



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE LOS SUELOS EN
UN TRANSECTO ALTITUDINAL DEL REFUGIO DE VIDA
SILVESTRE YANKAY, BAÑOS, TUNGURAHUA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

AUTOR

NESTOR LENIN SALTOS ALAVA

Riobamba – Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE LOS SUELOS EN
UN TRANSECTO ALTITUDINAL DEL REFUGIO DE VIDA
SILVESTRE YANKAY, BAÑOS, TUNGURAHUA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

AUTOR: NESTOR LENIN SALTOS ALAVA

DIRECTOR: Ing. VICENTE JAVIER PARRA LEÓN MSc.

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Nestor Lenin Saltos Alava

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Nestor Lenin Saltos Alava, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

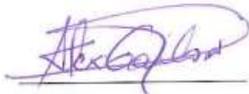
Riobamba, 10 de mayo 2024



Nestor Lenin Saltos Alava
2300037823

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA RECURSOS NATURALES RENOVABLES

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto de Investigación, **ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE LOS SUELOS EN UN TRANSECTO ALTITUDINAL DEL REFUGIO DE VIDA SILVESTRE YANKAY, BAÑOS, TUNGURAHUA**, realizado por el señor: **NESTOR LENIN SALTOS ALAVA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Alex Vinicio Gavilanes Montoya, PhD PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2024-05-10
Ing. Vicente Javier Parra León, M.sC. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-05-10
Ing. Víctor Mario García Mora, MsC. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-05-10

DEDICATORIA

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi madre, a mi abuela y a mis tíos Otita, Jaqueline y Lenin que, sin su amor, apoyo inquebrantable y sacrificio, este logro nunca habría sido posible. Su fe en mí me ha impulsado en los momentos más desafiantes. Cada uno de mis éxitos es también su éxito, y esta tesis es un tributo a su amor y paciencia. A mis hermanos, a quienes admiro por su fortaleza, su manera de ser fuertes ante la vida y sus ganas de seguir adelante, fueron mi fuente de inspiración para seguir en este camino, siempre estaré para ustedes. A mi ñaña Gemita quiero expresarle mi más sincero agradecimiento por tu invaluable ayuda y apoyo a lo largo de este arduo pero gratificante camino, tu generosidad y dedicación han sido fundamentales para este logro, tu paciencia, comprensión y aliento han sido el motor que me ha permitido avanzar cuando las cosas se volvían difíciles. A mis amigas Rubí, Soledad, Caridad y Heidy que han sido mi red de apoyo, mi fuente de risas y mi refugio en los momentos difíciles. Su amistad ha enriquecido mi vida de maneras innumerables, y esta tesis es un testimonio de nuestro compromiso mutuo de crecimiento y éxito. Este trabajo es el resultado de años de dedicación y esfuerzo, pero también refleja la influencia positiva de ustedes en mi vida. Espero que esta tesis pueda contribuir de alguna manera al conocimiento y al bienestar de nuestra institución, en agradecimiento a todo lo que me han dado.

Lenin

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi profundo agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por ser el lugar donde formar mi carácter y el lugar donde adquirí los conocimientos necesarios para llevar a cabo mi trabajo de integración curricular, además por proporcionar la infraestructura y recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación. A todos mis maestros que han contribuido de manera significativa en mi formación profesional y forjaron mi carácter en mi vida estudiantil, su apoyo, orientación y ánimo han sido fundamentales en este largo y desafiante viaje académico. A mi director, Ing. Vicente Parra, por su paciencia, sabiduría y dedicación, sus valiosas sugerencias y orientación experta han sido esenciales para dar forma a este trabajo de integración curricular. A mi asesor, Ing. Mario García, por brindarme la asistencia necesaria desde sus conocimientos y ayudarme a mejorar mi trabajo de integración curricular. Este logro no habría sido posible sin el apoyo y contribución de cada uno. Al Centro de Bioconocimiento – Cbio EsPOCH por ser el lugar donde forme mis aptitudes y conocimientos para poder desarrollar mi trabajo de investigación. Al Ing. Diego por ser un apoyo y una guía con su conocimiento dentro del laboratorio de entomología. Gracias por ser parte de este importante capítulo en mi vida.

¡Gracias a todos!

Lenin

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY / ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1	Planteamiento del problema.....	2
1.2	Objetivos.....	2
1.2.1	<i>Objetivo General</i>	2
1.2.2	<i>Objetivos Específicos</i>	2
1.3	Justificación.....	3
1.4	Hipótesis.....	4
1.4.1	<i>Nula</i>	4
1.4.2	<i>Alterna</i>	4

CAPÍTULO II

2	MARCO TEÓRICO.....	5
2.1.	Áreas Protegidas.....	5
2.1.1.	<i>Las áreas protegidas y la protección del suelo</i>	5
2.2.	El Suelo.....	5
2.3.	Manejo de suelos.....	6
2.4.	Indicadores de la calidad del suelo y la sustentabilidad.....	6
2.4.1.	<i>Indicadores físicos</i>	6
2.4.1.1.	<i>Textura del suelo</i>	7

2.4.1.2.	<i>Porosidad</i>	8
2.4.1.3.	<i>Densidad</i>	9
2.4.1.4.	<i>Capacidad de retención de agua</i>	9
2.4.1.5.	<i>Conductividad hidráulica</i>	10
2.4.1.6.	<i>Profundidad del suelo</i>	10
2.4.1.7.	<i>Temperatura del suelo</i>	10
2.4.2.	<i>Indicadores químicos</i>	10
2.4.2.1.	<i>pH del suelo</i>	11
2.4.2.2.	<i>Contenido de materia orgánica (MO)</i>	11
2.4.2.3.	<i>Contenido de nutrientes</i>	12
2.4.2.4.	<i>Conductividad eléctrica (CE)</i>	12
2.4.2.5.	<i>Relación C/N</i>	13
2.4.2.6.	<i>Capacidad de intercambio catiónico (CIC)</i>	13
2.4.3.	<i>Indicadores biológicos</i>	13
2.4.4.	<i>Biodiversidad del suelo</i>	14
2.5.	<i>Fauna edáfica</i>	15
2.5.1.	<i>Clasificación de la fauna edáfica</i>	15
2.5.2.	<i>Macrofauna edáfica</i>	16
2.5.2.1.	<i>Función de la macrofauna edáfica</i>	16
2.5.2.2.	<i>Grupos funcionales de la macrofauna</i>	17
2.1.1.1	<i>Lombriz de tierra (Lumbricidae)</i>	17
2.1.1.2	<i>Principales características de la lombriz (Lumbricus terrestris)</i>	18
2.1.1.3	<i>Grupos principales de lombrices</i>	18
2.1.1.4	<i>Funciones de las lombrices en el suelo</i>	19
2.5.3.	<i>Mesofauna edáfica</i>	20
2.5.3.1.	<i>Función de la mesofauna edáfica</i>	20
2.5.3.2.	<i>Principales grupos de mesofauna</i>	21
2.5.4.	<i>Importancia de la fauna edáfica en la salud y funcionamiento del suelo.</i>	22
2.5.5.	<i>Funciones ecológicas</i>	22
2.5.5.1.	<i>Descomposición de materia orgánica.</i>	23
2.5.5.2.	<i>Ciclos de nutrientes</i>	24
2.5.5.3.	<i>Estructuración del suelo</i>	24
2.5.5.4.	<i>Control biológico de plagas</i>	25
2.5.5.5.	<i>Mejora de la biodiversidad</i>	25
2.5.5.6.	<i>Aireación del suelo</i>	25
2.5.6.	<i>Interacciones biológicas</i>	25

2.5.7.	<i>Importancia de la fauna edáfica para la conservación</i>	26
2.5.8.	<i>Factores que influyen en la pérdida de la biodiversidad del suelo</i>	27
2.5.8.1.	<i>Cambio de uso de la tierra</i>	27
2.5.8.2.	<i>Especies invasoras</i>	27
2.5.8.3.	<i>Pérdida de biodiversidad en superficie</i>	28
2.5.8.4.	<i>Prácticas insostenibles de manejo del suelo</i>	28
2.5.8.5.	<i>Contaminación</i>	28
2.5.8.6.	<i>Cambio Climático</i>	28
2.5.8.7.	<i>Sellado del suelo y urbanización</i>	28
2.5.8.8.	<i>Incendio forestal</i>	29
2.5.8.9.	<i>Degradación de la tierra</i>	29
2.6.	Métodos de muestreo y análisis de la actividad biológica del suelo	29
2.6.1.	<i>Método de Monolitos- Cuadrantes para conteo de lombrices</i>	30
2.6.2.	<i>Embudos Berlese-Tullgren</i>	31
2.6.3.	<i>Interpolación de datos</i>	31
2.6.4.	<i>Mapa de calor o mapa de estimación de densidad de núcleo</i>	32

CAPITULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	33
3.1.	Localización del área de estudio	33
3.2.	Ubicación geográfica del área de estudio	33
3.3.	Caracterización del lugar	34
3.3.1.	<i>Precipitación</i>	34
3.3.2.	<i>Temperatura</i>	34
3.3.3.	<i>Piso altitudinal</i>	34
3.3.4.	<i>Uso del suelo</i>	35
3.4.	Nivel de estudio	35
3.5.	Descripción de enfoque	35
3.6.	Alcance del estudio	36
3.7.	Técnicas de investigación empleadas	36
3.8.	Materiales	36
3.9.	Metodología	37

3.9.1.	<i>Diversidad macrofauna: Monolito-Cuadrante de observación de lombrices</i>	37
3.9.1.1.	<i>Procedimiento</i>	38
3.9.1.2.	<i>Ubicación de monolitos para conteo realizados en cada unidad experimental.</i>	38
3.9.2.	<i>Estudio de mesofauna a través de embudos Berlesse-Tullgren</i>	38
3.9.2.1.	<i>Procedimiento</i>	39
3.9.2.2.	<i>Mapa de unidades experimentales para muestras de mesofauna</i>	40
3.9.3.	<i>Análisis de varianza de un factor</i>	40
3.9.4.	<i>Prueba de Tukey</i>	40
3.9.5.	<i>Diagrama de caja y bigotes</i>	41
3.9.6.	<i>Mapa de interpolación de datos la actividad biológica en el suelo.</i>	41
3.9.7.	<i>Mapa de calor de la actividad biológica en el suelo.</i>	42
3.10.	Instrumentos de investigación empleadas	42
3.10.1.	<i>Fórmula de Shannon</i>	42
3.10.2.	<i>Fórmula de Simpson</i>	43

CAPITULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	44
4.1.	Macrofauna: Método de Monolito para observación y conteo de lombrices.	44
4.1.1.	<i>Diagrama de caja de conteo de lombrices</i>	44
4.1.2.	<i>Agrupación de medias por Tukey el conteo de lombrices</i>	45
4.2.	Mesofuna: Embudos de Berlese-Tullgren	46
4.2.1.	<i>Órdenes presentes en cada unidad experimental</i>	46
4.2.1.1.	<i>Órdenes más representativos en la unidad experimental 1</i>	47
4.2.1.2.	<i>Órdenes más representativos en la unidad experimental 2</i>	48
4.2.1.3.	<i>Órdenes más representativos en la unidad experimental 3</i>	49
4.2.1.4.	<i>Órdenes más representativos en la unidad experimental 4</i>	50
4.2.1.5.	<i>Órdenes más representativos en la unidad experimental 5</i>	51
4.2.1.6.	<i>Órdenes más representativos en la unidad experimental 6</i>	52
4.2.1.7.	<i>Órdenes comunes en todas las muestras</i>	53
4.2.2.	<i>Familias más representativas en cada unidad experimental</i>	54
4.2.2.1.	<i>Familias presentes en la unidad experimental 1</i>	54
4.2.2.2.	<i>Familias presentes en la unidad experimental 2</i>	55
4.2.2.3.	<i>Familias presentes en la unidad experimental 3</i>	56
4.2.2.4.	<i>Familias presentes en la unidad experimental 4</i>	57

4.2.2.5.	<i>Familias presentes en la unidad experimental 5</i>	58
4.2.2.6.	<i>Familias presentes en la unidad experimental 6</i>	59
4.2.3.	<i>Porcentaje total de familias presentes en todas las muestras</i>	60
4.2.4.	<i>Funciones de los órdenes en los ecosistemas</i>	61
4.2.5.	<i>Índices de diversidad en cada UE</i>	62
4.3.	Mapas de la actividad biológica del RVSY	63
4.3.1.	<i>Interpolación de abundancia de lombrices por cada unidad experimental</i>	63
4.3.2.	<i>Hotspot de abundancia de lombrices en cada unidad experimental</i>	64
4.3.3.	<i>Interpolación abundancia de mesofauna</i>	65

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
5.1.	Conclusiones	66
5.2.	Recomendaciones	67

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Clases texturales según el contenido de arena, limo y arcilla.....	8
Tabla 2-2: Funciones y tamaño de los poros en el suelo.....	8
Tabla 2-3: Macro y micronutrientes esenciales para la salud del suelo	12
Tabla 2-4: Clasificación de la fauna edáfica	15
Tabla 2-5: Funciones de la macrofauna edáfica.....	16
Tabla 2-6: Grupos funcionales de la macrofauna	17
Tabla 2-7: Clasificación taxonómica de la Lombriz (<i>Lumbricus terrestris</i>)	18
Tabla 2-8: Características de <i>Lumbricus terrestris</i>	18
Tabla 2-9: Funciones de las lombrices en el suelo.....	19
Tabla 2-10: Funciones de la mesofauna edáfica.	20
Tabla 2-11: Organismos que componen la mesofauna y su función.....	21
Tabla 2-12: Mecanismos de descomposición de materia orgánica por la fauna edáfica	23
Tabla 2-13: Procesos que intervienen en el ciclo de los nutrientes en el suelo.....	24
Tabla 3-1: Materiales de campo.....	36
Tabla 3-2: Materiales para cuadrante de observación y conteo de lombrices.....	37
Tabla 3-3: Materiales para embudo Berlesse.	37

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Triángulo de textura del suelo.....	8
Ilustración 2-2: Biodiversidad del suelo, el mundo oculto bajo nuestros pies.	15
Ilustración 2-4: Red trófica del suelo.	23
Ilustración 2-5: Interacciones biológicas del suelo	26
Ilustración 2-6: La biodiversidad del suelo una solución basada en la naturaleza.	27
Ilustración 2-8: Método de Monolitos- Cuadrantes para conteo de lombrices.....	30
Ilustración 2-9: Embudo de Berlesse-Tullgren.....	31
Ilustración 3-1: Ubicación del refugio de vida silvestre Yankay (área de estudio).....	33
Ilustración 3-2: Mapa de usos del suelo del refugio de vida silvestre Yankay.....	35
Ilustración 3-4: Monolitos para conteo de lombrices realizados en cada unidad experimental	38
Ilustración 3-5: Unidades experimentales para muestras de mesofauna	40
Ilustración 4-2: Agrupación de medias por Tukey del conteo de lombrices	45
Ilustración 4-3: Porcentaje de órdenes más representativos en cada unidad experimental.	46
Ilustración 4-4: Porcentaje de órdenes más representativos en la unidad experimental 1.....	47
Ilustración 4-5: Porcentaje de órdenes más representativos en la unidad experimental 2.....	48
Ilustración 4-6: Porcentaje de órdenes más representativos en la unidad experimental 3.....	49
Ilustración 4-7: Porcentaje de órdenes más representativos en la unidad experimental 4.....	50
Ilustración 4-9: Porcentaje de órdenes más representativos en la unidad experimental 6.....	52
Ilustración 4-10: Órdenes comunes en todas las zonas de estudio	53
Ilustración 4-11: Porcentaje de familias más representativos en la unidad experimental 1.	54
Ilustración 4-12: Porcentaje de familias más representativos en la unidad experimental 2	55
Ilustración 4-13: Porcentaje de familias más representativos en la unidad experimental 3.	56
Ilustración 4-14: Porcentaje de familias más representativos en la unidad experimental 4	57
Ilustración 4-15: Porcentaje de familias más representativos en la unidad experimental 5	58
Ilustración 4-16: Porcentaje de familias más representativos en la unidad experimental 6	59

Ilustración 4-18: Funciones de los órdenes en los ecosistemas.....	61
Ilustración 4-19: Índices de diversidad en cada UE.....	62
Ilustración 4-20: Interpolación de abundancia de lombrices en cada unidad experimental.	63
Ilustración 4-21: Hotspot de lombrices por monolito en cada unidad experimental.....	64
Ilustración 4-22: Interpolación de abundancia de mesofauna en cada unidad experimental	65

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: REALIZACIÓN DE MONOLITOS CUADRANTES PARA CONTEO DE LOMBRICES.

