógeno mineral del suelo, se encuentra en forma de amonio, la transformación del nitrógeno depende básicamente de las condiciones medioambientales como: pH, temperatura, humedad y mediante la acción de distintos microorganismos (Lyttleton y Buckman, 1947).

2.6.3.3. FÓSFORO

De acuerdo Crovetto (2002), el fósforo en el suelo es un elemento fundamental para el crecimiento de las plantas que se encuentra principalmente en compuestos orgánicos y minerales. El contenido adecuado de fósforo en el suelo es de gran importancia para el desarrollo de las plantas, por intervenir en funciones fundamentales, como son:

- Favorecer el desarrollo de las raíces.
- Estimular el crecimiento y el desarrollo vigoroso de las plantas.
- Favorecer la floración y la fructificación y con ello la cantidad y calidad de los frutos y semilla.

2.6.3.4. POTASIO

Es un elemento nutritivo de gran importancia para los organismos vivos debido principalmente a los vegetales que necesitan mayores cantidades de este nutriente. El mantenimiento de determinados niveles de potasio en el suelo es fundamental para que este pueda desempeñar sus distintas funciones en las plantas, entre las que se pueden señalar (Andrade y Martínez 2014).

- Favorecer la formación de hidratos de carbono.
- Incrementar la consistencia y dureza de los tejidos de la planta dando una mayor resistencia a ciertas enfermedades.
- Aumenta la resistencia de las plantas a la sequía.

2.6.3.5. MATERIA ORGÁNICA

La cantidad de materia orgánica de un suelo depende del material vegetal, de la textura del suelo y del pH. Su adecuada proporción:

- Favorece el desarrollo de una buena estructura, mejorando la aireación del suelo y la capacidad de retención del agua.
- Protege frente a la erosión
- Aumenta la capacidad total de cambio favoreciendo una buena reserva de elementos nutritivos.

En el siguiente cuadro se muestran los niveles de materia orgánica (%) de acuerdo al tipo de textura del suelo (Andrade y Martínez 2014).

Cuadro 2. 1. Niveles de materia orgánica según el tipo de suelo.

| ARENOSO | FRANCO | ARCILLOSO | CLASIFICACIÓN |
|-----------|-----------|-----------|---------------|
| <0,7 | < 1,2 | < 1,2 | Muy bajo |
| 0,7 - 1,2 | 1,0 - 1,5 | 1,2 - 1,7 | Bajo |
| 1,2 - 1,7 | 1,5 - 2,0 | 1,7 - 2,2 | Normal |
| 1,7 - 2,2 | 2,0 - 2,5 | 2,2 - 3,0 | Alto |
| > 2,2 | > 2,5 | >3,0 | Muy alto |

Fuente: Andrade y Martínez, (2014).

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La investigación se llevó a cabo en un bosque secundario perteneciente a Loma Seca y en el bosque secundario de la ESPAM MFL, situado en el sitio El Limón, de la Parroquia Calceta, Cantón Bolívar, Provincia de Manabí.

Cuadro 3. 1. Referencias geográficas.

| LUGAR | COORDENADAS GEOGRÁFICAS | |
|-----------------------------|-------------------------|----------------|
| | Latitud Sur | Longitud Oeste |
| ESPAM MFL | 0°49'23" | 80°11'01" |
| Bosque secundario loma Seca | 0°51'34.3" | 80°07'30.9" |
| Bosque secundario ESPAM MFL | 0°49'30.9" | 80°11'01,6" |

Fuente: Autoras.

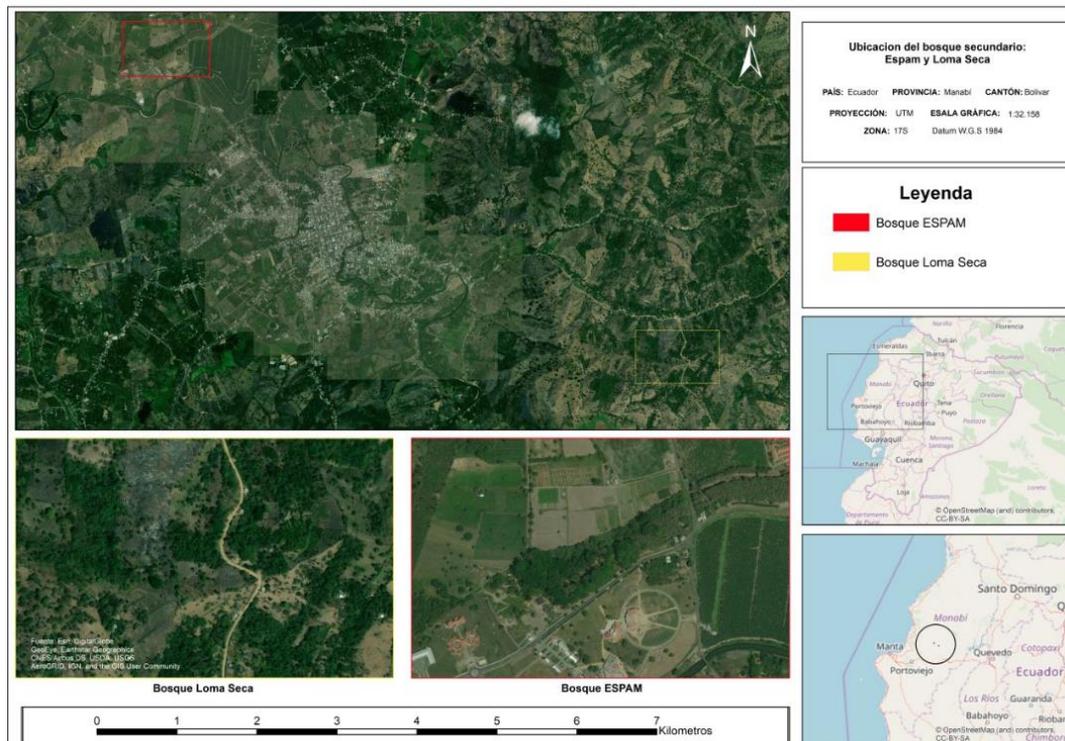


Figura 3. 1. Ubicación bosque secundario ESPAM MFL.

Fuente: Google Earth, 2015.

3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO

La investigación tuvo una duración de 12 meses, cuatro meses de planificación y 8 meses de desarrollo. Incluyendo cuatro meses de investigación de campo.

3.3. VARIABLES EN ESTUDIO

3.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

- Evaluación de coleópteros

3.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE

- Indicador ambiental en el suelo

3.4. MÉTODOS

3.4.1. MÉTODO BIBLIOGRÁFICO

De acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista (2010), la recopilación de información extraída fue de fuentes confiables, acerca de las variables en estudio. De esta manera se pudo realizar revisiones de la literatura para detectar, consultar y obtener referencias bibliográficas que aporten información relevante para los propósitos de la investigación y de manera especial para las familias de coleópteros recolectados.

3.4.2. MÉTODO INDUCTIVO

Según Evertson y Merlin (2008), este método permite ver de una manera más clara la problemática que se presenta en la investigación; de esta forma se realizó la observación del comportamiento de los coleópteros con respecto al suelo en los dos bosques secundarios.

3.4.3. MÉTODO DE CAMPO

Según Behar (2008), este tipo de investigación se basa principalmente en la recopilación de información mediante entrevistas, cuestionarios, encuestas y observaciones en el lugar de estudio; los coleópteros se los recolectó en su ambiente natural, teniendo que trasladarse continuamente hacia los dos sitios de la investigación.

3.5. TÉCNICAS

3.5.1. OBSERVACIÓN

Muñoz (2012), manifiesta que, la observación es la obtención de información a partir de un seguimiento sistemático del hecho o fenómeno en estudio, dentro de su propio medio, con la finalidad de identificar y estudiar su conducta y características.

Mediante esta técnica se pudo reconocer las zonas de estudio de los bosques secundarios de ESPAM y Loma Seca, permitiendo la observación directa de los coleópteros desde su hábitat natural.

3.6. PROCEDIMIENTO

El procedimiento de la investigación se desarrolló en base a los objetivos específicos:

3.6.1. FASE: I CUANTIFICACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE LOS COLEÓPTEROS PRESENTES EN DOS BOSQUES SECUNDARIOS ESPAM MFL Y LOMA SECA.

Actividad 1. Recolección de coleópteros

Se visitaron las dos zonas de estudio correspondiente a: ESPAM MFL y Loma Seca, estas fueron realizadas una vez por semana durante cuatro meses (enero,

febrero, marzo y abril), del presente año. Para su efecto, se recolectaron los coleópteros utilizando la técnica directa en el área de estudio de acuerdo a la metodología propuesta por Solís (2007), la cual consiste en la recolecta directa de organismos edáficos a partir de follajes, frutos o flores de ciertas plantas, tanto en época diurna como nocturna.

En concordancia con lo expuesto, se llevó a cabo la recolección de los coleópteros en follajes, troncos, frutos y flores de las diferentes plantas existentes en las dos zonas de estudio; principalmente en troncos en proceso de descomposición debido a la cantidad de organismos que se encuentran en estos (Anexo 1). Al finalizar la recolección se procedió a conservar los escarabajos en frascos de vidrio con alcohol etílico al 70% y con una etiqueta temporal con los datos de colecta, basados en el argumento de Luna (2015).

Actividad 2. Clasificación de las familias y especies de coleópteros

La clasificación de coleópteros se realizó en base a la metodología descrita por Jiménez (2008), donde establece la clasificación de las familias mediante las características morfológicas de las especies; en consecuencia, se clasificaron los coleópteros identificados de acuerdo al tipo de patas, élitro, y antenas. Finalmente, se estimaron las características principales de las especies de coleópteros recolectados.