ANEXO B: ANÁLISIS DE DATOS ESTADÍSTICOS DEL CONTEO DE LOMBRICES.

ANEXO C: PUNTOS GPS DE CADA MONOLITO REALIZADO.

ANEXO D: SOLICITUD DE LABORATORIO DE ENTOMOLOGÍA.

ANEXO E: RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO PARA ANÁLISIS DE MESOFAUNA.

ANEXO F: ANÁLISIS DE LABORATORIO PARA RECONOCIMIENTO DE LA MESOFAUNA ACTIVA DE VIDA LIBRE.

RESUMEN

Las Áreas Protegidas constituyen el 20% de la superficie del Ecuador siendo de vital importancia para la protección de recursos biológicos ya que sin las AP no existiría la conservación del biodiversidad del suelo sino se tiene conocimiento sobre la composición de meso y macro fauna no se sabe el papel esencial que estos organismos desarrollan en la zona edáfica, es por esto que el objetivo del presente trabajo de investigación se encargó de analizar la actividad biológica de los suelos en un transecto altitudinal del refugio de vida silvestre Yankay en el cantón Baños, Provincia de Tungurahua. Este análisis se realizó mediante la selección de 6 unidades experimentales en donde se implementó 10 monolitos cuadrantes en cada unidad experimental para obtención de abundancia de lombrices como indicador del salud del suelo y el método de embudos Berlese Tullgren en el cual se recolectó 800gr de masa edáfica de cada unidad experimental para colocarla en los embudos y someter al cambio de gradiente y proceder a realizar el conteo e identificación de mesofauna de vida libre que a través de un estereoscopio se visualizó los tipos de órdenes y familias correspondientes. La abundancia de lombrices en las zonas 1,2,3,4 y 6 remanente de bosque fue saludable ya que se consiguió abundancia de lombrices en estas zonas mientras que en la zona 5 se obtuvo abundancia baja por el uso del suelo. El orden Sarcotiformes fue el más abundante con un 94,28% de presencia en las unidades experimentales siendo la zona 2 el área con más abundancia de este orden, al igual que los órdenes Hymenoptera, Collembola y Mesostigmata los cuales se presentan en suelos saludables. Los sectores conformados por bosque secundario presentaron una media saludable de lombrices al compararse con la zona conformada por pasto en donde la media de lombrices fue baja. La presencia del orden Sarcotiformes en todas las muestras denotan que los suelos aún están sanos y no presentan degradación. Los mapas permitieron delimitar las zonas que se encuentran afectadas por el uso del suelo y las zonas en la que existe buena calidad de actividad biológica en los suelos.

Palabras clave: <REFUGIO DE VIDA SILVESTRE YANKAY (RVSY)>, <MACROFAUNA>, <MONOLITOS>, <MESOFAUNA>, <SARCOPTIFORMES>, <ORIBATIDAE>, <EMBUDOS BERLESE TULLGREN>, <RIO NEGRO>.

0497-DBRA-UPT-2024



ABSTRACT

The Protected Areas constitute 20% of the surface of Ecuador, being of vital importance for the protection of biological resources since without the PAs there would be no conservation of soil biodiversity if there is no knowledge about the composition of meso and macro fauna, it is not known. the essential role that these organisms play in the edaphic zone, which is why the objective of this research work was to analyze the biological activity of the soils in an altitudinal transect of the Yankay wildlife refuge in Baños canton, Province of Tungurahua. This analysis was carried out by selecting 6 experimental units where 10 quadrant monoliths were implemented in each experimental unit to obtain worm abundance as an indicator of soil health and the Berlese Tullgren funnel method, in which 800g of edaphic mass was collected. of each experimental unit to place it in the funnels and subject it to the gradient change and proceed to count and identify free-living mesofauna that, through a stereoscope, the corresponding types of orders and families were visualized. The abundance of worms in zones 1,2,3,4 and 6 remaining forest was healthy since an abundance of worms was achieved in these zones while in zone 5, low abundance was obtained due to land use. The order Sarcoptiformes was the most abundant with a 94.28% presence in the experimental units, zone 2 being the area with the most abundance of this order, as well as the orders Hymenoptera, Collembola and Mesostigmata which occur in healthy soils. The sectors made up of secondary forest presented a healthy average number of worms when compared to the area made up of grass where the average number of worms was low. The presence of the order Sarcoptiformes in all samples denotes that the soils are still healthy and do not show degradation. The maps made it possible to delimit the areas that are affected by land use and the areas in which there is good quality of biological activity in the soils.

Keywords: <YANKAY WILDLIFE REFUGE (RVSY)>, <MACROFAUNA>, <MONOLITES>, <MESOFAUNA>, <SARCOPTIFORMES>, <ORIBATIDAE>, <BERLESE TULLGREN FUNNELS>, <RIO NEGRO>.



Lic. Lorena Hernández A. Mcs

180373788-9

INTRODUCCIÓN

Las Áreas Protegidas (AP) de biodiversidad tienen características únicas y excepcionales, estas se localizan dentro de sectores estratégicos que son considerados como áreas naturales con basta diversidad de flora y fauna, se encuentran sometidas a un sistema de manejo de recursos en los que se establecen objetivos de protección (Tapia, et al., 2017, pág. 299). Alrededor del mundo se reconoce la presencia de 30.000 áreas protegidas, que abarcan una extensión de 13,2 millones de kilómetros cuadrados, representando el 15% de superficie del planeta (Moore, 1993, págs. 30-31).

Las AP de Latinoamérica corresponden al 4.111 que se encuentran dentro de Latinoamérica y el Caribe, poseen una larga historia desde el año 1876, cuando México declaró primera área protegida de Latinoamérica a la reserva forestal Desierto de los Leones (Moore, 1993, págs. 30-31). Desde 1876 se empiezan a crear de manera gradual AP a nivel de Latinoamérica, las cuales estuvieron influenciadas por factores como el crecimiento de los movimientos ambientalistas conservacionistas y el crecimiento población y uso de recursos a nivel mundial (Quintero, 2021, págs. 123-124).

Las AP permiten que las comunidades y la biodiversidad se adapten al cambio climático, estas amortiguan impactos ante eventos climáticos y garantizan el bienestar humano mediante los servicios ecosistémicos que son esenciales para el desarrollo de la vida humana. y la biodiversidad (WWF, 2016). En el Ecuador el SNAP considera que un área protegida se encuentra apta para ser considerada como tal, con la finalidad de proteger y preservar la biodiversidad del área a proteger (Rivas, 2006, págs. 6-7). Ecuador está en el séptimo lugar en Latinoamérica y el 2do en Sudamérica en porcentaje más alto de superficie destinada a la preservación de AP, Actualmente posee 49 AP, las cuales abarcan el 19% de su territorio que es un equivalente a 4'907.609,5 hectáreas (MAATE, 2019).

El refugio de vida silvestre Yankay, ubicado en Baños, provincia de Tungurahua, alberga un ecosistema único y diverso que merece una atención especial para conocer la biodiversidad que posee y determinar actividad biológica del suelo de esta localidad. Sin embargo, a pesar de su relevancia ecológica, el conocimiento actual sobre la actividad biológica de los suelos en la zona es limitado y no posee estudios que lo respalden. Este análisis es esencial para examinar este ecosistema, especialmente en el contexto de la degradación del suelo. Al evaluar la macrofauna y mesofauna edáfica, se puede tomar decisiones informadas sobre la conservación y restauración del suelo del sector en estudio, lo que a su vez tiene un impacto positivo en la

conservación de la biodiversidad edáfica y la mitigación de los efectos del cambio climático (Castro, 2017, pág. 17).

CAPÍTULO I

1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

Las AP al formar el 20% de la superficie del Ecuador son de gran importancia dentro de la protección de los recursos biológicos, sin ellas no existiría la conservación de la biodiversidad del suelo (Rivas, et al., 2019 pág. 93). Si no se tiene conocimiento sobre datos de la macro y mesofauna edáfica no existirá información sobre el papel esencial que tiene la fauna del suelo para el mantenimiento de su estructura, la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes del área de estudio (Perdomo, 2020, págs. 23-24).

El refugio de vida silvestre Yankay, no posee estudios que respalden el estado de salud de la biodiversidad de macro y meso fauna edáfica, es por esto por lo que no se puede conocer como están conformados sus suelos ni el estado de fertilidad en este sector de bosque (ESPOCH, 2023). La ausencia de datos sobre la composición de la biodiversidad edáfica en el refugio de vida silvestre Yankay presenta una oportunidad para iniciar la presente investigación y recopilar información que pueda servir como punto de partida para futuros estudios más detallados y comparativos, ya que ayudarán como base para el diseño de estrategias de manejo sostenible de los suelos, contribuyendo así a la conservación de esta valiosa área protegida y promoviendo su uso sostenible para las generaciones venideras.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Analizar la actividad biológica de los suelos en un transecto altitudinal del refugio de vida silvestre Yankay, Cantón Baños, Provincia de Tungurahua.

1.2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Determinar la cantidad de macroinvertebrados (lombrices) mediante la realización de Monolitos-Cuadrantes para la observación y conteo de lombrices en 6 unidades experimentales seleccionadas.

- ✓ Determinar la mesofauna activa de vida libre en muestras de suelo y hojarasca implementando embudos de Berlese-Tullgren para conteo y categorización taxonómica de la mesofauna edáfica en 6 unidades experimentales seleccionadas.
- ✓ Elaborar un mapa de la actividad biológica del suelo estudiado mediante la implementación de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

1.3 Justificación

Las AP son primordiales para la conservación de la biodiversidad natural de los ecosistemas, ya que estas proporcionan bienes y servicios esenciales para el desarrollo de la vida en el planeta y son de gran importancia científica para proteger la diversidad biológica y ambiental global (MAATE, 2016). En la última década las áreas protegidas en Ecuador están sufriendo una fuerte presión ambiental, la cual es causado por el cambio del uso del suelo de los ecosistemas circundantes y el abastecimiento de recursos necesarios por poblaciones que se sitúan cercanas a las Áreas Protegidas (Estrada, et al., 2021, pág. 3).

El refugio de vida silvestre Yankay es un área de biodiversidad significativa para ayuda a la protección de biodiversidad en Ecuador, esta área es importante ya que se usa para el manejo y conservación forestal que valdrán para próximos estudios de gestión y preservación, ayudando a generar la protección de especies en peligro de extinción que se desarrollan dentro de esta área de relevancia biológica (ESPOCH, 2023). La biodiversidad de meso y macrofauna juega un papel fundamental en los procesos del suelo, y comprender su estado actual es fundamental para tomar decisiones informadas sobre su conservación y gestión sostenible (Sánchez, et al., 2001, págs. 1991-1992).

Los resultados de este estudio son significativos tanto desde un punto de vista científico como práctico, desde una perspectiva científica, ayudarán a ampliar la comprensión de la biodiversidad de la fauna edáfica del suelo y su importancia para la salud del ecosistema (Parra, et al., 2023, pág. 5). Usando un enfoque práctico, los resultados pueden usarse para desarrollar estrategias de suelos sostenibles en el refugio de vida silvestre Yankay para preservar este valioso ecosistema y promuevan el uso responsable para las generaciones futuras y preservación de la biodiversidad (Múgica, 2020, pág. 3). En esta investigación se implementó el método de monolitos para el conteo de lombrices para proporcionar información sobre la salud del suelo y para la mesofauna activa de vida libre se realizó el método de Berlese-Tullgren para conocer los taxones que se desarrollan en el suelo de esta AP y de esta manera conocer el potencial que tiene la investigación para impactar positivamente en la conservación y el desarrollo sostenible

de la región e informar la toma de decisiones en el campo de la gestión de los suelos y la importancia de la biodiversidad edáfica del área de estudio.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Nula

La composición y abundancia de la fauna edáfica no difieren entre los sitios muestreados dentro del refugio de vida silvestre Yankay.

1.4.2 Alterna

La composición y abundancia de la fauna edáfica difieren entre los sitios muestreados dentro del refugio de vida silvestre Yankay.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1. Áreas Protegidas

Las áreas protegidas se establecen como una herramienta valiosa para preservar la biodiversidad, siendo de gran utilidad para políticas de gestión territorial ambiental y protección de la biodiversidad de flora y fauna de un área específica (UICN, 2008, pág. 12). Las áreas protegidas tienen como objetivo primordial y prioritario la protección ambiental, aunque estas no deben ser santuarios intocables para el ser humano, ya que deben establecer vinculación con la sociedad, para su conservación, desarrollo local, educación ambiental y apoyo a las investigaciones sobre la biodiversidad que presentan (Múgica, 2020, pág. 2). Las AP son indicadores de interacción positiva entre la naturaleza y la humanidad, ayudando a impedir la extinción de especies amenazadas, además proporcionando un espacio de protección para la adaptación y evolución ecológica que son muy importantes para luchar contra el rápido aumento del cambio climático (UICN, 2008, pág. 2).