Actividad 3. Determinación de la abundancia relativa de coleópteros

Una vez identificados y contabilizados todos los ejemplares, se registraron en una base de datos en Microsoft Excel en la que se incluyó la familia, especies y el número de individuos pertenecientes a las dos zonas de estudio (ESPAM y Loma Seca).

Según Araujo *et al.* (2005), la abundancia relativa ($A_i\%$) es la relación porcentual del número de individuos de la especie con respecto al total de individuos de la parcela.

$$A_i\% = \frac{A_i}{A_t} * 100 \quad [3.1]$$

Posteriormente, se evaluó la abundancia relativa de los coleópteros siguiendo la metodología expuesta por Araujo *et al.* (2005), la cual consiste en agrupar los organismos edáficos en cuatro categorías de la siguiente manera:

Cuadro 3. 2. Abundancia relativa de los coleópteros.

| Especies | Cantidad |
|-----------------|----------------------|
| Raras | 1 - 3 individuos |
| Comunes | 4 - 9 individuos |
| Abundantes | 10 - 49 individuos |
| Dominantes | Más de 50 individuos |

3.6.2. FASE II. DETERMINACIÓN DE LAS FAMILIAS DE COLEÓPTEROS COMO INDICADOR AMBIENTAL DE SUELO.

Actividad 4. Determinación de la biodiversidad específica, riqueza, equidad y efectividad de especies

Para el cumplimiento de esta actividad se siguió la metodología expuesta por Álvarez (2016), en la cual se utilizan los siguientes índices de biodiversidad (Anexo 2):

Índice de diversidad de Shannon-Wiener: El índice de Shannon-Wiener (H') se basa en la riqueza o abundancia de especies para estimar la diversidad de las mismas. Presenta la uniformidad de los valores de importancia mediante las especies recolectadas, así como la parcialidad en la distribución de individuos en las diferentes especies.

Índice de diversidad de Shimpson: Este índice consiste en medir la riqueza de organismos, tomando como base un número específico de especies presentes en un hábitat. Su abundancia relativa manifiesta la probabilidad de que dos individuos, dentro de un ecosistema, escogidos al azar pertenecen a la misma especie. Lo que quiere decir que, entre más cerca este el número a uno quiere decir que existe mayor probabilidad de dominancia de una especie y de una población y por consiguiente entre más cerca este el índice a cero, mayor es la biodiversidad de un hábitat.

Índice de diversidad de Margalef: El índice de Margalef se utiliza para valorar la biodiversidad de un ecosistema basado en la distribución numérica de los organismos de las distintas especies en función de la cantidad de individuos existentes en la muestra analizada.

Índice de similitud de Jaccard: El intervalo de valores para realizar este índice varía de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos hábitats, hasta 1 cuando los dos hábitats poseen la misma constitución de especies.

Actividad 5. Identificación de la familia de coleópteros con mayor incidencia ambiental en el suelo

En base a la abundancia, los índices calculados en la actividad anterior, y siguiendo la metodología de Yanes y Morón (2010), se realizó la identificación de la familia de coleópteros con mayor incidencia ambiental en el suelo; ya que se conoce que una de las familias de estos organismos actúa en la degradación de la materia orgánica desde su etapa larvaria hasta su etapa adulta, convirtiéndolos en mejores indicadores ambientales.

3.6.3. FASE III. RELACIÓN DE LOS COLEÓPTEROS CON LA CALIDAD DEL SUELO.

Actividad 6. Análisis de parámetros físicos y químicos del suelo

Se procedió a recolectar muestras de suelo de las dos zonas de estudio. Posteriormente, estas muestras fueron enviadas al laboratorio de suelos y tejido vegetal del INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias), estación experimental Pichilingue ubicado en la ciudad de Quevedo. En los análisis se determinó la fertilidad del suelo misma que se estableció en rangos bajo, normal y alto. Cumplida la fecha establecida de los análisis, el laboratorio remitió los resultados obtenidos lo cual permitió continuar con la etapa final de la investigación (Anexo 3 y 4). Estos datos fueron tomados como referencia para relacionar los coleópteros con la calidad y fertilidad del suelo.

Actividad 7. Relación de los coleópteros con la calidad del suelo

Se realizaron dos gráficos por cada análisis correspondiente a la ESPAM y Loma Seca en el programa Microsoft Excel donde se realizó una base de datos con el resultado de cada análisis (pH, materia orgánica, nitrógeno, fosforo y potasio) y el número total de coleópteros de cada zona de estudio; de esta manera nos permitió relacionar con los valores establecidos para suelo fértil y determinar si los análisis están comprendidos con los parámetros establecidos para la fertilidad de suelo.

De acuerdo a un estudio realizado por la FAO (2015), se realizó la relación de los coleópteros con la fertilidad del suelo ya que, en la investigación realizada por esta organización se comprobó que los coleópteros aportan una serie de beneficios esenciales para la sostenibilidad de todos los ecosistemas principalmente de la materia orgánica.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CUANTIFICACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE LOS COLEÓPTEROS PRESENTES EN DOS BOSQUES SECUNDARIOS ESPAM MFL Y LOMA SECA.

4.1.1. CLASIFICACIÓN DE LAS FAMILIAS Y ESPECIES DE COLEÓPTEROS

En los muestreos de campo realizados en la investigación se recolectaron 401 coleópteros, pertenecientes a 6 familias y 7 especies, las especies identificadas fueron: *Rhynchophorus palmarum*, *Megadytes glaucus*, *Odontotaenius disjunctus*, *Acrocinus longimanus*, *Adalia bipunctata*, *Oryctes nasicornis*, como se observa en el cuadro 4.1.

Cuadro 4. 1. Número de familia y especies caracterizadas.

| SECTOR | FAMILIAS | NOMBRE CIENTÍFICO | N. COLEÓPTEROS | TOTAL |
|------------|---------------|---------------------------------|----------------|-------|
| LOMA SECA | Curculionidae | <i>Rhynchophorus palmarum</i> | 42 | 315 |
| | Dytiscidae | <i>Megadytes glaucus</i> | 1 | |
| | Passalidae | <i>Odontotaenius disjunctus</i> | 243 | |
| | Cerambycidae | <i>Acrocinus longimanus</i> | 1 | |
| | Coccinellidae | <i>Adalia bipunctata</i> | 28 | |
| ESPAM MFL | Coccinellidae | <i>Adalia bipunctata</i> | 9 | 86 |
| | Scarabaeidae | <i>Oryctes nasicornis</i> | 29 | |
| | Passalidae | <i>Odontotaenius disjunctus</i> | 48 | |
| SUMA TOTAL | | | | 401 |

Fuente: Autoras.

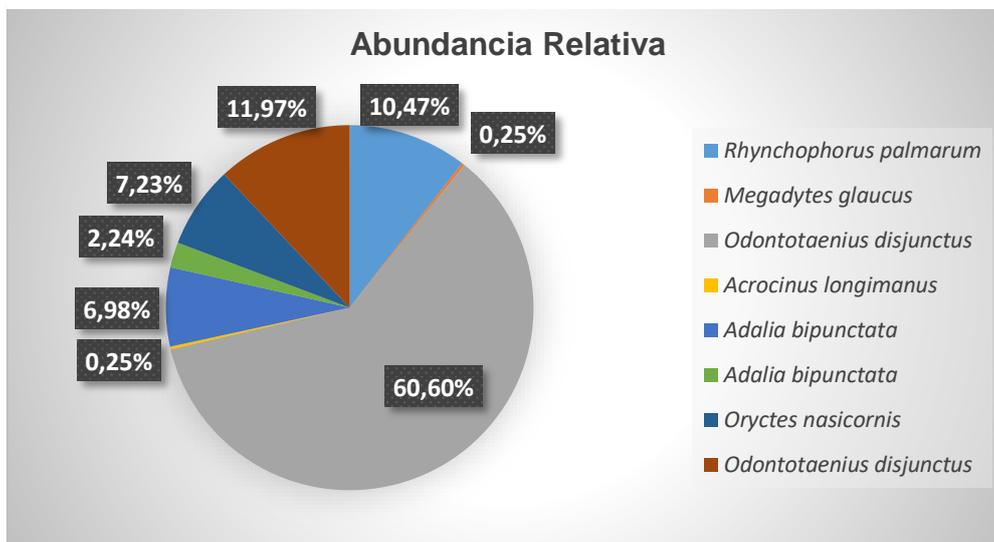
4.1.2. DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA RELATIVA DE COLEÓPTEROS

Se procedió a sacar la abundancia relativa dividiendo el número de especies y el número total de coleópteros capturados por cien correspondiente para las dos zonas de estudio como se muestra en el gráfico 4.1.

$$Ai\% = \frac{Ai}{At} * 100$$

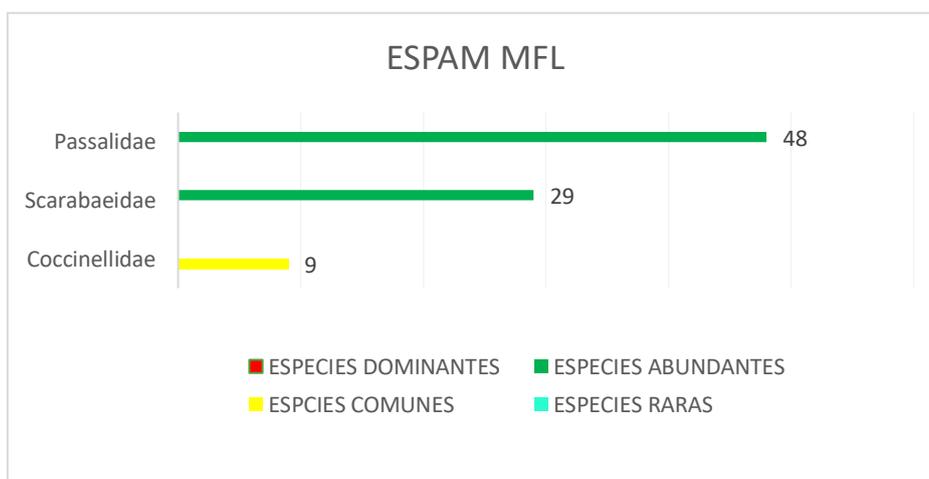
$$Ai\% = \frac{42}{401} * 100 = 10,47$$

Gráfico 4. 1. Especies de coleópteros en las zonas de estudio.