2.1.1. *Las áreas protegidas y la protección del suelo*

Las AP son de importancia global para la protección del suelo, estas son esenciales para conservar los recursos biológicos edáficos y prevenir la erosión de los suelos, la cual causa pérdida de la fertilidad y biodiversidad de la zona edáfica; las AP permiten que se proteja la cubierta vegetal que es primordial para proteger el suelo de la lluvia y el viento (Stolton, et al., 2019, págs. 154-155-156). Las AP se han diseñado exclusivamente para la protección de la biodiversidad de flora y fauna, pero estas no se han implementado para la protección del suelo y la biota que se desarrolla en la zona edáfica, los suelos más ricos en biodiversidad y que proveen servicios ecosistémicos de importancia global no poseen un nivel de protección adecuado, además las AP no son suficientes para proteger la biodiversidad edáfica (EFEverde, 2022).

2.2. El Suelo

El suelo constituye una entidad de origen natural compuesta por diversos elementos, que incluyen sólidos minerales, materia orgánica, líquidos, gases y una variedad de organismos vivos, y está presente en la capa superficial de la tierra, ocupando un espacio definido. Se

distingue por presentar estratos o capas que se modifican con respecto al material original debido a cambios en la incorporación, eliminación, desplazamiento y transformación de energía y sustancias (Soil Survey Staff, 2014). El suelo es un sistema natural altamente complejo en cuanto a sus procesos físicos, químicos y biológicos, estos procesos son esenciales para sostener la vida en los ecosistemas, como los ciclos de nutrientes y el ciclo del agua y, por lo tanto, estos son esenciales para garantizar la supervivencia de la humanidad y la diversidad de vida que prospera sobre el suelo y dentro de él (Hernández, 2019, pág. 43).

2.3. Manejo de suelos

Los sistemas de manejo de suelos se refieren a la utilización efectiva del suelo mediante métodos o estrategias destinadas a producir protección del suelo para evitar su degradación, la utilización eficaz y sostenible de este recurso puede contribuir a contrarrestar los efectos nocivos del deterioro físico, químico y biológico del suelo, y al fomento de la estabilidad política a escala global a largo plazo. (Perales, et al., 2009). El mantenimiento de la biodiversidad en las poblaciones rurales es uno de los objetivos primordiales del manejo del suelo, ya que estas comunidades desempeñan un papel fundamental en la mejora de la fertilidad del suelo a través de diversas acciones, como la incorporación de materia orgánica, aumentando la descomposición mediante organismos los cuales ayudan en procesos del suelo para liberar nutrientes, la mejora de la infiltración del agua y la oxigenación (Cherlinka, 2021).

2.4. Indicadores de la calidad del suelo y la sustentabilidad

La calidad del suelo se define como la habilidad de un suelo particular para cumplir una función dentro de un ecosistema natural o gestionado, con el propósito de promover el crecimiento de plantas y animales, preservar o mejorar la calidad del agua y del aire, así como para salvaguardar la salud y el entorno habitable para los seres humanos (Menta, 2017, pág. 7). Los indicadores de la calidad del suelo se consideran una herramienta de evaluación con datos que proporciona información acerca de las propiedades, procesos y características del suelo. Estos indicadores se emplean para monitorizar el impacto de las prácticas de manejo en el desempeño del suelo en un periodo específico (Ramírez, et al., 2012, pág. 129).

2.4.1. Indicadores físicos

Los indicadores físicos del suelo son herramientas de evaluación para medir las cualidades físicas que posee el suelo, en las que se incluyen su textura, estructura, densidad aparente, la

porosidad, la conductividad hidráulica, la infiltración, entre otras; los indicadores físicos son importante ya que afectan la calidad del agua, la sostenibilidad de los ecosistemas y la salud biológicas de los suelos (Nuñez, et al., 2023, págs. 5-6).

2.4.1.1. Textura del suelo

La textura del suelo hace referencia a la proporción porcentual de las distintas fracciones o partículas elementales que conforman la parte sólida del suelo mineral. Estas fracciones se clasifican en tres conjuntos según su tamaño: arena, limo y arcilla (Aguilar, et al., 2021, pág. 7). La textura del suelo también ejerce influencia en la circulación de flujos de calor, agua y aire tanto dentro como fuera del perfil del suelo (Calderón, et al., 2018, págs. 7-8-9). Los suelos con mayor cantidad de cieno son susceptibles a la erosión, ya que esta la causa el agua, a medida que se avanza en los horizontes del suelo, la textura del suelo experimenta cambios que dependen de la cantidad de partículas inorgánicas presentes en el suelo (Celis, et al., 2020, pág. 6). En la actualidad se implementa el triángulo de textura del suelo para poder determinar con exactitud la textura del suelo en el cual se implica tocar y sentir el suelo para poder determinar la textura a la que corresponde este suelo (Erazo, 2019, pág. 6). La textura del suelo es de gran ayuda al momento de una toma de decisiones para las prácticas de manejo y fertilidad del suelo, en su mayoría las propiedades químicas, físicas y la biodiversidad edáfica depende del tipo de textura del suelo (Gabriels, 2006, pág. 40).

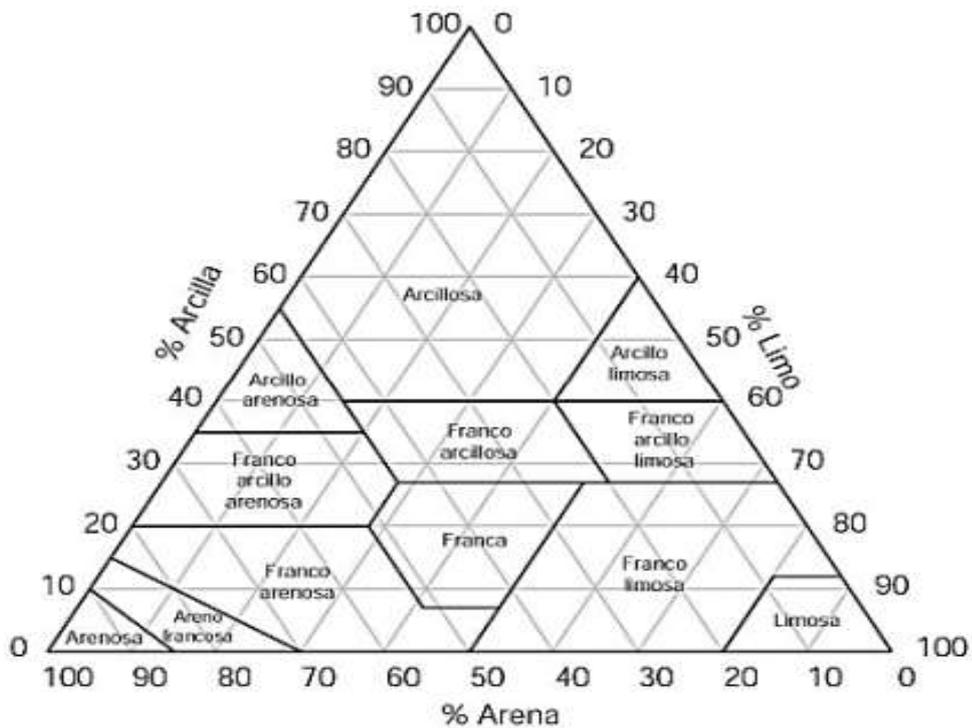


Ilustración 2-1: Triángulo de textura del suelo

Fuente: (Soil Survey Staff, 1975)

Tabla 2-1: Clases texturales según el contenido de arena, limo y arcilla.

Clases texturales	Rango (%) en el contenido de		
	Arena	Limo	Arcilla
Arenosa (a)	100 – 85	15 – 0	10 – 0
Arenosa francosa (aF)	90 – 70	30 – 0	15 – 0
Franco arenosa (Fa)	85 – 43	50 – 0	20 – 0
Franca (F)	52 – 23	50 – 32	27 – 7
Franco limosa (FL)	50 – 0	87 – 50	27 – 0
Limosa (L)	20 – 0	100 – 80	12 – 0
Franco arcillo arenosa (FAa)	80 – 45	28 – 0	35 – 20
Franco arcillosa (FA)	45 – 20	53 – 15	40 – 27
Franco arcillo limosa (FAL)	20 – 0	73 – 40	40 – 27
Arcillo arenosa (Aa)	67 – 45	20 – 0	55 – 35
Arcillo limosa (AL)	20 – 0	60 -40	60 – 40
Arcillosa (A)	45 – 0	40 – 0	100 – 40

Fuente: (Jaramillo, 2002)

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

2.4.1.2. Porosidad

La porosidad del suelo se define como canales donde escurre el agua, los nutrientes, gases, así como los organismos que viven dentro del suelo, provocando la heterogeneidad del suelo. La porosidad del suelo es integral para la matriz del suelo y necesaria para el desarrollo de plantas y la biota que coexiste dentro del suelo (Ofem, et al., 2021, pág. 59). La porosidad del suelo permite el flujo de aire, permite que el aire circule, proporcionando oxígeno a las raíces de las plantas y a los microorganismos del suelo; los poros facilitan que el agua logre penetrar en el suelo y se mueva por él, la correcta porosidad permite exista encharcamiento y mejora la retención de agua en el suelo; además los poros permiten que los organismos tengan un entorno óptimo para su desarrollo y cumplan sus funciones específicas en el suelo (Osorio, et al., 2022, pág. 28).

En relación al tamaño de estos espacios y su continuidad, las funciones y procesos que ocurren en el suelo pueden variar, como se detalla en la tabla 2-2 a continuación:

Tabla 2-2: Funciones y tamaño de los poros en el suelo

Tamaño de los poros (mm diámetro)	Descripción de los poros	Funciones de los poros
< 0.0002	Residual	Retienen agua que las plantas no

Tamaño de los poros (mm diámetro)	Descripción de los poros	Funciones de los poros
		pueden usar
0.0002-0.05	Almacenamiento	Retienen agua que las plantas pueden usar
> 0.05	Transmisión	Permite que el agua drene y que entre aire
> 0.1 a 0.3	Enraizamiento	Permite que las raíces de las plantas penetren libremente
0.5-3.5	Canal de lombrices	Permite que el agua drene y que entre aire
2-50	Nido de hormigas y canales	Permite que el agua drene y que entre aire

Fuente: (Vera, et al., 2022, pág. 6)

Realizado por: Saltos, Néstor, 2024

2.4.1.3. Densidad

La densidad del suelo se refiere a la relación entre la masa y el volumen de una muestra de suelo seco. En el cual se puede expresar la densidad de dos maneras como densidad real la cual se refiere a la densidad de partículas del suelo y la densidad aparente que toma en cuenta la densidad del suelo incorporando las partículas y los poros de la muestra de suelo (Pérez, 2020, pág. 14). La densidad del suelo se expresa típicamente en unidades de masa por unidad de volumen, como (kg/m^3), la densidad de la masa de suelo es importante ya que esta influye en una serie de factores, como la capacidad de retención de agua, la infiltración y la erosión del suelo, además la densidad edáfica viene influenciada por una serie de factores como son la textura, estructura, CMO y contenido de agua en el suelo (Zúñiga, et al., 2018, pág. 185).

2.4.1.4. Capacidad de retención de agua

La CRA que se presenta dentro del suelo, se influencia por varias propiedades tanto químicas como físicas, esta se refiere a la cantidad de agua que puede ser retenida en los poros del suelo, resistiendo la acción de la gravedad, siendo factores determinantes para la CRA la textura, estructura, MO y la presencia de minerales arcillosos (Rattan, 2004, pág. 10). La CRA es necesaria para determinar la disponibilidad de agua para los organismos del suelo, los organismos que se encuentran en la zona edáfica necesitan de agua para poder cumplir su ciclo de vida, permitiéndoles prosperar de manera adecuada, los organismos a poseer un suministro adecuado de agua pueden realizar la descomposición de MO de manera adecuada (Pachés, 2019, pág. 7).

2.4.1.5. Conductividad hidráulica

Esta capacidad se refiere a la habilidad del suelo para permitir el flujo de agua a través él, es fundamental para que exista una buena transferencia de agua en el suelo y está relacionada con los procesos de drenaje, infiltración y el suministro de agua para la biodiversidad vegetal (Rattan, 2004, pág. 11), esta capacidad se expresa en unidades de velocidad (m/s), la Conductividad Hidráulica es importante para que se entiendan los procesos de movilidad del agua dentro del suelo, como la infiltración y drenaje (Hillel, 2003, pág. 145).

2.4.1.6. Profundidad del suelo

La profundidad del suelo es la medida que tiene la capa edáfica formada por los horizontes O, A, B y en la actualidad también se incluye el horizonte C el cual es una formación con poca masa de suelo constituido por material rocoso transcendental para la extracción de nutrientes en las plantas, además que existe una cantidad considerable de actividad biológica dentro del horizonte C la que ayuda a la disgregación de la materia orgánica y a soltar nutrientes dentro de la masa edáfica (FAO, 2023).

2.4.1.7. Temperatura del suelo

La temperatura del suelo es transcendental para el adecuado funcionamiento y desarrollo de la fauna edáfica, por lo que tienden a desaparecer si se encuentran en situaciones de estrés, lo que puede ser relacionado por una baja cobertura vegetal o una exposición prolongada a la radiación solar calentando el suelo y alterando el correcto funcionamiento de la biota edáfica (Cabrera, et al., 2018, pág. 364). La temperatura del suelo genera afecciones a la fauna edáfica, el suelo determina la actividad metabólica que producen los organismos dentro del suelo, además estos necesitan de una temperatura adecuada para poder realizar su ciclo de vida adecuadamente, cuando los suelos poseen temperaturas altas o demasiado bajas no poseen una gran cantidad de biodiversidad de fauna edáfica (Clement, 2022, págs. 5-6).

2.4.2. Indicadores químicos

Los indicadores químicos del suelo son mecanismos esenciales para gestionar los suelos, al comprender estos indicadores se pueden tomar decisiones informadas acerca de la fertilidad de

la zona edáfica, la protección y prevención de este recurso a futuro, estos pueden ser medidos utilizando diferentes variables en conjunto con análisis de laboratorio y espectroscopia (Ramírez, et al., 2019, pág. 22).

2.4.2.1. pH del suelo

La medida de iones H^+ en una solución de masa de suelo da a conocer el nivel de acides o alcalinidad, esta es una de las propiedades más significativa para la salud del suelo, la disponibilidad de nutrientes y la fauna de vida activa que se desarrolla en el suelo, además el pH del suelo puede afectar las propiedades biológicas del suelo de manera significativa haciendo que exista disminución en la actividad biológica del mismo (Pérez, 2020, pág. 15). Según lo expuesto por la FAO (2023) el pH presente en el suelo posee valores de 3,5 considerado como muy ácido y de 9,5 considerados como muy básicos, la actividad de la biota del suelo se pierde en suelos muy ácidos.

El pH presente en el suelo determina la cantidad de nutrientes que puedan obtener los organismos que se desarrollan en el suelo para poder sobrevivir y reproducirse de manera adecuada, los suelos con contenidos demasiado ácidos o demasiado alcalinos son perjudiciales para un funcionamiento óptimo de la fauna edáfica en el suelo (Epelde, et al., 2020, págs. 4-6), suelos con valores ácidos de 6 son perjudiciales para la fauna del suelo, ya que provocan su ralentización, afectando los procesos microbianos en los que actúan como la nitrificación, la cual es el proceso en el que el amonio es convertido en nitrato y además afecta en la fijación de nitrógeno de la atmosfera, hacia el suelo (Soriano, 2018, pág. 6).

2.4.2.2. Contenido de materia orgánica (MO)

El contenido de materia orgánica del suelo (MO) es un componente fundamental que influye en la calidad general del suelo, esta desempeña un papel esencial para la formación de la estructura del suelo, la capacidad de retención de agua, desintoxicación de contaminantes, el secuestro de carbonos y cumple un rol esencial en el ciclo de los nutrientes suministrando energía a la fauna edáfica del suelo (Barrezueta, et al., 2020, pág. 26).

La MO proporciona y libera los nutrientes importantes que se unen a las partículas minerales entre sí para crear las condiciones idóneas para que las raíces de plantas y la fauna edáfica del suelo respiren de forma adecuada, absorban agua y nutrientes, el humus es una forma estable de MO que se produce por las interacciones de la fauna edáfica del suelo, retiene agua y nutrientes,

previene la erosión del suelo. Por lo tanto, para un manejo sostenible del suelo, es fundamental fomentar la actividad de la fauna edáfica y mantener o añadir una cantidad adecuada de materia orgánica (Silva, 2020, pág. 14).

2.4.2.3. Contenido de nutrientes

La cantidad de nutrientes presentes en el suelo determina la fertilidad que puede poseer el suelo, los nutrientes son esenciales para el desarrollo y crecimiento de biota presente en el suelo, la cantidad de alimento que posean los organismos del suelo depende la cantidad de nutrientes disueltos en la masa edáfica, la cantidad de nutrientes que se pueden encontrar en el suelo depende del tipo de suelo, el clima y la actividad biológica (Pinos, 2022, págs. 22-23).

Tabla 2-3: Macro y micronutrientes esenciales para la salud del suelo

Macronutrientes	Micronutrientes
Carbono (C)	Hierro (Fe)
Hidrógeno (H)	Zinc (Zn)
Oxígeno (O)	Manganeso (Mn)
Nitrógeno (N)	Boro (B)
Fósforo (P)	Cobre (Cu)
Potasio (K)	Molibdeno (Mo)
Calcio (Ca)	Cloro (Cl)
Magnesio (Mg)	
Azufre (S)	

Fuente: (FAO, 2023)

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

2.4.2.4. Conductividad eléctrica (CE)

La CE del suelo es la cantidad de sales disueltas, la CE siempre está presente en el suelo, es por esto que puede ser baja la CE pero no puede ser cero y esta puede variar dependiendo la cantidad de sales que se encuentren disueltas en el suelo, las sales presentes en el suelo son de utilidad para vegetación y la fauna edáfica que coexiste en el suelo, estas son utilizadas por las plantas para la absorción de agua y nutrientes, mientras que los organismos del suelo utilizan las sales como método para obtener energía (Cremona, et al., 2020, pág. 6). Los terrenos con una CE inferior a 4 dS/m se clasifican como poco salinos, aquellos con una CE entre 4 y 8 dS/m se consideran moderadamente salinos, y los suelos con una CE superior a 8 dS/m se catalogan como altamente salinos (González, et al., 2019, pág. 15).

La CE afecta a los taxones presentes en el suelo ya que esta se encarga de la disponibilidad de agua, ya que los suelos con una alta CE pueden dificultar en la disponibilidad de agua para los organismos edáficos porque las sales presentes en la zona edáfica compiten con el agua por sitios de unión en el suelo (Alonso, et al., 2022, pág. 82). La CE alta afecta en las funciones metabólicas del suelo, ya que estos necesitan un ambiente adecuado de sales para su metabolismo, ya que las concentraciones elevadas de sales ralentizan el crecimiento y la reproducción de los organismos edáficos, los suelos con CE alta albergan una biodiversidad edáfica menos a los suelos con baja CE (Pachacama, 2023, pág. 78).

2.4.2.5. Relación C/N

La relación que existe entre los elementos carbono (C) y nitrógeno (N) son esenciales para la composición de la materia orgánica del suelo. Estos elementos cumplen un rol fundamental en la calidad del suelo, ayudando a mejorar su estructura, los nutrientes disponibles, la retención de agua en el suelo y que la fauna edáfica pueda desarrollarse de forma adecuada (Cantú, et al., 2022, pág. 83). Sin embargo, la cantidad de C y N que se convierte en MO dentro del suelo depende de varios factores como la interacción mineral del suelo que ayuda a producir MO de la descomposición animal y vegetal, la cantidad de C y N en el suelo se encuentra subordinada por la calidad del material vegetal predominante, el cual desempeña rol esencial para el desarrollo de organismos en el suelo porque estos necesitan nitrógeno para sus funciones vitales (Di Geronimo, et al., 2018, págs. 12-13).

2.4.2.6. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

El número de cargas negativas en los complejos arcillosos del suelo, en donde se pueden retener cationes, se expresa mediante la CIC (Bueno, et al., 2022, págs. 8). La CIC se conoce como una propiedad química que determina la fertilidad que existe en el suelo, Técnicamente, mientras mayor sea la cantidad de cationes que el suelo pueda almacenar, mayor será la CIC, esta propiedad depende mucho del humus y las arcillas presentes en el suelo y de igual manera se encuentra relacionada con la fauna edáfica ya que si disminuyen los organismos del suelo, habrá una disminución de la CIC (Bueno, et al., 2019, págs. 10-11).

2.4.3. Indicadores biológicos

Las bacterias, protozoo, hongos y otros invertebrados forman parte de la biodiversidad que existe dentro del suelo, estos cumplen un rol fundamental dentro del suelo ya que ayudan en la

producción de alimentos necesarios para la vegetación, de igual manera forman parte de los ciclos del carbono y en la disponibilidad de nutrientes del suelo (Pérez, 2020, pág. 14). Los indicadores biológicos son una herramienta esencial para evaluar la salud del suelo, comprendiendo la actividad biológica como medidas para mejorar la salud y realizar medidas de protección en el suelo en estudio para las generaciones futuras (Anicama, et al., 2021, pág. 10).

2.4.4. Biodiversidad del suelo

Los organismos del suelo, reconocidos como biodiversidad edáfica, cumplen roles fundamentales dentro de la salud del suelo y los ecosistemas, estos son los encargados de realizar funciones esenciales para el balance óptimo de la salud del suelo en general, ayudan al ciclo de nutriente, la modificación de la materia orgánica, retienen carbono en el suelo y los gases de efecto invernadero, modifican la estructura y el agua que discurre en la masa de suelo (Lema, 2016, pág. 4). La biodiversidad del suelo tiene dependencia con el tipo de suelo, el clima donde se encuentre y la actividad humana dentro de la zona, los suelos ricos en materia orgánica poseen mayor diversidad de organismos, mientras que los suelos que tienen baja cantidad de materia orgánica poseen niveles bajos de biodiversidad (Gómez, et al., 2020, págs. 60-61). La biodiversidad edáfica es esencial y valiosa para proteger el buen funcionamiento de los ecosistemas, lo que pueden afectar al crecimiento de la vegetación, la calidad de agua y el control de plagas (Ruiz, et al., 2022, pág. 20).



Ilustración 2-2: Biodiversidad del suelo, el mundo oculto bajo nuestros pies

Fuente: (FAO, 2023)

2.5. Fauna edáfica

La fauna edáfica se refiere al grupo de organismos que viven en el interior del suelo o ya puede ser sobre la superficie del suelo, las hojarascas y troncos caídos que se encuentran en descomposición, estos son primordiales para el funcionamiento de los ecosistemas ya que desempeñan funciones esenciales en los procesos de reciclaje de nutrientes, relaciones simbióticas con la vegetación, aireación del suelo, y en la descomposición de la materia orgánica (Cabrera, et al., 2022, pág. 2).

2.5.1. Clasificación de la fauna edáfica.

La fauna edáfica se clasifica según su tamaño en:

Tabla 2-4: Clasificación de la fauna edáfica

Clasificación	Tamaño	Funciones
Macrofauna	> 2mm de diámetro	regulación de proceso edáficos, funcionamiento y equilibrio de los ecosistemas.
Mesofauna	Entre 0,2 a 2 mm	descomposición del material vegetal, el ciclo de

		nutrientes, formación y humedad del suelo, regulación de la erosión
Microfauna	< 0,2 mm de diámetro	mineralización de nutrientes, descomposición de la materia orgánica, degradación de tóxicos y regulación de agentes patógenos.

Fuente: (Chamorro, 2022, págs. 25-26-27)

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

2.5.2. *Macrofauna edáfica*

Los organismos que presentan un diámetro mayor a 2 mm son considerados parte de la macrofauna edáfica, estos son observables a simple vista y están encargados de efectuar cambios físicos notorios en el suelo, y en ciertos casos cambios químicos (Guevara, 2020, pág. 16). Estos organismos cumplen una función vital en la salud del suelo, debido a que cumplen la función de mantener la estructura, consistencia, el movimiento y retención de agua, intercambio gaseoso y se encarga de conservar las propiedades químicas y nutricionales del suelo (Pozo, 2020, págs. 2-3)

2.5.2.1. *Función de la macrofauna edáfica*

La macrofauna del suelo juega un papel significativo en el ecosistema del suelo, ya que desempeña una serie de funciones, estas se encuentran descritas en la tabla 2-5:

Tabla 2-5: Funciones de la macrofauna edáfica

Función	Descripción
Agregación y estructura del suelo	La macrofauna edáfica como lombrices, milpiés y escarabajos, mantienen la estructura del suelo cuando forman agregados. Estos optimizan la porosidad del suelo, lo que favorece el drenaje, la aireación y el intercambio de gases.
Textura y consistencia del suelo	Contribuyen a regenerar la textura y consistencia del suelo haciendo que no se compacte, lo que facilita al crecimiento de la vegetación.
Movimiento y retención del agua	Realizan la función de retener agua y mover el agua a través del suelo creando túneles que ayudan al escurrimiento del agua.
Intercambio gaseoso	Mejoran el intercambio de gases dentro del suelo ya que facilitan el traspaso de oxígeno y dióxido de carbono por los túneles que crean dentro del suelo.
Propiedades químicas y nutricionales del suelo	Contribuyen a mejorar la calidad de las propiedades químicas y nutricionales del suelo,

	mineralizando la materia orgánica y liberando nutrientes.
--	---

Fuente: (Wall, et al., 2023, págs. 1-24)

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

2.5.2.2. Grupos funcionales de la macrofauna

Tabla 2-6: Grupos funcionales de la macrofauna

Nombre común	Grupo taxonómico reconocido (Clase, Orden o Familia)	Grupo funcional
Lombrices de tierra	Orden: Haplotaxida Familia: Megascolecidae Especie: Polypheretima, Onychochaeta elegans	Detritívoros
Babosas y caracoles	Familia Subulinidae Especie: Subulina octona	Detritívoros Depredadores
Cochinillas	Orden: Isopoda Familia Trachelipidae	Detritívoros
Milpiés	Clase: Diplopoda	Detritívoros
Ciempíes	Clase: Chilopoda	Depredadores
Arañas	Orden: Araneae	Depredadores
Arañas patonas	Orden: Opiliones	Depredadores
Falsos escorpiones	Orden: Pseudoscorpionida	Depredadores
Cucarachas	Clase: Insecta Orden: Dictyoptera	Detritívoros Herbívoros Omnívoros
Escarabajos	Clase: Insecta Orden: Coleoptera	Detritívoros Herbívoros Depredadores
Tijeretas	Clase: Insecta Orden: Dermaptera	Detritívoros Depredadores
Moscas y mosquitos	Clase: Insecta Orden: Diptera	Detritívoros Depredadores
Chinches y salta hojas	Clase: Insecta Orden: Hemiptera	Herbívoros
Hormigas	Clase: Insecta Orden: Hymenoptera	Omnívoros Depredadores
Termitas o comejenes	Clase: Insecta Orden: Isoptera	Detritívoros
Mariposas y orugas	Clase: Insecta Orden: Lepidoptera	Herbívoros
Grillos y saltamontes	Clase: Insecta Orden: Orthoptera	Herbívoros

Fuente: (Lema, 2016, págs. 10-11)

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

2.1.1.1 Lombriz de tierra (*Lumbricidae*)

Las lombrices de la zona edáfica se consideran ingenieros de los ecosistemas. Estas son las encargadas de cambiar la estructura edáfica y crear nuevos hábitats para otras especies. Estas

especies están presentes en suelos sanos y equilibrados, donde son las encargadas de alimentarse de la MO, degradarla y ayudan en la descomposición de los nutrientes en el suelo (Gutiérrez, et al., 2019).

Tabla 2-7: Clasificación taxonómica de la Lombriz (*Lumbricus terrestris*)

Reino	Animal
Subreino	Eumetazoa
Filo	Anelida
Clase	Oligochaeta
Orden	Haplotaxida
Familia	Lumbricidae
Género	Lumbricus
Nombre científico	<i>Lumbricus terrestris</i>

Fuente: (Barba, 2021, pág. 4)

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

2.1.1.2 Principales características de la lombriz (*Lumbricus terrestris*)

Las lombrices de tierra poseen un cuerpo cilíndrico con una sección transversal circular. La cabeza de la lombriz posee un aparato bucal succionado que utiliza para poder alimentarse, el cuerpo se encuentra recubierto de vellosidades que le ayudan en su movilidad por el suelo (Ramírez, 2021, pág. 88). En la tabla 2-8 se presenta las características principales de la lombriz (*Lumbricus terrestris*):

Tabla 2-8: Características de *Lumbricus terrestris*

<i>Lumbricus terrestris</i>	
Tamaño	4 – 30 cm
Peso medio adulto	0,5 g
Tiempo de maduración	28 – 30 días
Descendientes por capullo	2,5 – 3,8
Ciclo de vida óptimo	45 – 51 días

Fuente: (Barba, 2021, pág. 4)

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

2.1.1.3 Grupos principales de lombrices

Las lombrices de tierra prestan diferentes servicios a los ecosistemas, estos dependen del tipo de lombriz que se encuentre en el sistema del suelo, dentro del suelo se pueden clasificar en 3 grupos (Parra, et al., 2023 pág. 12).