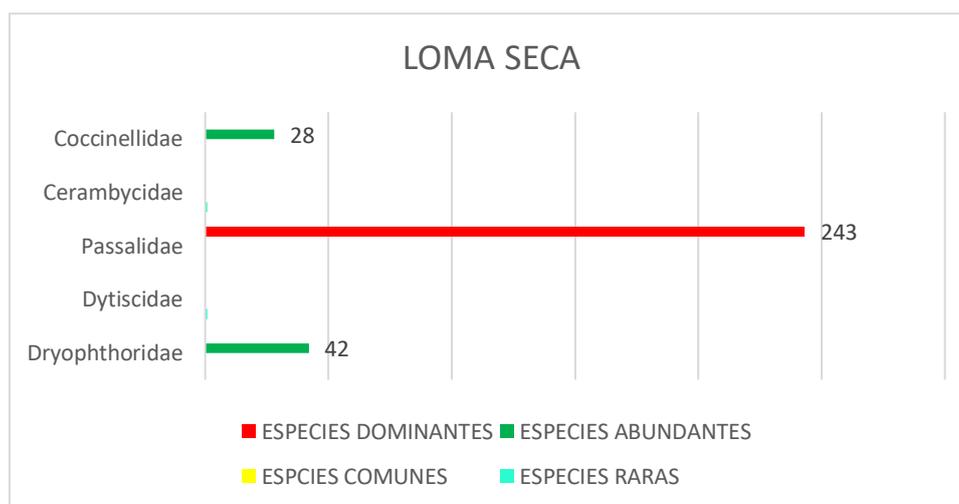
Al analizar la abundancia relativa de la zona de la ESPAM, se presentó como abundante a la familia Passalidae con 48 individuos y la familia Scarabaeidae 29 individuos. En cuanto a especies comunes tenemos a la familia Coccinellidae con 9 individuos (Gráfico 4.2). Esta zona no presenta especies dominantes ni tampoco especies raras.

Gráfico 4. 2. Número de especies de Coleóptera clasificadas en las categorías de abundancia relativa de acuerdo a Araujo (2002) en las zonas de estudio ESPAM MFL.



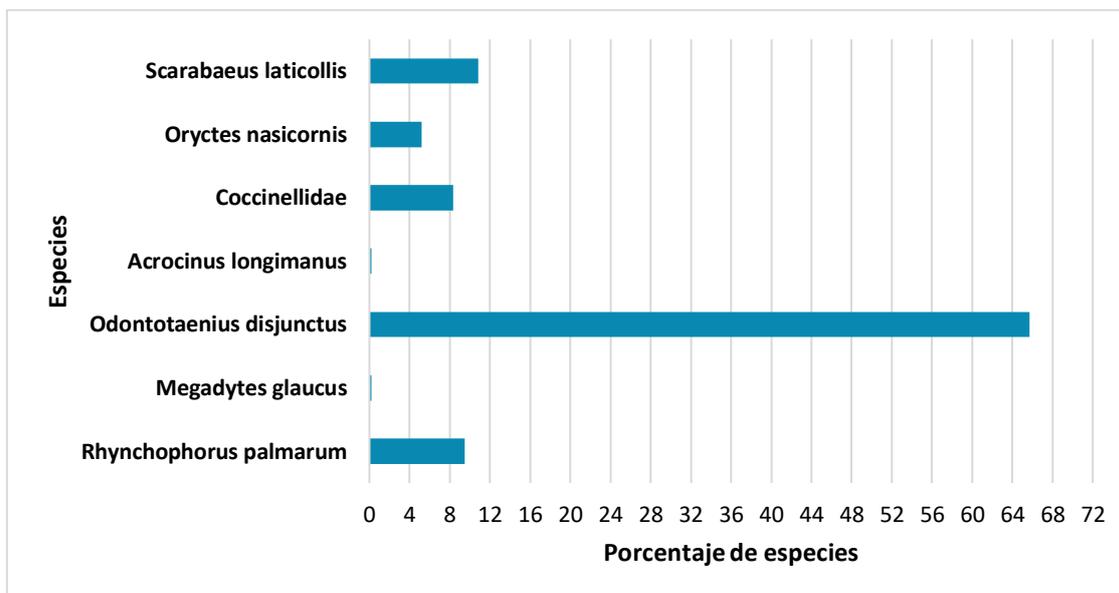
En cuanto a la zona de Loma Seca se presentó como dominante a la familia Passalidae con 243 individuos, como abundante tenemos Curculionidae con 42 individuos y Coccinellidae con 28 individuos. Se encontró dos familias con especies raras la cual poseían un solo individuo como es el caso de la familia Cerambycidae y Dytiscidae (Gráfico 4.3).

Gráfico 4. 3. Número de especies de Coleóptera clasificadas en las categorías de abundancia relativa de Garzón y Aguirre (2002) en las zonas de estudio Loma seca.



En el gráfico 4.4 se describen las especies más abundantes por individuos. En las dos zonas de estudio, predominaron: *Odontotaenius disjunctus* con 291 individuos (72,56%), teniendo 243 individuos en la zona de estudio de Loma seca y 48 individuos en la ESPAM. La mayor presencia de esta especie en la zona de Loma Seca se debe a que existe mayores recursos forestales por lo tanto hay madera en descomposición, teniendo en cuenta que esta especie es sapróxilofagos y su ciclo de vida lo realizan en la subcorteza, la albura, el duramen y la interfaz tronco/suelo. (Moreno y Amat, 2016). *Rhynchophorus palmarum* 42 (10,47%), *Oryctes nasicornis* con 29 (7,23%) y la *Adalia bipunctata* con 37 individuos (9,22%), el resto de las especies de coleópteros capturados no sobrepasaron los 20 individuos. Como contraste a las especies más abundantes se encuentran las especies poco frecuentes pese a su condición, su importancia es fundamental para la caracterización de especies, entre ellas se encontraron la *Acrocinus longimanus* y *Megadytes glaucus*.

Gráfico 4. 4. Porcentaje general de los coleópteros recolectados.



4.2. DETERMINACIÓN DE LAS FAMILIAS DE COLEÓPTEROS COMO INDICADOR AMBIENTAL DEL SUELO.

4.2.1. ÍNDICE DE LA DIVERSIDAD, ABUNDANCIA, RIQUEZA Y EQUIDAD.

Índice de diversidad de Shannon-Wiener: Es uno de los más utilizados en la ponderación de datos relacionados a la biodiversidad de acuerdo a lo descrito por Fernández *et al.*, (2014). Representado como H' y expresado con números de signo positivo entre un rango de 0,5 y 5 donde valores menores a 2 el índice es bajo y mayores a 3 índice alto. Se comprobó que si existe similitud de diversidad entre los hábitats en estudio, no obstante la diversidad para la ESPAM y Loma Seca son bajos con valores de Shannon de ($H'=0,92$) y ($H'=0,72$), estos valores transformados a la diversidad de Hill se obtiene como resultado que 2 especies para ambas zonas aportan a la diversidad con datos que varían desde 9 a 243 individuos, como conclusión la mayor cantidad de individuos se registraron en el bosque secundario Loma Seca debido a que aquí existe una mayor cantidad de biodiversidad de árboles, arbustos, matas, plantas herbáceas y frutales, estableciéndose una mayor diversidad de especies y para un adecuado el hábitat de los coleópteros.

Índice de diversidad de Simpson: Para el área de bosque de la ESPAM la diversidad es muy baja con 0,3 mientras que para el bosque de Loma Seca se obtuvieron resultados de diversidad media con 0,6 al realizar la comparación el bosque de Loma Seca cuenta con más diversidad respecto al de la ESPAM.

Índice de diversidad de Margalef: Se representa como D, describe que valores menores a 2 son de riqueza baja y cerca de 5 de riqueza alta, como se puede observar en el cuadro 4.5 según el test de Margalef la riqueza de especies en ambas zonas de estudio es baja en el bosque loma seca con un índice de (D 0,6953) y la ESPAM (D 0,6735).

Índice de similitud de Jaccard: que consiste entre la correlación del número de especies comunes y el número total de especies no comunes (Villarreal, Álvarez, y Córdova, 2004), este método es utilizado para conocer la cercanía de los escenarios en estudio, de acuerdo al análisis realizado se llega a la conclusión que el bosque secundario de la ESPAM y el de Loma Seca tienen un 33 % de similitud entre especies como se observa en el cuadro 4.5.

Cuadro 4. 2. Índice de especies.

| NÚMERO EFECTIVO DE ESPECIES | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------|-------------|-------------|----------|---------|-------------|------------|
| SITIOS | Shannon_H | Simpson_1-D | Dominance_D | Margalef | Jaccard | Nº efectivo | Individuos |
| ESPAM | 0,9283 | 0,5638 | 0,4362 | 0,449 | 0,33 | 2 | 315 |
| Loma Seca | 0,7205 | 0,3792 | 0,6208 | 0,6953 | | 3 | 86 |

4.2.2. FAMILIA DE COLEÓPTEROS CON MAYOR INCIDENCIA AMBIENTAL EN SUELO

Passalidae: Esta familia de coleópteros se caracteriza por su cuerpo prolongado y aplanado dorso ventralmente, élitros con surcos muy evidentes; se encontraron 43 individuos en la zona de la ESPAM y 243 en zona de estudio de Loma seca, son especies con mayor adaptación a diferentes escenarios de temperatura y humedad. Se encontró mayor número de individuos en Loma seca debido a que existe mayor cantidad de materia orgánica para descomponer principalmente

madera muerta; este tipo de sustrato es su principal fuente de alimento y ambiente donde desarrollan su ciclo biológico, cumpliendo con la función principal de degradación de materia orgánica especialmente de la corteza y el duramen de troncos.