Ilustración 2-3: Los 3 grupos principales de lombrices

Fuente: (Parra, et al., 2023 pág. 12)

2.1.1.4 Funciones de las lombrices en el suelo

Las lombrices de tierra son importantes para el ecosistema del suelo, ayudan a airear el suelo al realizar excavaciones dentro de él formando galerías, lo que es beneficioso para el paso de oxígeno y agua dentro del suelo, además ayudan a descomponer la materia orgánica, lo que libera nutrientes dentro del suelo (Davila, et al., 2019, págs. 5-6). En la tabla 2-9 se detalla las funciones que cumplen las lombrices en el suelo:

Tabla 2-9: Funciones de las lombrices en el suelo

Función	Descripción
Agregación del suelo	Forman agregados en el suelo, mejorando la estructura, textura y porosidad del suelo, lo que facilita el drenaje, la aireación y el intercambio de gases.
Degradación de la materia orgánica	Facilitan la descomposición de la materia orgánica presente en el suelo, liberando nutrientes esenciales que son disponibles para las plantas.
Movimiento y retención del agua	Ayudan a mover y retener el agua en el suelo, lo que reduce la erosión.
Regulación de la temperatura	Regulan la temperatura del suelo, ya que absorben el calor

	del sol y lo liberan durante la noche.
Mejoran la calidad del suelo	Mejoran la estructura, textura, porosidad, drenaje, aireación, intercambio de gases, fertilidad, disponibilidad de nutrientes y resiliencia del suelo. Estos factores, a su vez, influyen en el crecimiento de las plantas, la retención de agua, la infiltración de nutrientes y la reducción de la erosión.
Protegen la biodiversidad	Proporcionan alimento y refugio a otros organismos del suelo, como los insectos, los hongos y las bacterias.
Contribuyen al ciclo de los nutrientes	Las lombrices de tierra contribuyen al proceso de descomposición de la materia orgánica del suelo, lo que resulta en la liberación de nutrientes para las plantas.

Fuente: (Briones, 2023, págs. 14-15)

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

2.5.3. *Mesofauna edáfica*

Los organismos que poseen un tamaño que oscila entre 0,1 y 2 mm de diámetro, están confirmados en gran parte por ácaros, colémbolos y pequeños miriápodos, que generalmente son abundantes y diversos dentro del suelo, estos organismos no pueden cavar túneles en el suelo por lo que viven en los poros edáficos (Nicosia, et al., 2019, pág. 73). Este grupo de organismos cumplen un rol fundamental en los procesos que ocurren en el suelo, estos taxones son sensibles a cambios que se den en la zona edáfica es por esto por lo que son esenciales para monitorear la salud edáfica y de las AP, por lo que permite conocer el estado de conservación en el que se encuentre un hábitat (Velázquez, et al., 2019, pág. 79). Estos organismos interactúan entre sí para crear relaciones complejas entre las plantas, cumpliendo un rol fundamental para la sostenibilidad de los ecosistemas con los que se relacionan estos organismos edáficos (Chávez, et al., 2019, pág. 209).

2.5.3.1. *Función de la mesofauna edáfica*

La mesofauna del suelo es el conjunto de taxones que cumplen un rol esencial en los procesos de la zona edáfica, a continuación, en la tabla 2-10, se describe sus funciones importantes:

Tabla 2-10: Funciones de la mesofauna edáfica.

Función	Descripción
Fragmentación de la materia orgánica	La mesofauna se encarga de descomponer la materia orgánica muerta, lo que resulta en la liberación de nutrientes disponibles para el aprovechamiento de las plantas. La mesofauna fragmenta la materia orgánica muerta en trozos

	más pequeños, lo que facilita su descomposición por otros organismos del suelo, como las bacterias y los hongos.
Descomposición de residuos animales	Los organismos de la mesofauna descomponen los residuos animales, liberando nutrientes y reduciendo la carga de materia orgánica. La mesofauna se alimenta de una amplia variedad de residuos animales, incluyendo excrementos, cadáveres y restos de animales muertos.
Control de plagas	Los organismos de la mesofauna pueden controlar las poblaciones de plagas, depredando sobre ellas o compitiendo por los recursos. La mesofauna se alimenta de una amplia variedad de plagas del suelo, incluyendo insectos, nematodos y hongos.
Aireación del suelo	Los organismos de la mesofauna excavan túneles en el suelo, lo que ayuda a mejorar la aireación y el drenaje. Los túneles excavados por la mesofauna facilitan la circulación de aire y agua en el suelo, lo cual es crucial para el desarrollo de las plantas.

Fuente: Castellanos, et al., 2021, pág. 306)

Realizado por: Nestor, Saltos, 2024

2.5.3.2. Principales grupos de mesofauna

En la tabla 2-11 contiene los taxones que son parte de la mesofauna del suelo y se detalla su función en la zona edáfica:

Tabla 2-11: Organismos que componen la mesofauna y su función.

Organismo	Función
Ácaros	Fragmentación de la materia orgánica, descomposición de residuos animales, control de plagas
Colémbolos	Fragmentación de la materia orgánica, descomposición de residuos animales, aireación del suelo
Diplópodos	Fragmentación de la materia orgánica, descomposición de residuos animales, aireación del suelo
Isópodos	Fragmentación de la materia orgánica, descomposición de residuos animales, aireación del suelo
Enquitréidos	Fragmentación de la materia orgánica, descomposición de residuos animales, aireación del suelo
Nematodos	Fragmentación de la materia orgánica, descomposición de residuos animales, control de plagas

Oligoquetos	Fragmentación de la materia orgánica, descomposición de residuos animales, aireación del suelo
Gusanos de seda	Fragmentación de la materia orgánica, descomposición de residuos animales, aireación del suelo

Fuente: (Castellanos, et al., 2021, pág. 306)

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

2.5.4. Importancia de la fauna edáfica en la salud y funcionamiento del suelo.

El suelo es un ecosistema complejo en el cual coexisten gran variedad de organismos vivos, desde pequeños hongos hasta organismos más grandes como las lombrices los cuales se encargan de descomponer la materia orgánica del suelo, ayudando a liberar nutrientes para que puedan ser utilizados por otros organismos, además mantienen libre el suelo de plagas, insectos, nematodos que puedan ser perjudiciales para el correcto funcionamiento del suelo, generan una estructura adecuada en el suelo generando espacios para el aire y agua y mantienen el equilibrio de la zona edáfica y las plantas que necesitan de estos organismos para poderse desarrollar adecuadamente (Machado, et al., 2020, pág. 29).

2.5.5. Funciones ecológicas

La fauna del suelo desempeña un papel crucial en la salud del suelo y la funcionalidad de los ecosistemas terrestres al descomponer la MO, lo que contribuye a mejorar la estructura del suelo, reciclar los nutrientes y cumplir el rol de controlar las plagas. Siendo esenciales y beneficiosas para el suelo dentro de las AP y los ecosistemas en general, la presencia de los organismos edáficos ayuda en la biodiversidad de los ecosistemas en su totalidad, ya que genera interacciones entre diferentes especies edáficas y otros organismos que depende de estos para sustentar la salud de los ecosistemas (Murillo, et al., 2019, pág. 24).

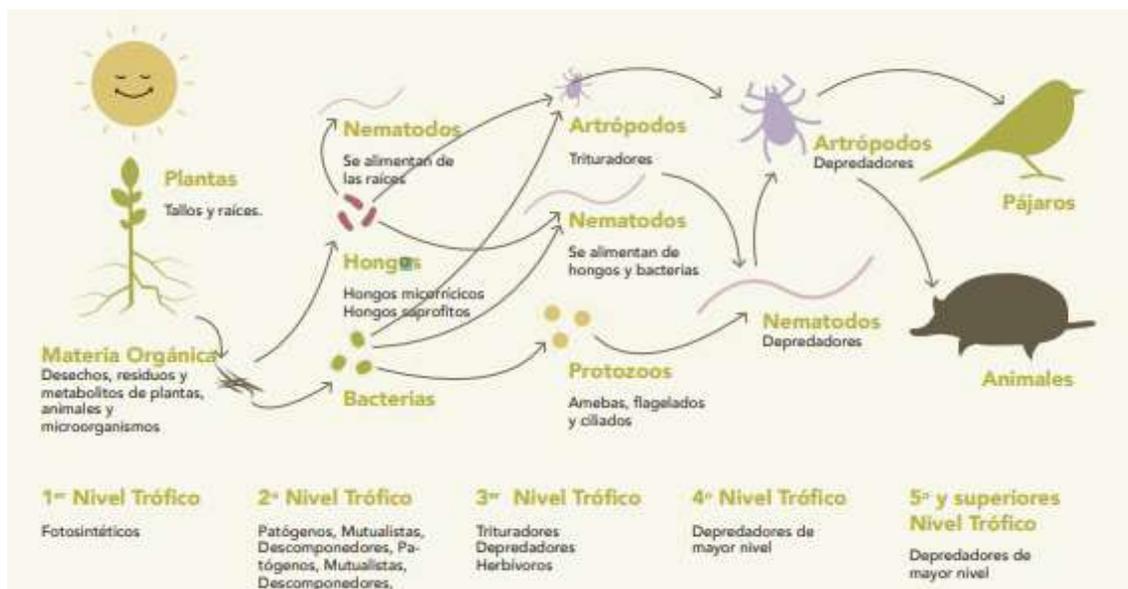


Ilustración 2-4: Red trófica del suelo

Fuente: (USDA, 2020)

2.5.5.1. Descomposición de materia orgánica.

La fauna edáfica cumple un rol esencial en la putrefacción de la materia orgánica del suelo. Los organismos presentes en la fauna edáfica trituran la materia orgánica muerta en trozos pequeños, lo que permite su descomposición por otros organismos del suelo, como las bacterias y los hongos (Matienzo, et al., 2015, pág. 55).

Los principales mecanismos de descomposición de la materia orgánica por la fauna edáfica se especifican en la tabla 2-12:

Tabla 2-12: Mecanismos de descomposición de materia orgánica por la fauna edáfica

Mecanismo	Definición
Fragmentación	Los organismos de la fauna edáfica fragmentan la materia orgánica muerta en trozos más pequeños, lo que facilita su descomposición por otros organismos del suelo.
Ingestión	Algunos organismos de la fauna edáfica, como las lombrices de tierra, se alimentan de materia orgánica muerta. Al ingerir la materia orgánica, estos organismos la descomponen en su interior.
Secreción de enzimas	Algunos organismos de la fauna edáfica, como los hongos, secretan enzimas que descomponen la materia orgánica.

Fuente: (Matienzo, et al., 2015, pág. 55)

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

2.5.5.2. Ciclos de nutrientes

El ciclo de nutrientes es el movimiento de los nutrientes entre los componentes de un ecosistema, el ciclo de los nutrientes en el suelo se mueve entre la MO, las plantas y los organismos edáficos, el ciclo de los nutrientes inicia en la descomposición de la materia orgánica por parte de la vegetación, al morir generan MO que se descompone por la fauna edáfica. Los organismos edáficos son los encargados de realizar la descomposición de los componentes básicos, como el carbono (C), nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). El ciclo de los nutrientes es un proceso primordial y continuo para el buen funcionamiento de la cadena trófica (Aguirre, et al., 2021, pág. 95).

Dentro de la tabla 2-13 se especifican los principales procesos que ocurren en el ciclo de los nutrientes en la zona edáfica:

Tabla 2-13: Procesos que intervienen en el ciclo de los nutrientes en el suelo

Proceso	Definición
Producción de materia orgánica	A través del proceso de fotosíntesis, las plantas generan materia orgánica.
Descomposición de la materia orgánica	Los organismos del suelo descomponen la materia orgánica en sus componentes elementales.
Absorción de nutrientes por las plantas	Los organismos del suelo descomponen la materia orgánica en sus componentes básicos para empezar nuevamente con el ciclo.

Fuente: (Aguirre, et al., 2021, pág. 95).

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

2.5.5.3. Estructuración del suelo

La estructuración del suelo es la manera en la que las partículas del suelo se agrupan y forman agregados, éstos son importantes ya que proporcionan una estructura porosa la cual permite que exista una correcta circulación de aire, buena retención de nutrientes, resistencia a la erosión y escorrentía de agua a través de los poros (Morochó, et al., 2019, págs. 96-97). Los organismos edáficos se encargan de excavar túneles en el suelo, creando poros a su paso mejorando significativamente la estructuración del suelo, la salud y estructura del suelo son esenciales para el mantenimiento de la fertilidad y la sostenibilidad de los ecosistemas terrestres (Brown, et al., 2023, págs. 8-9).

2.5.5.4. Control biológico de plagas

La fauna edáfica cumple con la función de regular naturalmente las plagas dentro del suelo, controlando las poblaciones de organismos que pueden ser perjudiciales para los taxones de importancia para el desarrollo saludable del suelo, mantienen el equilibrio y limitan la proliferación de plagas, ayudando a mantener saludable la biodiversidad del suelo, el control biológico mediante la fauna edáfica puede ser utilizado como una técnica ecológica y sostenible para mejorar la calidad del suelo, beneficiando a los ecosistemas (Camacho, 2020, págs. 19-20).

2.5.5.5. Mejora de la biodiversidad

La fauna edáfica alberga millones y millones de especies, se puede considerar a los suelos como los ecosistemas más biodiversos, además que la biología del suelo es un componente vital para el desarrollo saludable de los ecosistemas, los diferentes taxones presentes en el suelo cumplen con funciones específicas que ayudan al suelo a mantenerse saludable, nutriendo al suelo y mejorando las interacciones que se producen dentro del él entre plantas, animales y entre los mismos organismos que se encuentran coexistiendo dentro del suelo, sin estas interacciones en el suelo, la vida tal como la conocemos en la tierra no sería posible, por eso es importante preservar y proteger la salud biológica que se encuentra dentro de la zona edáfica (UNCCD, 2018, págs. 194-195).

2.5.5.6. Aireación del suelo

La fauna edáfica es esencial para que exista aireación dentro del suelo, esta se encarga de crear túneles para el paso de aire y el desarrollo de los organismos más pequeños, de igual manera se encargan de mover partículas ayudando a romper los grandes cúmulos de tierra, lo que permite que el oxígeno y el agua pasen por el suelo de forma adecuada, también se encargan que la materia orgánica del suelo se degrade en partículas más pequeñas dentro del suelo para que el aire pueda fluir adecuadamente, la aireación es primordial para que exista un buen desarrollo en la vegetación que se beneficia de la simbiosis que crea con la fauna edáfica al mantener la aireación constante del suelo (Cabrera, et al., 2022, págs. 5-6).

2.5.6. Interacciones biológicas

La fauna edáfica constituye un conjunto de organismos que se relacionan entre sí de distintas maneras, sus interacciones pueden ser positivas como negativas, ambas partes obtienen un

beneficio siendo complejas y variadas, siendo importante estas interacciones para el funcionamiento óptimo del suelo y de los ecosistemas (Ramos, 2018, pág. 6).

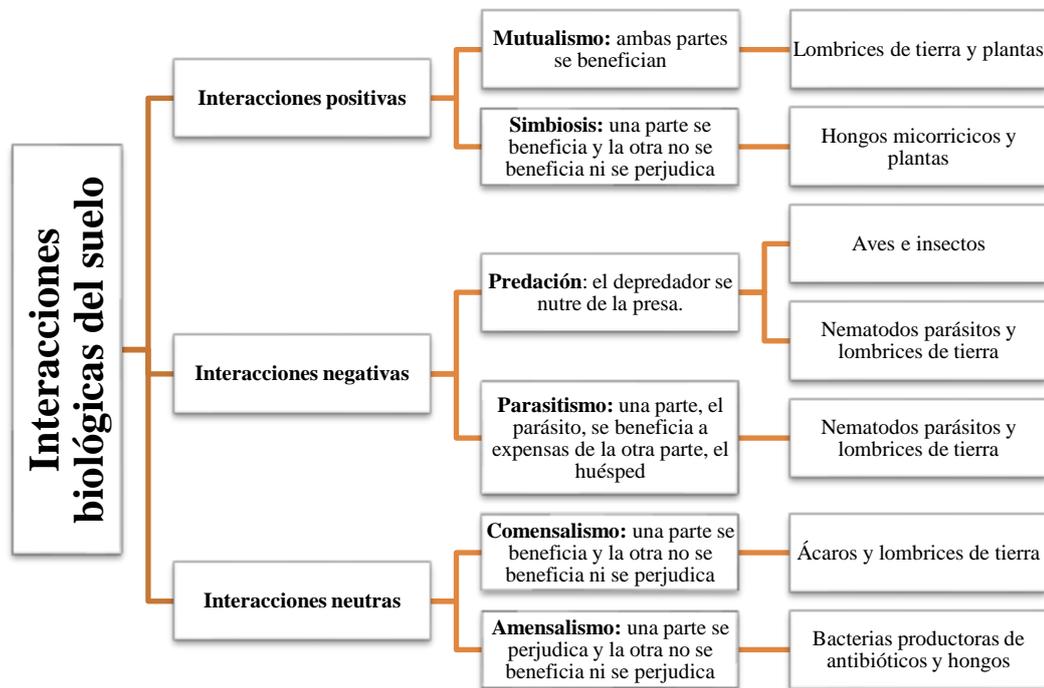


Ilustración 2-5: Interacciones biológicas del suelo

Fuente: (Casas, et al., 2020, págs. 33-34-35)

2.5.7. *Importancia de la fauna edáfica para la conservación*

La preservación y el monitoreo de la biología del suelo permite que se garantice la efectividad y sostenibilidad a largo plazo de las áreas protegidas, creando áreas de protección no solo para vegetación y fauna, sino también enfocadas en la protección de la biodiversidad del suelo, se beneficiaría directa e indirectamente a la salud de los ecosistemas, conservando gran cantidad de taxones que se encuentran en la zona edáfica se permite que los organismos desarrollen procesos que son esenciales para el sostenimiento de la vida en la tierra tal y como la conocemos (Aguirre, 2021, págs. 4-5-6). La fauna edáfica es esencial para el mantenimiento de la cadena trófica de todos los ecosistemas, su pérdida tendría un efecto dominó en todas las especies de flora y fauna terrestre, se deterioraría la fertilidad y estructura de los suelos haciendo que el suelo pierda sus capacidades naturales para crear vida y sostén para la vegetación y aumentaría la erosión, haciendo que el suelo se vuelva incapaz de almacenar carbono dentro de él (Muñoz, et al., 2021 págs. 4-5-6).



Ilustración 2-6: La biodiversidad del suelo una solución basada en la naturaleza

Fuente: (FAO, 2023)

2.5.8. Factores que influyen en la pérdida de la biodiversidad del suelo

Las AP no están exentas de daños en el cambio del uso de la zona edáfica, ya que estas sufren presión de la extensión de la frontera agrícola, la pérdida de la biodiversidad edáfica la dan diferentes factores, algunos por actividades antropogénicas y cambios en el uso del suelo, donde se convierten de ecosistemas naturales en tierras deforestadas y amenazadas por la erosión (Sahagún, et al., 2018, pág. 7).

2.5.8.1. Cambio de uso de la tierra

La deforestación de zonas protegidas o áreas circundantes a ellas afecta el suelo y la fauna edáfica, destruyendo los hábitats en los que se desarrolla la biodiversidad del suelo, además el pastoreo y la agricultura circundante a las zonas protegidas puede causar compactación del suelo, causando que los taxones edáficos tengan dificultad para respirar adecuadamente, en consecuencia, las actividades antrópicas pueden dañar los organismos del suelo al introducir contaminantes perjudiciales (Reyes, et al., 2022, pág. 54).

2.5.8.2. Especies invasoras

Las especies introducidas pueden dañar la dinámica natural que existe entre los ecosistemas y la fauna edáfica, alterando el dinamismo y la simbiosis, creando competencia entre las especies nativas y los organismos que han sido introducidos, algunas especies pueden compactar el suelo, causando dificultad para respirar a la fauna edáfica (Pérez, 2020, pág. 186).

2.5.8.3. Pérdida de biodiversidad en superficie

Las especies en la superficie del suelo son aportadoras de MO, sin ellas se afectarían las interacciones simbióticas entre la fauna edáfica y la flora, afectando el intercambio de nutrientes, la pérdida de taxones en la superficie afectaría la resiliencia de los ecosistemas y las relaciones complejas de la superficie y el suelo para adaptarlo, causando la integridad y funcionalidad de los ecosistemas en la tierra (Mateo, 2023, pág. 10).

2.5.8.4. Prácticas insostenibles de manejo del suelo

Las practicas insostenibles que se realizan en la actualidad son efectos negativos acumulativos y sinérgicos los cuales dañan la estructura física del suelo causando la perdida de las capacidades naturales que tiene el suelo para generar vida en él y sobre él, haciendo que los ecosistemas se fracturen y colapsen, volviéndolos más frágiles (Galloza, et al., 2020, pág. 9).

2.5.8.5. Contaminación

La contaminación del suelo se puede dar de diferentes maneras, las cuales afectan a una amplia variedad de taxones que realizan procesos fundamentales para la salud correcta de los ecosistemas terrestres, la presencia de contaminantes químicos por ejemplo daña la fauna del suelo, disminuyendo su abundancia y diversidad necesaria para la salud de los ecosistemas, ya que estos dependen directamente de la salud de la fauna edáfica (Pérez, 2020, pág. 190).

2.5.8.6. Cambio Climático

El aumento de temperatura afecta a la vida normal de la fauna edáfica, causando efectos en sus tiempos de reproducción, la actividad metabólica y el comportamiento normal de la fauna edáfica, además pueden generar cambios en su distribución geográfica, también afecta e la disponibilidad de agua esencial para la supervivencia de la fauna del suelo (Pérez, 2020, pág. 191).

2.5.8.7. Sellado del suelo y urbanización

El sellado de la masa edáfica por la construcción de edificios, carreteras u otras infraestructuras, destruye la fauna que se encuentra en el suelo, alterando las condiciones del suelo, disminuyendo la porosidad, lo que dificulta la respiración de los taxones de la zona edáfica, es por esto por lo que se deben crear corredores ecológicos que ayuden a los organismos a dispersarse (García, et al., 2020, pág. 25).

2.5.8.8. Incendio forestal

La destrucción de la cubierta vegetativa, por incendios, ocasiona que se aumente la escorrentía y la erosión del suelo, afectando la disponibilidad de agua para los organismos del suelo que dependen de la humedad para desarrollar su ciclo biológico, el calor extremo ocasiona la muerte directa de insectos, artrópodos, nematodos, lombrices y otros taxones de la fauna edáfica que no pueden escapar de los incendios (Gualan, et al., 2019, pág. 20).

2.5.8.9. Degradación de la tierra

La degradación del suelo tiene efectos negativos en la fauna edáfica, causando que se afecte a la salud de los organismos, haciendo que se pierda el hábitat y se fragmenten los ecosistemas, las actividades antropogénicas son causantes de gran pérdida de la biodiversidad del suelo y además de la capacidad que tiene este para poder generar vida sobre él (Pérez, 2020, pág. 185).



Ilustración 2-7: Factores de la pérdida de la biodiversidad del suelo

Fuente: (FAO, 2023)

2.6. Métodos de muestreo y análisis de la actividad biológica del suelo

Los organismos vivos del suelo al poseer procesos ecosistémicos de importancia juegan un papel importante al evaluar la salud del suelo, ya que estos nos permiten evidenciar de qué manera se encuentra el suelo en un área de estudio determinada, estas metodologías son de relevancia científica para desarrollar estrategias de protección medio ambiental (Parra, et al., 2023, pág. 5).

2.6.1. Método de Monolitos- Cuadrantes para conteo de lombrices

En el suelo, las lombrices son consideradas como los invertebrados más abundantes y contabilizar su abundancia ayuda a comprender la composición de las comunidades de lombrices en un volumen considerable de suelo, en donde se puede extrapolar la zona de estudio de acuerdo con el diseño experimental que realice el investigador (Parra, et al., 2023, págs. 10-11). EL método de monolito es colocar un cuadrante de 25 de ancho x 25 largo cm y 30 cm de profundidad, que luego se retira del suelo con ayuda de una pala y se realiza el conteo de lombrices que se encuentren dentro del monolito (Parra, et al., 2023, págs. 11).

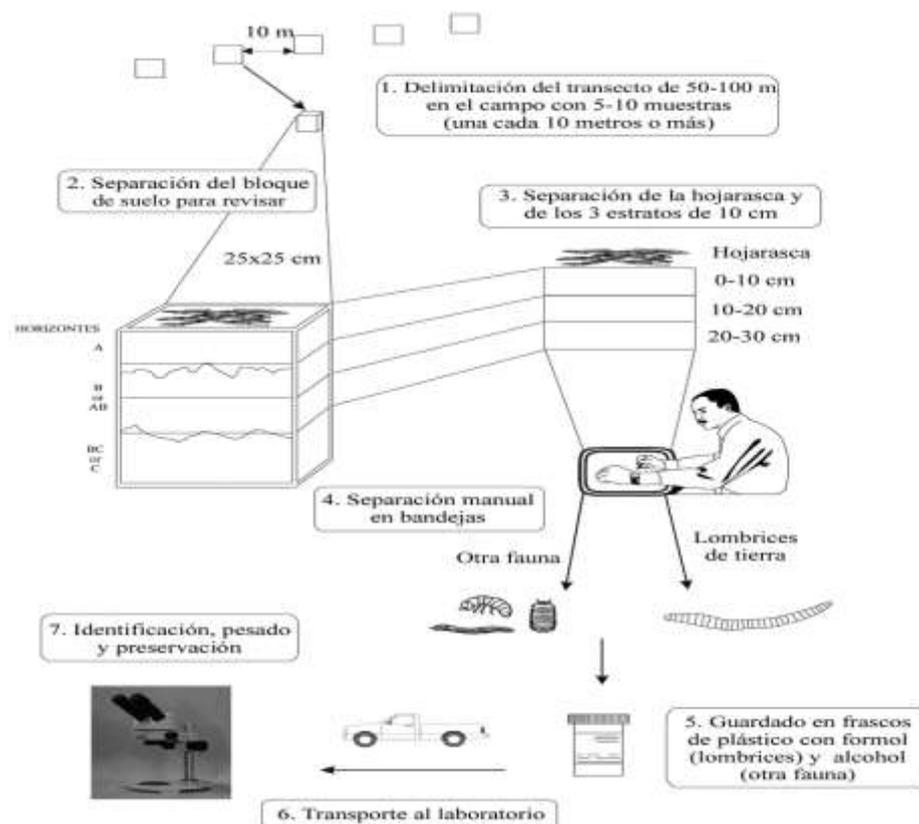


Ilustración 2-8: Método de Monolitos- Cuadrantes para conteo de lombrices

Fuente: (Bautista, et al., 2011, pág. 8)

2.6.2. Embudos Berlese-Tullgren

Este procedimiento es implementado para recoger la mesofauna activa de vida libre de muestras de suelo y hojarasca. Se emplea un dispositivo básico denominado embudo de Berlese-Tullgren, el cual causa que los organismos que se encuentran en la muestra de suelo migren hacia la parte baja del embudo, haciendo que caigan a través de una malla, en un recipiente con alcohol, el cual servirá como conservante para posteriormente observar los organismos en el microscopio. El calentamiento debe incrementarse de forma gradual, aumentando cada día el tiempo de encendido de las bombillas para que no inmovilice los organismos de la muestra, la muestra se deja hasta un plazo de 8 días cuando se encuentra totalmente seca (Parra, et al., 2023, pág. 9).

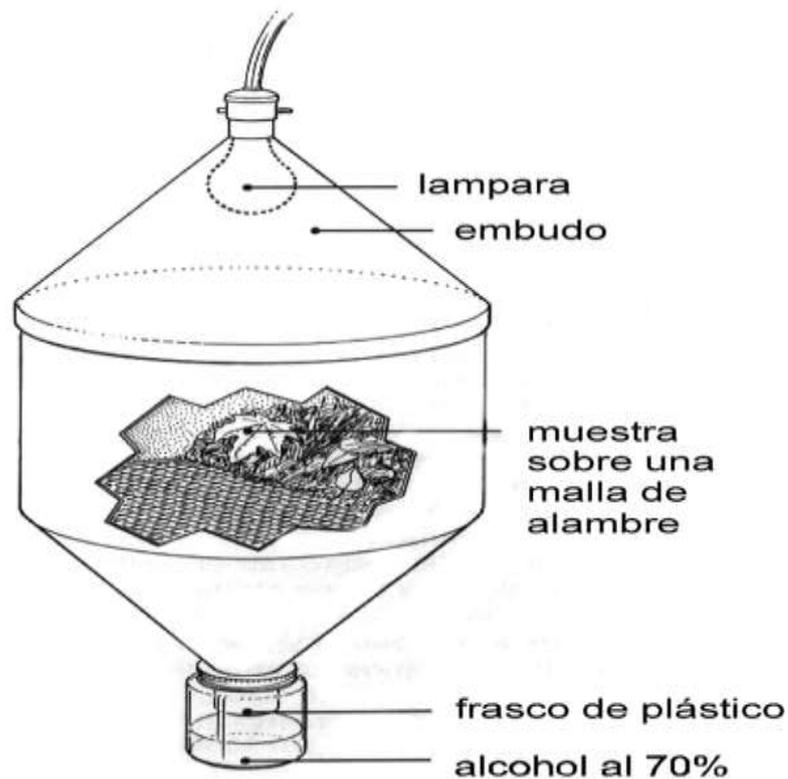


Ilustración 2-9: Embudo de Berlesse-Tullgren

Fuente: (Bautista, et al., 2011, pág. 8)

2.6.3. Interpolación de datos

La interpolación de datos se define como una técnica en la que se puede estimar valores desconocidos en un conjunto de datos conocidos en función a la ubicación espacial en donde se desarrolle el proyecto, esta metodología es de utilidad para datos que tienen muestreos en puntos dispersos y se necesita crear un modelo continuo (Ochoa, 2018, pág. 6).