De acuerdo a los análisis estadísticos y a la determinación de la abundancia establecida por Yanes y Morón (2010), se pudo identificar la familia de coleópteros Passalidae como indicadora de la calidad de suelo; en la actividad dos correspondiente al primer objetivo podemos evidenciar los gráficos estadísticos que determinan que familia cumple diversas funciones, y su carencia dentro de un ecosistema, puede afectar la calidad del suelo debido que desempeña un rol clave en diferentes procesos.

Passalidae es una familia de coleópteros que se distribuyen principalmente en ambientes con mayor humedad. Se ha evidenciado que la descomposición de los troncos es acelerada por las heces de estos organismos debido a que poseen un pool bacteriano que ayuda a la fermentación de la madera y posteriormente sirve como alimento de sus larvas Moreno y Amat, (2016), todo esto contribuye la incorporación rápida de la materia orgánica en los ciclos de nutrientes del suelo.

En este estudio se refleja esa variación con las dos zonas de estudio ya que en Loma Seca siendo una zona con mayor variedad de sustratos proveniente de árboles o troncos muertos existe mayor diversidad de coleópteros. Otro factor que afecta la disponibilidad de coleópteros son las condiciones ambientales, como temperaturas elevadas y regímenes hídricos contrastantes, tomando en cuenta el periodo de duración de las estaciones, retención hídrica de suelo y cobertura vegetal.

4.3. FASE III. RELACIÓN DE LOS COLEÓPTEROS CON LA CALIDAD DEL SUELO.

4.3.1. ANÁLISIS DEL SUELO

4.3.1.1. pH

En el gráfico 4.6 se puede observar la concentración del pH obtenido de las muestras de las zonas en estudio, con 7,4 en el bosque de la ESPAM y 7,5 en loma seca estos valores son de un pH neutro, la acidez va a depender de la descomposición de materia orgánica procedentes las hojas de los árboles, los valores obtenidos son óptimos para considerar a un suelo fértil.

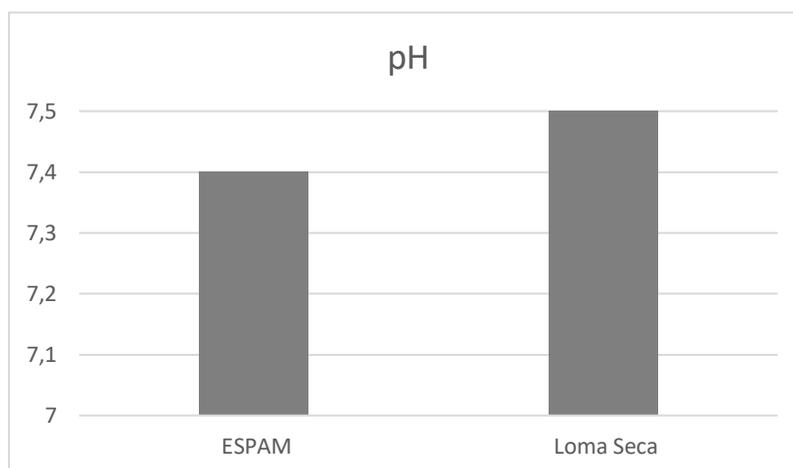


Gráfico 4. 5. Análisis pH.

4.3.1.2. MATERIA ORGÁNICA

Las áreas en estudio cuentan con alto porcentaje de materia orgánica, esto es un indicador de un suelo fértil, la diferencia de concentración entre áreas no es significativa en la ESPAM con 6,9 % y loma seca con 7 % estos bosques contienen una gran densidad arbórea, lo que incrementa la cantidad de hojas en el suelo capaces de descomponerse fácilmente brindando nutrientes al suelo (gráfico 4.6).

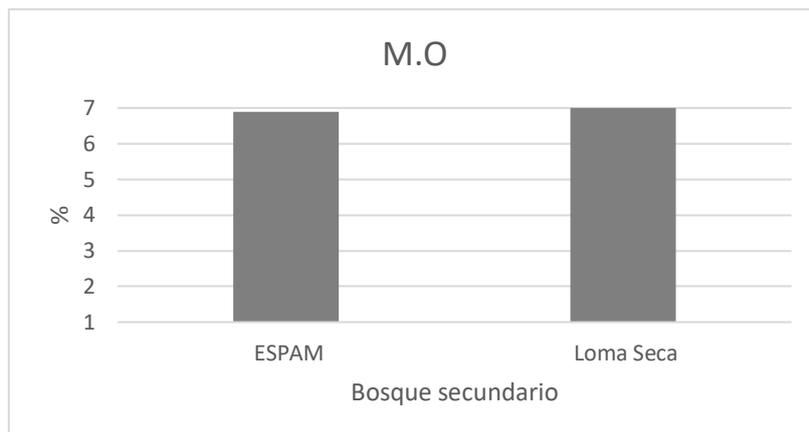


Gráfico 4. 6. Análisis de Materia orgánica.

4.3.1.3. POTASIO

En el gráfico 4.7 se puede observar los resultados del análisis de las muestras de suelo las cuales tienen un nivel alto de potasio en ambas zonas de estudio expresada en miliequivalentes sobre 100 mililitros, dichos valores son altos debido a que los bosques se encuentran en zonas de baja pendiente donde la lixiviación es menor.

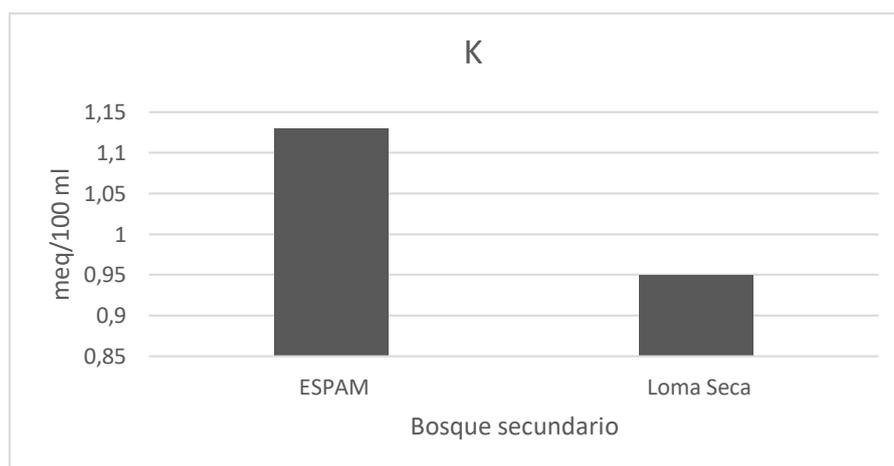


Gráfico 4. 7. Análisis de potasio.

4.3.1.4. FÓSFORO

Los niveles de fósforos presentados en el gráfico 4.8 de los bosques en estudio se puede observar un nivel alto para el bosque de la ESPAM 82 y el de loma seca 23 la diferencia entre los dos se debe a la cubierta vegetal que absorbe los nutrientes.

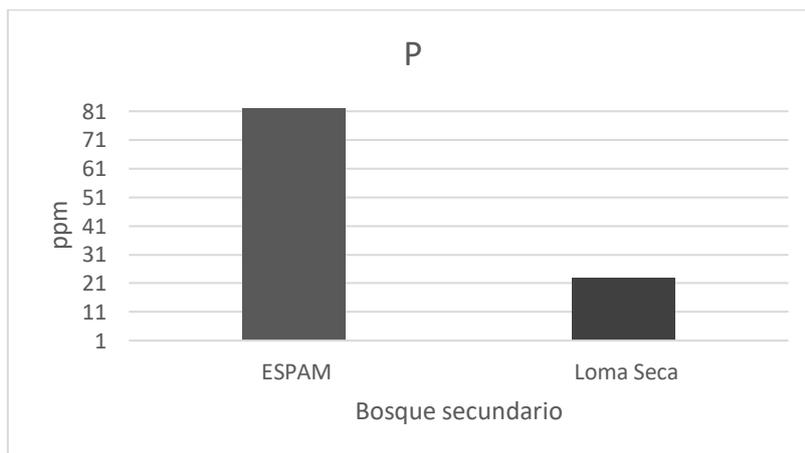


Gráfico 4. 8. Análisis de fósforo.

4.3.1.5. NITRÓGENO

Los resultados del análisis de nitrógeno en el suelo del Bosque de loma seca y la ESPAM son bajos de 3 y 10 ppm.

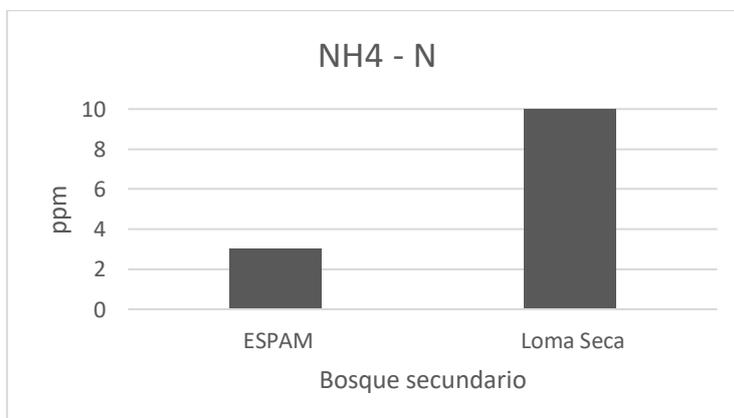


Gráfico 4. 9. Análisis de nitrógeno.