2.6.4. Mapa de calor o mapa de estimación de densidad de núcleo.

Un mapa de calor se define como la representación visual de la densidad existentes en los puntos de una capa de datos, estos puntos se tienen que representar por cálidos a fríos o viceversa, donde los tonos cálidos dan a detonar que existe una mayor densidad de abundancia en los puntos muestreados. Este tipo de mapa es útil para desarrollar distribuciones espaciales de datos, en donde se representa la distribución de especies dando a denotas las áreas donde las especies son abundantes o donde son escasas, aunque también ayudaría a reconocer si ha existido disminución de alguna especie a lo largo del tiempo (Lopez, 2018, pág. 32).

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización del área de estudio

La investigación tuvo lugar en el refugio de vida silvestre Yankay, se encuentra en la provincia de Tungurahua, cantón Baños, parroquia Rio Negro, a 6 km hasta el sector el Encanto en donde se continua 2 km hasta llegar al refugio de vida Silvestre Yankay propiedad de la Espoch, compuesto por 200 hectáreas de terreno.

3.2. Ubicación geográfica del área de estudio

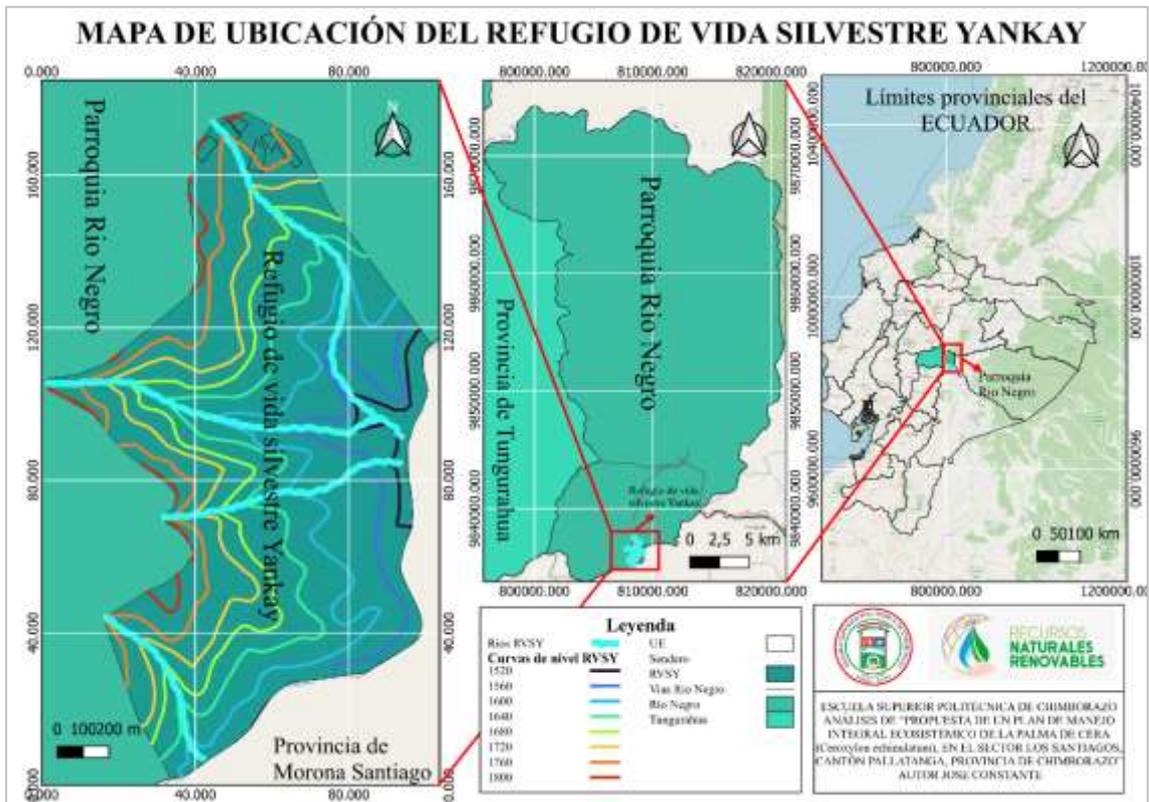


Ilustración 3-1: Ubicación del refugio de vida silvestre Yankay (Área de estudio)

Realizado por: Salto, Nestor, 2024

3.3. Caracterización del lugar

3.3.1. *Precipitación*

El refugio de vida silvestre Yankay presenta una precipitación que ronda los 1800 a 2700 mm anuales, siendo una zona de alta pluviosidad, ya que se encuentra ubicada entre la selva amazonia y la cordillera oriental (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Rio Negro, 2020, pág. 17)

3.3.2. *Temperatura*

El área de estudio presenta una temperatura media máxima que va de los 23,77°C y una temperatura mínima de 12,15°C que se encuentran repartidas en los 12 meses del año (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Rio Negro, 2020, pág. 17)

3.3.3. *Piso altitudinal*

El refugio de vida silvestre Yankay se encuentra ubicado en los flancos orientales de la cordillera de los andes y la selva amazónica, posee un relieve montañoso y accidentado, esto hace que esta zona se encuentre variedad de cerros, lomas, quebradas y hondonadas, posee pisos altitudinales que van desde los 1520 a los 1800 msnm (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Rio Negro, 2020, pág. 17).

3.3.4. Uso del suelo

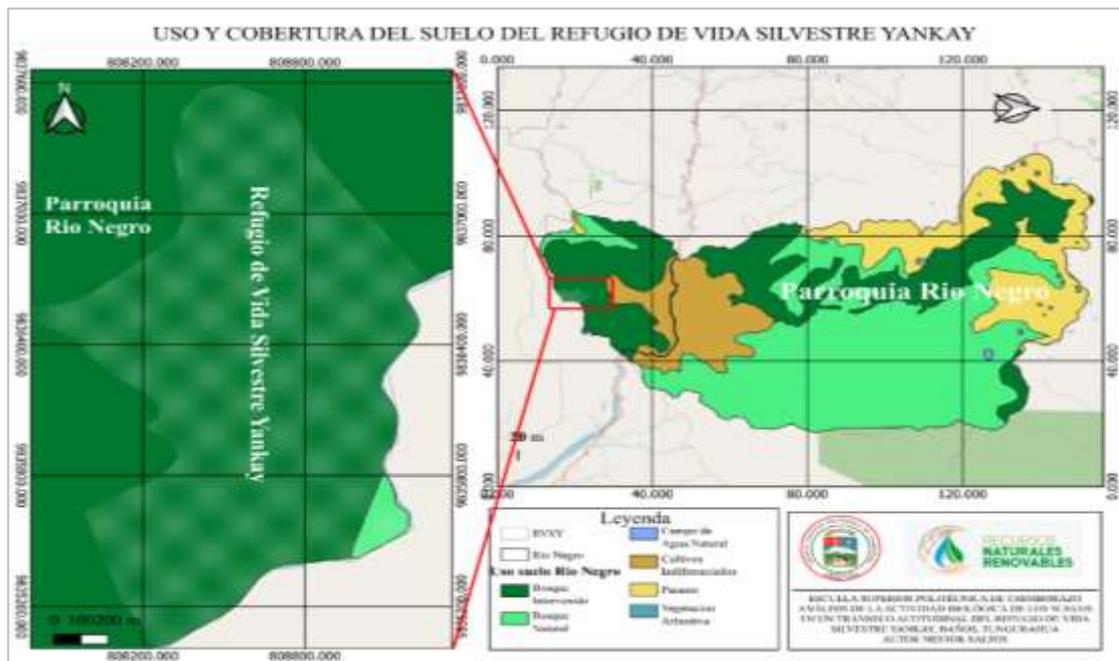


Ilustración 3-2: Mapa de usos del suelo del refugio de vida silvestre Yankay

Realizado por: Salto, Nestor, 2024

Dentro de los usos del suelo se denota que en su mayoría está conformado por bosque intervenido, esta zona tuvo remanentes que fueron utilizados como potreros y en los cuales se extendió el crecimiento de hierba para el alimento del ganado y tan solo una pequeña parte de remanente de bosque forma parte del bosque natural el cual no ha tenido una intervención antropogénica de ningún tipo (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Río Negro, 2020, pág. 17).

3.4. Nivel de estudio

La investigación es de carácter exploratoria descriptiva ya que se obtienen datos sobre la actividad biológica que presenta el área de estudio perteneciendo a una zona con investigaciones nulas, donde de igual manera se describe la cantidad y los tipos de organismos que se encuentran presentes en la zona edáfica, siendo una investigación valiosa para estudios futuros y toma de decisiones ambientales a realizarse en esta área de importancia ecológica.

3.5. Descripción de enfoque

El presente estudio presenta un enfoque mixto ya que tiene como objetivo principal explorar y comprender la variabilidad de la actividad biológica del suelo en un transecto altitudinal del

refugio de vida silvestre Yankay, en donde se realizó el objetivo 1 con un conteo preciso y detallado de la población de lombrices en cada unidad experimental, con el fin de comprender su distribución y abundancia y para el objetivo 2 se efectuó el conteo y la descripción taxonómica detallada de la mesofauna del suelo, abordando una variedad de taxones pequeños, como ácaros, colémbolos y pequeños insectos, con el fin de entender la diversidad y abundancia de estos organismos en cada una de las 6 unidades experimentales, este enfoque integral asegura una evaluación detallada de la fauna edáfica del suelo, proporcionando información valiosa para comprender la biodiversidad y el papel de la fauna edáfica en el área de estudio.

3.6. Alcance del estudio

El presente trabajo de investigación es de tipo experimental descriptivo, en donde se detalla la cantidad de lombrices dispuestas en 10 monolitos por cada unidad experimental para conocer la salud del suelo del área de estudio, se realizó la observación de la mesofauna activa del suelo en donde se efectuó el conteo y la descripción taxonómica de cada uno de los organismos recolectados, obteniendo su diversidad y abundancia en cada unidad experimental para determinar si cada una de las unidades experimentales posee un valor significativo de diversidad de especies edáficas, con los resultados obtenidos se obtuvieron mapas de interpolación y mapas de puntos calientes con los cuales se pudo determinar las zonas donde se encuentra mayor actividad biológica del suelo muestreado.

3.7. Técnicas de investigación empleadas

Para la identificación de macrofauna se realizaron monolitos-cuadrantes los cuales sirvieron para observación y conteo de lombrices. Para la mesofauna se obtuvieron muestras de suelo y se colocaron en el embudo de Berlesse-Tullgren, después se realizó la identificación taxonómica con la asistencia de claves dicotómicas y conteo de poblaciones de mesofauna edáfica. Los mapas de actividad biológica fueron realizados a través de Qgis con los datos obtenidos de macro y mesofauna del suelo muestreado.

3.8. Materiales

Tabla 3-1: Materiales de campo

MATERIALES	CANTIDAD
Receptor GPS navegador	1
Cámara fotográfica	1
Cinta métrica	1

Palas de jardín	2
Pala	2
Azadón	2

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

Tabla 3-2: Materiales para cuadrante de observación y conteo de lombrices

MATERIALES	MEDIDAS	CANTIDAD
Marco de Madera	25x25 cm	1
Clavos	1 pulgada	4
Metro	5 m	1
SERRUCHO	S/M	1
Martillo	S/M	1
Funda para basura	S/M	10

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

Tabla 3-3: Materiales para embudo Berlesse.

MATERIALES	MEDIDAS	CANTIDAD
Focos incandescentes	9 W	6
Cable de luz	110 voltios	3m
Boquillas para foco	S/M	6
Malla	50x50 cm abertura 2 mm	5m
Embudo (botella)	6 L, altura 28 cm, corte a la base de 10 cm.	6
Envase de vidrio	Contenido neto 290 g, altura 10 cm	6
Alcohol	70°	3L
Taipe	S/M	1
Cinta scotch	S/M	1
Tubos Ependorff	1,5 cm	76
Papel calco	A4	1
Pincel N° 0	S/N	1
Estereoscopio	S/M	1
Caja Petri	S/M	2

Realizado por: (Saltos, Nestor, 2024)

3.9. Metodología.

3.9.1. *Diversidad macrofauna: Monolito-Cuadrante de observación de lombrices*

La implementación de monolitos cuadrantes de monitoreo de lombrices es un método utilizado para el conteo de lombrices, ya que las lombrices juegan un papel importante en los ecosistemas

al mezclar el suelo para lograr propiedades adecuadas para la supervivencia de las plantas, siendo un indicador fundamental para determinar el salud del suelo (Burbano 2018, p. 7).

3.9.1.1. Procedimiento

1. Se realizó 10 monolitos en cada unidad experimental en estudio.
2. El método de cuadrante para observación de lombrices se procedió a dejar caer el cuadrante en algún lugar del suelo en estudio.
3. Excavar un hoyo de 25 x 25 cm con una profundidad de 30 cm
4. Se retiró el monolito en una funda plástica, donde se podrá hacer el conteo de lombrices dentro del monolito realizado.
5. Se procedió a colocar los datos dentro de la hoja de cálculo de Excel
6. Determinando los valores de varianza, media y mediana de la cantidad de lombrices presentes en cada unidad experimental.