4.3.2. RELACIÓN DE LOS COLEÓPTEROS CON LA CALIDAD DEL SUELO

| Bosques Secundarios | pH | Ppm | | meq/100ml | MO |
|---------------------|-----|-----------------|----|-----------|-----|
| | | NH ₄ | P | K | |
| Loma Seca | 7,5 | 10 | 23 | 0,95 | 7 |
| ESPAM | 7,4 | 3 | 82 | 1,13 | 6,9 |

Cuadro 4. 3. Resumen análisis de suelo.

- **POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)**

Domínguez (2008), señala que, el pH es un factor que muestra el grado de acidez de un suelo, es decir, la concentración de hidrogeniones (H⁺) que existen en el mismo. En su escala de valor el 14 es el máximo y el 5 el mínimo. Por otra parte, para Fuentes (2009), cuando un suelo posee un pH igual 7 es un suelo neutro, menor a este valor es considerado un suelo ácido, y mayor a este son conocidos como suelos básicos. Dentro de este contexto, se exponen (cuadro 4.6) los valores de pH obtenidos de los bosques secundarios en estudio, el primero (Loma Seca) con un valor de 7.5, y el segundo (ESPAM) con un valor de 7.4, es decir ambos bosques se encuentran dentro del rango establecido para este factor. Esto se debe según Blanco *et al.* (2013), a la presencia de organismos edáficos como los coleópteros, que favorecen el pH del suelo y logran mantener el equilibrio del mismo, permitiendo que se vuelva un suelo fértil y apto para la agricultura.

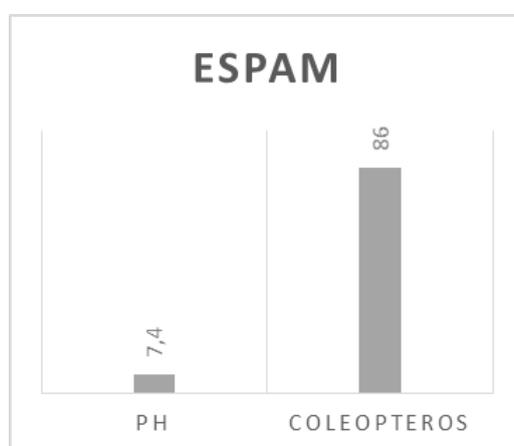


Gráfico 4. 10. Relación pH y coleópteros.

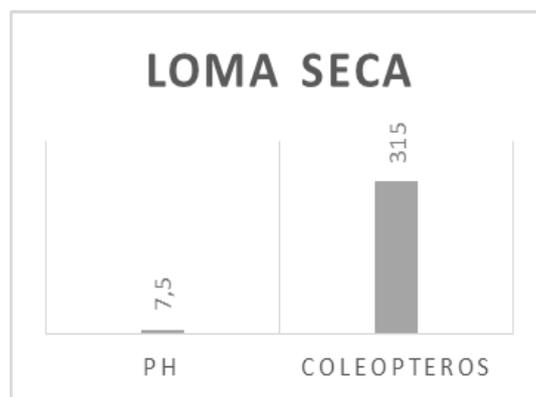


Gráfico 4. 11. Relación pH y coleópteros.

- **MATERIA ORGÁNICA (MO)**

Según López (2008), la materia orgánica es la cantidad de residuos orgánicos que se encuentran en el suelo, y que por lo tanto pueden dar lugar al incremento de nutrientes en el mismo. La materia orgánica favorece en el desarrollo de la microfauna edáfica, por consiguiente, un suelo fértil debe estar comprendido entre 2-6% de materia orgánica para una buena fertilidad sin embargo si sobrepasa 6% significaría mayor fertilidad para ese suelo; como en el caso de la ESPAM que tiene 6,9% y Loma Seca 7%, lo que conlleva a que los coleópteros y demás especies de la macrofauna son de gran importancia para la calidad de suelo (Fuentes, 2002). El cuadro 4.6 muestra valores similares de MO en ambos suelos de estudio, lo que resulta bueno ya que este parámetro es muy útil para conocer de forma directa la fertilidad de un determinado suelo (López, 2008).

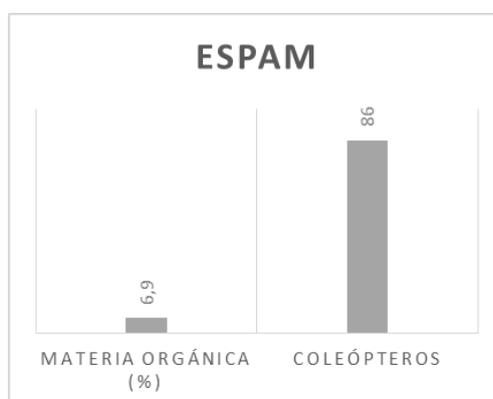


Gráfico 4. 12. Relación M.O y coleópteros.

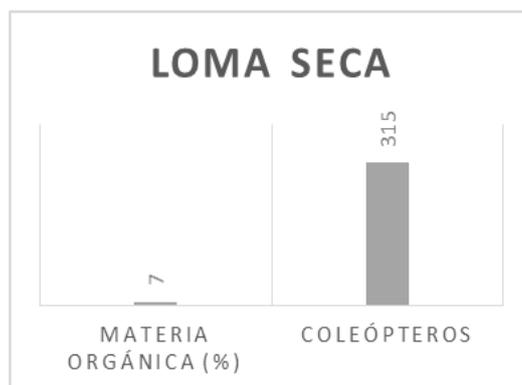


Gráfico 4. 13. Relación M.O y coleópteros.

- **AMONIO (NH₄)**

De acuerdo a Berry (2002), el nitrógeno en el suelo se puede encontrar de dos formas diferentes: orgánica y química. Siendo así que, en su forma química aparece como nitratos, nitritos y amonio. En este caso, fue analizado el amonio del suelo de los bosques secundarios (ESPAM MFL y Loma Seca), el cual forma parte de los residuos de cosecha, abonos orgánicos, y microorganismos del suelo. Como se muestra en el cuadro 4.6, los valores de NH₄ son relativamente bajos, esto se debe a una menor movilidad del amonio en el perfil del suelo, puesto que las arcillas y el componente orgánico contribuyen a su adsorción temporal en tanto se nitrifica (Havlin *et al.*,1993). En consecuencia, los coleópteros intervienen en la constitución del amonio; sin embargo, no influyen directamente en las fluctuaciones que este pueda llegar a tener en el transcurso del tiempo (Berry, 2002).

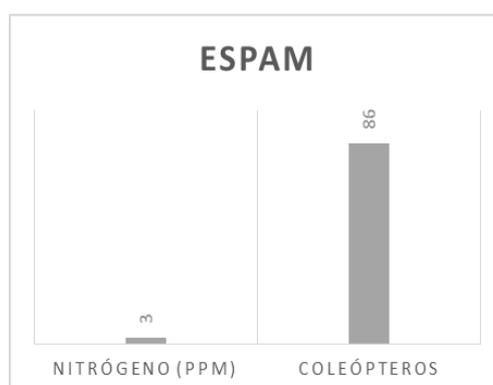


Gráfico 4. 14. Relación N y coleópteros.

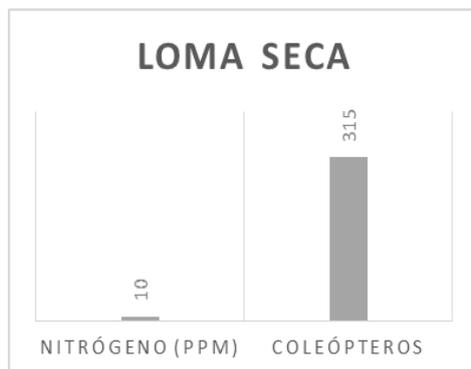


Gráfico 4. 15. Relación pH y coleópteros.

- **FÓSFORO (P)**

Para Sanzano (2014), los análisis de fósforo pretenden imitar la extracción que hacen las plantas mediante la acción de ácidos; empleándose ácidos más fuertes para la extracción de fósforo total y ácidos débiles para la extracción del fósforo activo. El cálculo de la fertilización fosfórica se debe realizar teniendo en cuenta el mantenimiento de un nivel de fósforo activo (Sanzano, 2014). En concordancia con lo expuesto, el fósforo analizado de los suelos en estudio arrojó diferentes valores: ESPAM 82 y Loma Seca 23; esta diferencia de valores entre ambos suelos se lo amerita a la presencia o ausencia de la macrofauna edáfica, en este caso representada por los coleópteros. El fósforo en un suelo fértil debe estar comprendido entre 8-20ppm (Cabrera, 2012); pasada esta cantidad como nos muestra el caso de la ESPAM que contiene gran cantidad de fósforo mientras que en Loma Seca casi estuvo comprendido con los valores establecidos para suelo fértil, a pesar de existir menor cantidad de P en el suelo se obtuvo mayor abundancia de coleópteros.

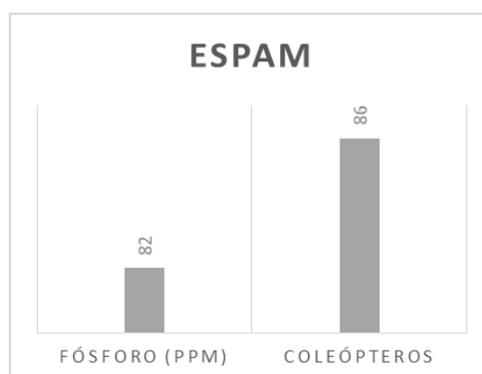


Gráfico 4. 16. Relación P y coleópteros.

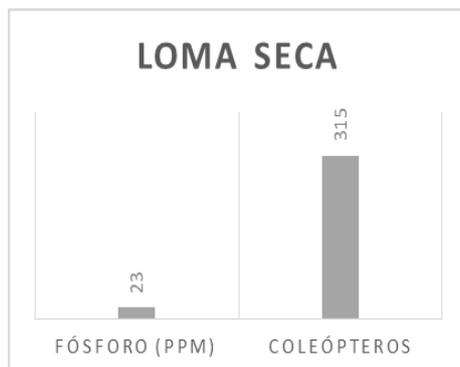


Gráfico 4. 17. Relación P y coleópteros.

- **POTASIO (K)**

El potasio se encuentra en el suelo en forma de catión intercambiable, es decir, adsorbido a las arcillas y a la materia orgánica en sus sedes de intercambio, pasando fácilmente a la solución del suelo por la acción de ácidos débiles (Tejada, 2017). Ante lo expuesto, el cuadro 4.6, expone los valores de potasio obtenidos de los análisis de suelo realizados a los bosques secundarios en estudio; dichos valores se encuentran dentro de los límites propuestos para suelos ricos en potasio. En consecuencia, los organismos edáficos intervienen en algunos de los procesos biológicos del suelo, pero no directamente en la formación del potasio, ya que este puede formarse de dos maneras: natural, o por el abono frecuente de estiércol (Chávez *et al.*, 2016).

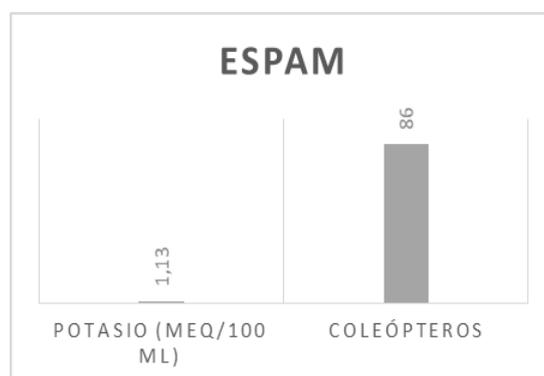


Gráfico 4. 18. Relación K y coleópteros.

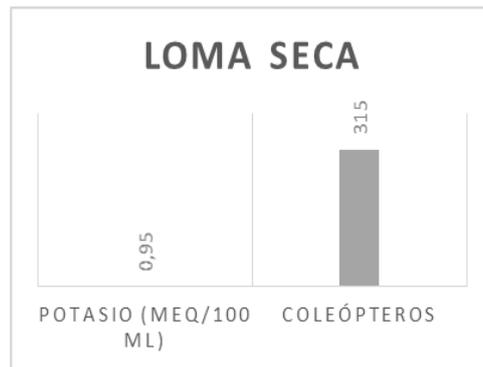


Gráfico 4. 19. Relación K y coleópteros.

En concordancia con todo lo anterior, y de acuerdo al criterio emitido por la FAO (2015), la relación de los coleópteros con la calidad del suelo se basa en una variedad de beneficios que son esenciales para la sostenibilidad de todos los ecosistemas. Estos organismos edáficos intervienen como agentes principales en el ciclo de los nutrientes; regulan la dinámica de la materia orgánica del suelo y la emisión de gases de efecto invernadero; modifican la estructura material del suelo y los regímenes del agua, mejorando la cantidad y eficiencia en la adquisición de nutrientes que son vitales para la salud de las plantas. Es importante señalar que, los coleópteros se relacionan íntimamente con la materia orgánica del suelo, ya que, a mayor cantidad de organismos presentes, mayor será la cantidad de materia orgánica generada. La FAO (2015), también manifiesta que, el intercambio de nutrientes entre organismos, materia orgánica, y suelo; son esenciales para la fertilidad de este recurso.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- En la zona de la ESPAM, se identificaron 86 individuos mientras que en Loma seca 315, teniendo un total de 401 coleópteros. Como especie abundante en las dos zonas de estudio se presentó a *Odontotaenius disjunctus* perteneciente a la familia Passalidae con 291 individuos, se encontró dos familias con especies raras la cual poseían un solo individuo como es el caso de Dytiscidae y Cerambycidae pertenecientes a Loma Seca.
- De acuerdo a los índices de diversidad la zona de la ESPAM tuvo una diversidad baja mientras que Loma seca tuvo una diversidad media sin embargo el índice de Jaccard establece que existe una similitud con el 33% en ambas zonas. Todas las familias de coleópteros identificados son considerados como buenos indicadores biológicos de la calidad y fertilidad del suelo; sin embargo, la familia Passalidae se considera la mejor indicadora ambiental del suelo debido a que descompone mayor cantidad de materia orgánica.
- Dentro de los análisis de fertilidad del suelo el pH se mantuvo en los parámetros establecidos, en cuanto a la materia orgánica no se presentó mayor diferencia en las dos zonas de estudio. En base a la relación se pudo comprobar que los coleópteros ayudan a producción de materia orgánica que contribuye a la fertilidad del suelo.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar este estudio en las dos épocas del año para determinar con mayor exactitud la abundancia de coleópteros.
- Utilizar la familia Passalidae en posteriores estudios como indicadora de la calidad del suelo.
- Sociabilizar los resultados para que haya mayor conocimiento de las funciones que realizan estos organismos en el suelo.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, I; Domínguez, M; Meneses, D; y Parra, R. (2014). *Coleópteros (insecta: Coleoptera) recolectados con técnicas directas e indirectas en bosque mesófilo de montaña y pino-encino de Coatepec harinas*. México.

Aguirre, S. J., & Barragán, A. (2015). *Datos preliminares de la entomofauna cadavérica en la provincia de Pichincha-Ecuador*. *Rev Ecuat Med Cienc Biol*, 36, 67-72.

Aldana, R; Aldana, J; y Manejo, M. (2011). *Rhynchophorus palmarum L. (Coleoptera: Curculionidae)*. Boletín técnico número 23: "Biología, hábitos y manejo de *Rhynchophorus palmarum L.* (Coleoptera: Curculionidae)". Publicación del Centro de Investigación en Palma de Aceite. CO.

Álvarez, V. (2016). *Utilización de coleópteros como indicadores ecológicos en gradientes urbanos de Gijón y León*. (NO Península ibérica). (Coleoptera: Carabidae, Cholevidae, Histeridae, Silphidae y Staphylinidae) (Doctoral dissertation, Universidad de León).

Andrades, M; Martínez, M. (2014). *Fertilidad del suelo y parámetros que la definen*. (En línea). Consultado, 22 de dic. 2019. Formato PDF. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/>

Araujo, P., Carranco, R., Granda, V., Guerra, P., Rosero, P., & Ortega, A. M. (2005). Evaluación preliminar de la diversidad de escarabajos (Insecta: Coleoptera) del Chocó ecuatoriano.

Bautista, C; Monks, S; Pulido, G. (2013). *Los parásitos y el estudio de su biodiversidad: un enfoque sobre los estimadores de la riqueza de especies*. Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas. 13-17.

Behar, D. (2008). *Metodología de la Investigación*. (En línea). Consultado, 24 de oct. 2019. Formato HTML. Disponible en rdigital.unicv.edu.cv/

Bernier, R. (2000). *Diagnóstico de la fertilidad del suelo*. Centro Regional de Investigación Remehue, Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA.

Berry, P; Sylvester, L; Philipps, D; Hatch, S; Cuttle, F; Rayns, P. (2002). *Is the productivity of organic farms restricted by the supply of available nitrogen*. *Soil Use Manage*. 18: 248-255.

Blanco, J; Contino, Y; Iglesias, J; Caballero, R; Perera, C; Funes, F. (2013). *Indicadores para evaluar la reconversión agroecológica en unidades básicas de producción cooperativa*. *Agricultura orgánica*. 19 (1):27-29.

Brady, N. (2002). *Soil acidity: Calcium and Magnesium as plant nutrients*. Cap 9:11 pg. 404-410.

Buss, E. (2006). *Flight activity and relative abundance of phytophagous scarabs (Coleoptera: Scarabaeoidea) from two locations in Florida*. *Florida Entomologist*, 32-40.

Cabrera, G. (2012). *La macrofauna edáfica como indicador biológico*. *Pastos y forrajes*. 35: 4. Matanzas-Cuba.

Cano, N. (2015). *Montaje de Insectos y preparación de la caja entomológica*. (En línea). Consultado, 22 nov. 2019. Formato PDF. Disponible en: <http://entozoo.blogspot.com/>

Castro, T. (2017). *Familia Coccinellidae*. In: *Fundamentos de Entomología Forestal*. Cibrián-Tovar D (Ed). Red de Salud Forestal, Redes temáticas del CONACYT: México. p 282-284.

Chávez, L; Labrada, Y; Álvarez, A; Fonseca, A. (2016). *Macrofauna del suelo en ecosistemas ganaderos de montaña en Guisa, Granma, Cuba*. *Pastos y Forrajes*. 39 (3):111-115.

Cristos, C; Francisco, T. (2015). *Definición de insectos: nuevo enfoque*. Definition der Insekten: neue Einstellung. Définition des insectes: nouveau approche. Insect definition: new approach. Definizione degli insetti: nuovo approccio.

Crovetto, C. (2002). *Cero labranza: Los rastrojos, la nutrición del suelo y su relación con la fertilidad de las plantas*. Trama Impresores SA, Talcahuano, Chile. 225pp.

Cruz M; Castillo, M. (2018). *Morfología del aparato reproductor en Odontotaenius striatopunctatus (Percheron, 1835) (Coleoptera: Passalidae)*. Acta zoológica mexicana. 24(2): 23-37.

Cruz, A; Barra, J; Del Castillo, R; Gutiérrez, C. (2004). *La calidad del suelo y sus indicadores*. Revista ecosistemas. 13(2).

Cunha, F; Correia, F; Pereira, G; Pereira, M; Leles, P. (2012). *Soil fauna as an indicator of soil quality in forest stands, pasture and secondary forest*. Rev. Bras. Cienc. Solo. 36 (5):1407-1417, 2012.

Domínguez, A. (2008). *Tratado de Jertilización*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

Escobar, F; Chacón, P. (2000). *Distribución espacial y temporal en un gradiente de sucesión de la fauna de coleópteros coprófagos (Scarabaeinae, Aphodiinae) en un bosque tropical montano, Nariño-Colombia*. Revista de Biología Tropical, 48(4), 961-975.

Evertson, C., & Merlin, G. (2008). *La observación como indagación y método. Métodos cuantitativos aplicados, 2, 174-188*.

Fashing, N; King, A. (2007). *Infanticidal Behavior in the Subsocial Beetle Odontotaenius disjunctus (Illiger) (Coleoptera: Passalidae)*. J Insect Behav (2007) 20:527–536.

Fernández, I; Favila M; López, G. (2014). *Composición, riqueza y abundancia de coleópteros (coleoptera) asociados a bosques semidecíduos y vegetaciones ruderales en la sierra del rosario, cuba*. Rev. Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (54) 329–339.

Fernández, T; Colón, J; Puebla, P. (2017). *Scarabaeus (Ateuchetus) laticollis Linnaeus, 1767 (Coleoptera, Scarabaeidae) capturado en una cavidad de Jaén (Andalucía, sur de España)*. Archivos Entomológicos, (18), 75-78.

Figuroa, L; Alvarado M. (2011). *Coleópteros coprófagos (Scarabaeidae: Scarabeinae) de la Reserva Nacional Tambopata, Madre de Dios, Perú*. Revista Peruana de Biología, 18(2), 209-212.

Fuentes, J. (2009). *Los abonos*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

Galán, Á; & Pérez, A. (2012). *Nuevos índices para evaluar la agrobiodiversidad*. Agroecología. 7(1): 109-115.

García, A; Martínez, H. (2015). *Escarabajos fitófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) del departamento del Atlántico, Colombia*. Acta zoológica mexicana, 31(1), 89-96.

Garzón, C; y Aguirre, J. (2002). *Diagnóstico preliminar biótico en Loma Redonda y La Primavera, Reserva Alto Choco, Fundación Zoobreviven, sector intag*. Informe.

Ginés, I., & Mariscal Sancho, I. (2002). *Incidencia de los fertilizantes sobre el pH del suelo*.

González, A; Medina, C. (2015). *Listado de especies de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de bosque seco de Colombia*. Biota Colombiana, 16(1), 36-44.

Granados, J; Kohlmann¹, B; Russo, R. (2010). *Escarabajos del estiércol como biodicadores del impacto ambiental causado por cultivos en la región atlántica de Costa Rica*. Universidad EARTH. Las Mercedes de Guácimo, Limón, Costa Rica. Rev.Tierra Tropical 6 (2): 181-189.

Guevara, A. (2010). *Calcio y magnesio del suelo*. (En línea). Consultado, 16 nov. 2019. Formato PDF. Disponible en: file:///C:/Users/USER/Downloads/

Havlin, J; Tisdale, W; Nelson, A; Beaton, J. (1993). *Soil fertility and fertilizers*. An introduction to nutrient Management. Macmillan Publishing. New York, NY, USA.

Hernández, N; & Martínez, N. (2009). *Escarabajos Coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) De La Vertiente Noroccidental, Sierra Nevada De Santa Marta, Colombia*. Neotropical Entomology, 38(6).

Hernández, R; Fernández, C; & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. Quinta edición. ISBN: 978-607-15-0291-9.

Huerta, E; Rodríguez J; Evia, I; Montejo, E; Cruz, M; & García, R. (2008). *Relación entre la fertilidad del suelo y su población de macroinvertebrados*. Terra Latinoamericana. 26(2). 171-181.

Jiménez, A; Zamora, P. (2016). *Utilidad de la morfología antenal en la taxonomía de escarabajos descortezadores (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)*.

Jiménez Martínez, E. (2008). Guía de identificación de los principales insectos coleópteros asociados a los pinares de Nicaragua.

Laython, M. (2014). *Coleópteros acuáticos (Coleoptera: Insecta) en Colombia, distribución y taxonomía*. (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá).

López, J. (2008). *La materia orgánica del suelo*. MundiPrensa Ediciones y Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Luna, J. (2015). *Técnicas de colecta y preservación de insectos*. Boletín sociedad entomológica Aragonesa. 37: 385-408.

Luna, C; Domínguez, V; Ordoñez, M; Mundo, A. (2015). *Diversidad de la familia Cerambycidae (Coleoptera) de un bosque tropical caducifolio de la comunidad de Taxco el Viejo, Guerrero, México*. Entomología mexicana, 2, 835-839.

Lyttleton, T; & Buckman, H. (1947). *Edafología: naturaleza y propiedades del suelo*. (No. S591. L9718 1952.). Acme. Buenos Aires. AR.

Maldonado, R. (2016). *Los escarabajos peloteros como indicadores de la calidad ambiental del suelo en dos parcelas ubicadas en bosque primario y área de cultivo de la hostería Selva Virgen*. (En línea) Formato PDF. Consultado, 16 de ene. 2019. Disponible en: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/13908/1/65635_1.pdf

Montaño, M., Meza, A., & Dias, L. G. (2012). La colección entomológica CEBUC y su potencial como colección de referencia de insectos acuáticos. Boletín Científico Museo de Historia Natural, 16(2), 173-184.

Moreno, C; Amat, G. (2016). *Morfoecología de gremios en escarabajos (Coleoptera: Passalidae) en un gradiente altitudinal en robledales de la Cordillera Oriental, Colombia*. Revista de Biología Tropical. 64(1): 289-303.

Moreno, C. (2017). *Métodos para medir la Biodiversidad*. (En línea). Consultado, 20 de dic. 2019. Formato PDF. Disponible en: <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>

Morrone, J. (2014). *Biodiversidad de Curculionoidea (Coleoptera) en México*. Revista mexicana de biodiversidad, 85, 312-324.

Muñoz, O. (2012). Capítulo II. Diagnóstico situacional. (En línea). Consultado, 24 de nov. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1428/3/CAPITULO%202.pdf>

Navarrete, J; Fierros, H; Burgos, A. (2001). *Tópicos sobre coleoptera de México*. (No. 595.76 N3). Universidad de Guadalajara.

Nieves, A; & Domínguez, F. (2009). *Probabilidad y estadística para ingeniería un enfoque moderno*.

Pérez, E; Morales, E; & Nafría, J. (1992). *Coccinélidos (Col.: Coccinellidae) depredadores de pulgones (Horn. Aphididae) sobre plantas cultivadas de León*. Boletín de sanidad vegetal. Plagas, 18(4), 765-775.

Pérez, T; López, J; Bahillo, P. (2017). *Scarabaeus (Ateuchetus) laticollis Linnaeus, 1767 (Coleoptera, Scarabaeidae) capturado en una cavidad de Jaén (Andalucía, sur de España)*. Rev. Arquivos Entomolóxicos. 18: 75-78.

Paleólogos, M; Pereyra, P; Sarandón, S. (2009). *Grupos funcionales de Coleópteros edáficos en Viñedos tradicionales y convencionales de la Costa de Berisso, Argentina*. Cadernos de Agroecologia. 4(1).

Pla, L. (2016). *Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza*. Interciencia. 31(8): 583-590.

Ritcher, P. (1958). *Biology of scarabaeidae. Annual review of entomology*. 3(1). 311-334.

Rodríguez, W; Navarrete, J. (2014). *Modificación de la necrotrampa permanente (NTP-80) para la recolecta de estafilínidos necrócolos (Coleoptera: Staphylinidae) y aspectos metodológicos para estudios sistemáticos*. Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa. 55: 147-152.

Romero, R. (2015). *La influencia del manejo del suelo en las comunidades de coleópteros edáficos (Coleoptera) en la ZEPA-LIC La Serena y Sierras Periféricas (Badajoz, España)*. Boletín de la SEA. (56): 291-299.

Rendón, S; Artunduaga, F; Ramírez, R; Quiroz, J; Leiva, E. (2010). *Los macroinvertebrados como Indicadores de la Calidad del Suelo en Cultivos de Mora, Pasto y Aguacate*. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín. 64(1):5793-5802.

Sanzano, A. (2014). *El fósforo del suelo*. (En línea). Consultado, 16 nov. 2019. Formato PDF. Disponible en: <file:///C:/Users/USER/Downloads/>

SENPLADES. (2017). *Plan Nacional del Buen Vivir Ecuador*. (En línea). Consultado, 12 nov 2018. Formato PDF. Disponible en <http://www.buenvivir.gob.ec>.

Solís, A. (2007). *Métodos y técnicas de recolecta para coleópteros Scarabaeoideos*. Instituto Nacional de Biodiversidad, Santo Domingo, Heredia, Costa Rica (Consultado: 7 marzo 2011, <http://www.inbio.ac.cr/papers/meto-col-scarabaeoidea/metoscar.pdf>).

Tejada, F. (2017). *Alteraciones del potasio*. (En línea). Consultado, 16 nov. 2019. Formato PDF. Disponible en: <http://scielo.isci.es/pdf/albacete/v2n3/revision.pdf>

Therburg, A; D'Inca, V; & López, M. (2005). *Modelo de indicadores ambientales*. Proyección. (3).

Torres, P; Mazzucconi, S; & Michat, M. (2007). *Los coleópteros y heterópteros acuáticos del Parque Nacional El Palmar (Provincia de Entre Ríos, Argentina)*. lista faunística, diversidad y distribución. Revista de la Sociedad Entomológica Argentina, 66(3-4), 127-154.

Valle, N; Chatellenaz, M; Damborsky, M. (2017). *Acrocinus longimanus (Linnaeus, 1758) (Coleoptera, Cerambycidae): first record from the province of Corrientes, Argentina*. Check List, 13, 987.

Vázquez, R; Reyes, P; Gómez, B; Ibarra, G. (2018). *Distribución de la familia Passalidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) en un gradiente altitudinal en el Soconusco, Chiapas, México*. Dugesiana. 25(2): 115-124.

Yanes-Gómez, G., & Morón, M. A. (2010). Fauna de coleópteros Scarabaeoidea de Santo Domingo Huehuetlán, Puebla, México: su potencial como indicadores ecológicos. *Acta zoológica mexicana*, 26(1), 123-145.

Zúñiga, A. (2011). *Los coccinélidos (coleoptera: coccinellidae) de la región de Magallanes: nuevos registros y distribución regional*. *Anales Instituto Patagonia (Chile)*, 2011. 39(1):59-71.

ANEXOS

Anexo 1. Registro fotográfico



Ilustración 1. Recolección de coleópteros en las dos zonas de estudio.



Ilustración 2. Familia Passalidae, especie *Odontotaenius disjunctus*.



Ilustración 3. Familia Scarabaeidae, especie *Oryctes nasicornis*.



Ilustración 4. Familia Dytiscidae, especie *Megadytes glaucus*.

Anexo 2. Índices de diversidad

The image shows a software interface with a data table and a 'Diversity' menu. The data table has the following content:

| ORDEN | FAMILIAS | NOMBRE CIENTÍFICO | ESPAM | LOMA SECA |
|------------|---------------|--------------------------|-------|-----------|
| Coleoptera | Curculionidae | Rhynchophorus palmarum | 0 | 42 |
| Coleoptera | Dytiscidae | Megadytes glaucus | 0 | 1 |
| Coleoptera | Passalidae | Odontotaenius disjunctus | 48 | 243 |
| Coleoptera | Cerambycidae | Acrocinus longimanus | 0 | 1 |
| Coleoptera | Coccinellidae | Adalia bipunctata | 9 | 28 |
| Coleoptera | Scarabaeidae | Oryctes nasicornis | 29 | 0 |

The 'Diversity' menu is open, showing the following options:

- Diversity indices
- Quadrat richness
- Beta diversity
- Taxonomic distinctness
- Individual rarefaction
- Sample rarefaction (Mao's tau)
- SHE analysis
- Diversity permutation test
- Diversity t test
- Diversity profiles

The software interface also shows a table with the following data:

| | ESPAM | Loma Seca | C | D |
|---|-------|-----------|---|---|
| 1 | 0 | 42 | | |
| 2 | 0 | 1 | | |
| 3 | 48 | 243 | | |
| 4 | 0 | 1 | | |
| 5 | 9 | 28 | | |
| 6 | 29 | 0 | | |

Ilustración 5. Proceso para obtener los índices de diversidad.

The image shows a software interface with a data table and an 'Alpha diversity indices' dialog box. The data table is as follows:

| ORDEN | FAMILIAS | NOMBRE CIENTÍFICO | ESPAM | LOMA SECA |
|------------|---------------|--------------------------|-------|-----------|
| Coleoptera | Curculionidae | Rhynchophorus palmarum | 0 | 42 |
| Coleoptera | Dytiscidae | Megadytes glaucus | 0 | 1 |
| Coleoptera | Passalidae | Odontotaenius disjunctus | 48 | 243 |
| Coleoptera | Cerambycidae | Acrocinus longimanus | 0 | 1 |
| Coleoptera | Coccinellidae | Adalia bipunctata | 9 | 28 |
| Coleoptera | Scarabaeidae | Oryctes nasicornis | 29 | 0 |

The 'Alpha diversity indices' dialog box displays the following data:

| | ESPAM | Lower | Upper | Loma Seca | Lower |
|----------------|--------|--------|--------|-----------|--------|
| Taxa_S | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 |
| Individuals | 86 | 86 | 86 | 315 | 315 |
| Dominance_D | 0.4362 | 0.3864 | 0.5157 | 0.6208 | 0.5604 |
| Simpson_1-D | 0.5638 | 0.4843 | 0.6136 | 0.3792 | 0.3189 |
| Shannon_H | 0.9283 | 0.7948 | 1.013 | 0.7205 | 0.6351 |
| Evenness_e^H/S | 0.8434 | 0.738 | 0.9179 | 0.4111 | 0.3774 |
| Brillouin | 0.8778 | 0.7496 | 0.9605 | 0.6975 | 0.6115 |
| Menhinick | 0.3235 | 0.3235 | 0.3235 | 0.2817 | 0.2817 |
| Margalef | 0.449 | 0.449 | 0.449 | 0.6953 | 0.6953 |
| Equitability_J | 0.8449 | 0.7234 | 0.922 | 0.4477 | 0.3946 |
| Fisher_alpha | 0.6042 | 0.6042 | 0.6042 | 0.8439 | 0.8439 |
| Berger-Parker | 0.5581 | 0.4535 | 0.6628 | 0.7714 | 0.7238 |
| Chao-1 | 3 | 3 | 3 | 6 | 5 |

Additional parameters in the dialog box: Bootstrap N: 9999, Bootstrap type: Percentiles, Unbiased: Recompute

Ilustración 6. Índice de diversidad de Shannon.

The screenshot shows a software interface with a data table and a 'Tests for normal distribution' dialog box. The data table has columns for ORDEN, FAMILIAS, NOMBRE CIENTÍFICO, ESPAM, and LOMA SECA. The dialog box displays the following results:

| | ESPAM | Loma Seca |
|--------------------|---------|-----------|
| N | 6 | 6 |
| Shapiro-Wilk W | 0.7946 | 0.6424 |
| p(normal) | 0.05249 | 0.001441 |
| Anderson-Darling A | 0.6063 | 1.05 |
| p(normal) | 0.06039 | 0.003044 |
| p(Monte Carlo) | 0.0601 | 0.0019 |
| Lilliefors L | 0.272 | 0.3774 |
| p(normal) | 0.1785 | 0.00895 |
| p(Monte Carlo) | 0.1848 | 0.008 |
| Jarque-Bera JB | 0.9508 | 2.982 |
| p(normal) | 0.6216 | 0.2252 |
| p(Monte Carlo) | 0.136 | 0.0029 |

The dialog box also includes a 'Monte Carlo N' field set to 9999 and a 'Recompute' button. The background shows a data table with the following content:

| ORDEN | FAMILIAS | NOMBRE CIENTÍFICO | ESPAM | LOMA SECA |
|------------|---------------|--------------------------|-------|-----------|
| Coleoptera | Curculionidae | Rhynchophorus palmarum | 0 | 42 |
| Coleoptera | Dytiscidae | Megadytes glaucus | 0 | 1 |
| Coleoptera | Passalidae | Odontotaenius disjunctus | 48 | 243 |
| Coleoptera | Cerambycidae | Acrocinus longimanus | 0 | 1 |
| Coleoptera | Coccinellidae | Adalia bipunctata | 9 | 28 |
| Coleoptera | Scarabaeidae | Oryctes nasicornis | 29 | 0 |

Ilustración 7. Prueba de normalidad.

Anexo 3. Análisis de suelo

INIA P
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

LABORATORIO EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme, Apartado 24
Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.ctp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre : Ramos Sacon Jennifer Johanna
 Dirección :
 Ciudad : Calceta
 Teléfono :
 Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre : Sin nombre
 Provincia : Manabí
 Cantón : Bolívar
 Parroquia : Calceta
 Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO

Cultivo Actual :
 N° Reporte : 5782
 Fecha de Muestreo : 14/06/2019
 Fecha de Ingreso : 01/06/2019
 Fecha de Salida : 03/07/2019

| N° Muest. Laborat. | Datos del Lote | | pH | ppm | | | | | ppm | | | | | |
|--------------------|---------------------|------|-----|-----|----|------|----|-----|-----|----|----|----|----|---|
| | Identificación | Area | | NH4 | P | K | Ca | Mg | S | Zn | Cu | Fe | Mn | B |
| 95490 | Lote 1 Loma seca | | 7,5 | 10 | 23 | 0,95 | 17 | 6,5 | | | | | | |
| 95491 | Lote 2 Bosque ESPAM | | 7,4 | 3 | 82 | 1,13 | 16 | 1,5 | | | | | | |

| N° Muest. Laborat. | meq/100ml | | | dS/m C.E. | M.O. (%) | Ca Mg | | Ca+Mg K | meq/100ml Σ Bases | (meq/l)½ RAS | ppm Cl | Textura (%) | | | Clase Textural |
|--------------------|-----------|----|----|-----------|----------|-------|------|---------|-------------------|--------------|--------|-------------|------|---------|----------------|
| | Al+H | Al | Na | | | Mg | K | | | | | Arena | Limo | Arcilla | |
| 95490 | | | | | 7,0 | 2,6 | 6,84 | 24,74 | 24,45 | | | | | | |
| 95491 | | | | | 6,9 | 10,6 | 1,33 | 15,49 | 18,63 | | | | | | |

INTERPRETACION

| Al+H, Al y Na | C.E. | | | M.O. y Cl |
|---------------|------------------|-----------------|----------|-----------|
| B = Bajo | NS = No Salino | S = Salino | B = Bajo | M = Medio |
| M = Medio | LS = Lig. Salino | MS = Muy Salino | A = Alto | |
| T = Tóxico | | | | |

x. W. J...
RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUA

La muestra será guardada en el laboratorio por tres meses. Tiempo que se debe al reclamo...

+ @

RESPONSABLE LABORATORIO

METODOLOGIA USADA

C.E. = Conductímetro
 M.O. = Titulación de Walkley Black
 Al+H = Titulación con NaOH

Ilustración 8. Resultados de los análisis de suelo (pH, NPK, materia orgánica)