3.9.1.2. Ubicación de monolitos para conteo realizados en cada unidad experimental.

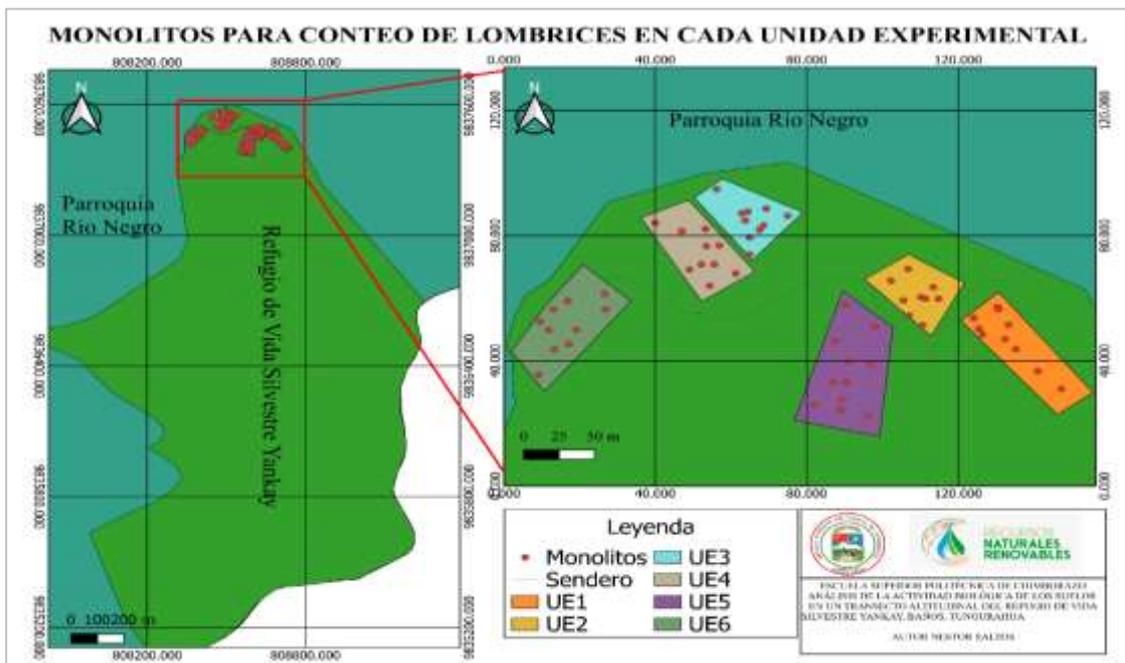


Ilustración 3-4: Monolitos para conteo de lombrices realizados en cada unidad experimental

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

3.9.2. Estudio de mesofauna a través de embudos Berlesse-Tullgren

La mesofauna de vida activa libre presente en las muestras de suelo y hojarasca se puede extraer mediante la utilización de las trampas de Berlese-Tullgren. El embudo de Berlese-Tullgren tiene como principio reducir las condiciones de humedad haciendo que los organismos penetren la

mallas de gasa y caigan en la base del embudo las cuales son influenciadas por el aumento de temperatura dentro de la muestra de suelo, al finalizar los organismos son retenidos en la solución de alcohol presente en el frasco con solución de alcohólica (Parra, et al., 2023 pág. 8).

3.9.2.1. Procedimiento

1. Se tomó una muestra de 800gr de masa edáfica tomando 10 submuestras aleatorias separadas por 10 metros en cada una de las 6 unidades experimentales.
2. Posteriormente se colocó las muestras de suelo encima de la malla en el embudo. La muestra fue recubierta con hojarasca, se dejó la muestra de suelo durante 5 días expuesta al calor, donde se verificó que los organismos escaparán de la luz y de la sequedad que se fue provocando en la muestra de suelo.
3. En consecuencia, el calor hizo que los animales migren hacia la parte inferior, penetrando la malla metálica y precipitándose en la solución de alcohol a 70° la cual cumplió con la función de fijado.
4. Llevar las muestras al laboratorio para la observación de la fauna precipitada en la solución de alcohol mediante un estereoscopio.
5. La sustancia alcohólica con el contenido de mesofauna edáfica en los frascos se esparció en una caja Petri y se anotó el número y tipo de organismos con ayuda del estereoscopio.
6. La mesofauna se estableció a través de la especificación de su taxonomía hasta el nivel de orden y familia.

3.9.2.2. Mapa de unidades experimentales para muestras de mesofauna



Ilustración 3-5: Unidades experimentales para muestras de mesofauna

Realizado por: Salto, Nestor, 2024

3.9.3. Análisis de varianza de un factor

Un análisis de varianza consiste en comparar distintos grupos de datos dentro de una variable cuantitativa y se realiza un análisis para comparar si difieren significativamente sus varianzas y medias en cada grupo, con la implementación de este análisis ayuda a comparar las medias y varianzas presentes en cada unidad experimental (Pincha, et al., 2019, pág. 25). La hipótesis nula se constata mediante el análisis de varianza el cual permite conocer si dentro del conjunto de datos algunas poblaciones difieren en cuanto a su valor esperado (Universitat de Barcelona, 2024).

3.9.4. Prueba de Tukey

Esta se reconoce como una prueba implementada en estadística en conjunto con el ANOVA en donde se comparan las medias individuales luego de un análisis de varianzas en un conjunto de muestras, en donde se detallan comparaciones entre cada muestra donde se determina si existe diferencia entre cada una de las medias de los grupos, y si un resultado es mayor o menor son diferentes y pertenecerán a grupos diferentes o en caso contrario estas se consideran iguales o en ciertos casos semejantes y pertenecerán al mismo grupo (Nuñez, et al. 2022 pág. 54).

3.9.5. Diagrama de caja y bigotes

Estos diagramas son implementados para representar características destacadas de una variable, en donde se puede reconocer su dispersión y la simetría que esta puede tener. El diagrama de caja y bigotes se dibuja como una caja rectangular dividida por una línea vertical donde se indica la posición de la mediana de cada conjunto de datos. Los bigotes son línea que se encuentran sobresaliendo de la caja en la parte superior representa el valor máximo y la parte inferior representa el valor mínimo de datos. Estos diagramas son implementados para poder comparar un conjunto de datos (Madrid, et al., 2022, pág. 281).

3.9.6. Mapa de interpolación de datos la actividad biológica en el suelo.

La interpolación del conteo de lombrices en Qgis implica estimar valores en ubicaciones que no se encuentran muestreadas, basándose en los datos recolectados en lugares específicos, para esta metodología se implementó la técnica de interpolación Inverso de la Distancia Ponderada (IDW), este método asume que se encuentra georreferenciado los datos de conteo de lombrices en un sistema de coordenada espaciales despendiendo de las características específicas de los datos y el área de estudio (Ochoa, 2018, pág. 6)..

3.9.6.1. Procedimiento

1. Organizar los datos en la tabla de Excel colocando los datos de latitud y longitud de los puntos muestreados y colocar la cantidad de organismos encontrados en cada monolito y en cada unidad muestreada.
2. Georreferenciar los datos de la cantidad de organismos, utilizando *spatial join* para unir la capa de datos de lombrices con la malla de puntos muestreados.
3. Se utilizó la herramienta de interpolación IDW, se seleccionó la capa de punto unidos con la capa de entrada, se configuró los parámetros, como el campo de valores de conteo de lombrices y la distancia de búsqueda.
4. Se cargó la capa interpolada en el mapa y se visualizó la superficie resultante de conteo de especies.
5. Se analizó la distribución espacial de la interpolación y se buscó los patrones con altos y bajos del conteo estimado.
6. Se procedió a exportar los mapas resultantes de macrofauna y meso fauna analizados.

3.9.7. Mapa de calor de la actividad biológica en el suelo.

El mapa de calor o mapa de hotspot mediante Qgis, se implementó para conocer cuáles son las unidades experimentales que presentan mayor densidad de organismos presentes en la masa edáfica, esto ayuda a que se pueda estimar las áreas que presentan densidades de organismos altas y las cuales presentan densidades bajas, comparando con el uso del suelo en donde se obtuvieron los organismos y con esto determinar las áreas afectadas por procesos antrópicos que han existido anteriormente (Lopez, 2018, pág. 32).

3.9.7.1. Procedimiento

1. Organizar los datos en la tabla de Excel colocando los datos de latitud y longitud de los puntos muestreados y colocar la cantidad de organismos encontrados en cada monolito y en cada unidad muestreada.
2. Importar la capa de puntos que se generó con los datos de la abundancia de lombrices y los datos de mesofauna de Excel para generar el mapa de calor.
3. Abrir las propiedades de la capa de abundancia de macro y meso fauna.
4. Dentro de la pestaña estilo, escoger la opción mapa de calor.
5. Dentro del cuadro de dialogo “mapa de calor”, configurar los parámetros que se presentan para realizar el mapa de calor.
 - a. Configurar el radio, en este caso se configuró en 15 m de radio para cada punto.
 - b. El peso de cada punto, donde se determina cuáles son los valores más altos y cuáles los más bajos.
 - c. Se coloca el tamaño de cada uno de los pixeles tanto en X como en Y
6. Hacer clic en aceptar, para que el mapa de calor proceda a crearse.

3.10. Instrumentos de investigación empleadas

Se emplearon los índices de biodiversidad a través de la fórmula de Shannon y Simpson, para saber el estado de diversidad de las muestras analizadas.

3.10.1. Fórmula de Shannon

Denominada H' , el resultado es claramente positivo, ya que en algunos ecosistemas su valor varía entre 0.5 y 5. Un valor entre 2 y 3 sugiere que el área tiene una biodiversidad normal, mientras que valores por debajo de 2 indican una baja diversidad y valores por encima de 3 se consideran altos (Romero 2017b, p. 39).

$$H' = - \sum P_i * \ln P_i$$

Donde:

H'= Índice de Shannon – Wiener.

Pi= Abundancia relativa.

Ln= Logaritmo natural

3.10.2. *Fórmula de Simpson*

El índice de Simpson está contrariamente concerniente con la heterogeneidad; por ejemplo, los valores del índice reducen o crecen a medida que ascienden o contrae la diversidad. Efectivamente, es un índice de dominancia que estima las especies más abundantes de la riqueza global (Soler et al. 2012, p. 4).

$$D = \frac{\sum_i^s = 1 n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Donde:

S= es el número de especies

N= es el total de organismos presentes (o unidades cuadradas)

n= es el número de ejemplares por especie

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Macrofauna: Método de Monolito para observación y conteo de lombrices.

4.1.1. Diagrama de caja de conteo de lombrices

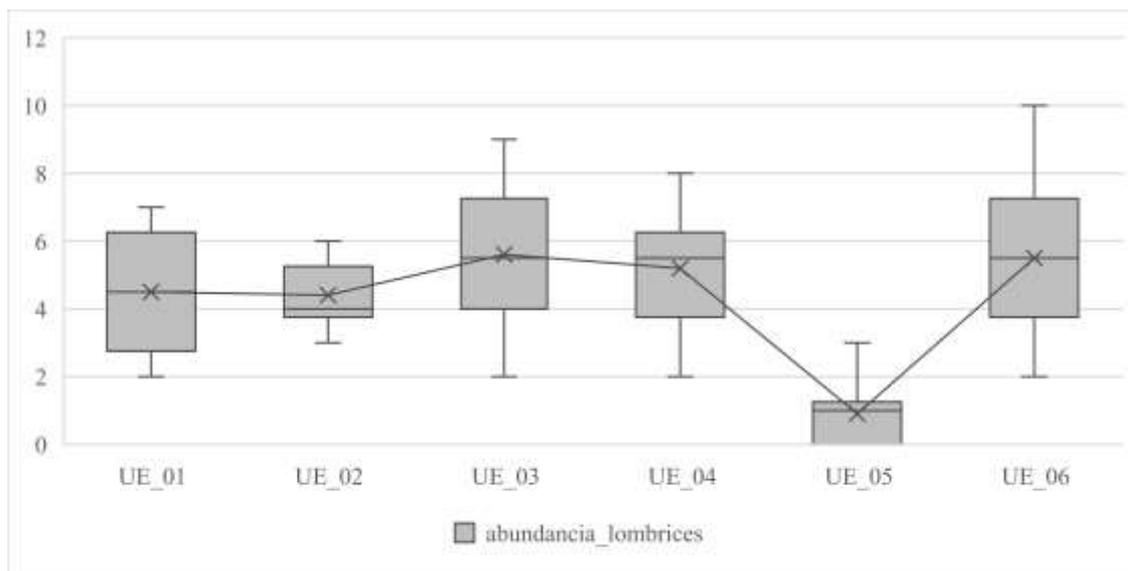


Ilustración 4-1: Diagrama de caja de conteo de lombrices

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

Se realizó un diagrama de cajas de cada unidad experimental, en el cual se obtuvo para la unidad experimental 1 que la media y mediana coinciden con un valor de 4,5 individuos, obteniendo 7 individuos en su extremo superior y 2 individuos en su extremo inferior, presentando en su cuartil superior un valor de 6,25 y en su cuartil inferior el valor de 2,75; la unidad experimental 2 presenta un valor de media de 4,4 y su mediana es 4, el límite superior es 6 y su límite inferior es 3, para el cuartil superior presenta un valor de 5,25 y el cuartil inferior presenta un valor de 3,75; en la unidad experimental 3 esta presenta una media de 5,6 y una mediana de 5,5 siendo el valor más alto que como lo detalla (Tapia, et al., 2019) esto se presenta en zonas con una salud del suelo adecuada y por la presencia de hojarasca beneficiosa para el desarrollo de lombrices, en su límite superior la UE 3 posee valores correspondiente a 9 unidades y en el límite inferior un valor de 2, mientras que en su cuartil superior presenta un valor de 7,25 y para su cuartil inferior un valor de 4.

En lo que respecta a la unidad experimental 4 esta presenta un valor de media igual a 5,2 y una mediana de 5,5, mientras que para su extremo superior este tiene una cantidad 8 unidades mientras que su extremo inferior presenta una cantidad de 2 unidades, su cuartil superior es de 6,25 mientras que su cuartil inferior es de 3,75; Dentro de la unidad experimental 5 esta tiene una media de 0,9 y una mediana de 1, mientras que su límite superior e inferior presentan datos de 3 y 0 respectivamente, el cuartil superior es de 1,25 y el cuartil inferior presenta un valor de 0, esto coinciden con el estudio de Moran, et al., (2015) donde se menciona que este valor atípico es debido a que las zonas que se ocupan como potrero y la presencia del ganado genera compactación, erosión y causa degradación del suelo, haciendo que cambien las propiedades físicas y las lombrices no puedan desarrollarse adecuadamente en suelos con estas condiciones; Para la unidad experimental 6 esta posee un valor de media y mediana de 5,5, para su límites superior e inferior estos tienen un valor de 10 y 2 respectivamente, el cuartil superior es de 7,25 y el cuartil inferior 3,75.

Las unidades experimentales 1, 2, 3, 4 y 6 donde existe mayor presencia de macroinvertebrados y se encuentran en zonas de remanentes de bosque, se asemejan al estudio realizado por Moran, et al., (2015) donde mencionan que cuando existe gran cantidad de macroinvertebrados es porque existe buena cobertura vegetal y hay mayor aporte de biomasa, la hojarasca favorece a la disminución de la intensidad de luz y regula la temperatura del suelo, siendo un medio favorable para el desarrollo de las lombrices.

4.1.2. Agrupación de medias por Tukey el conteo de lombrices

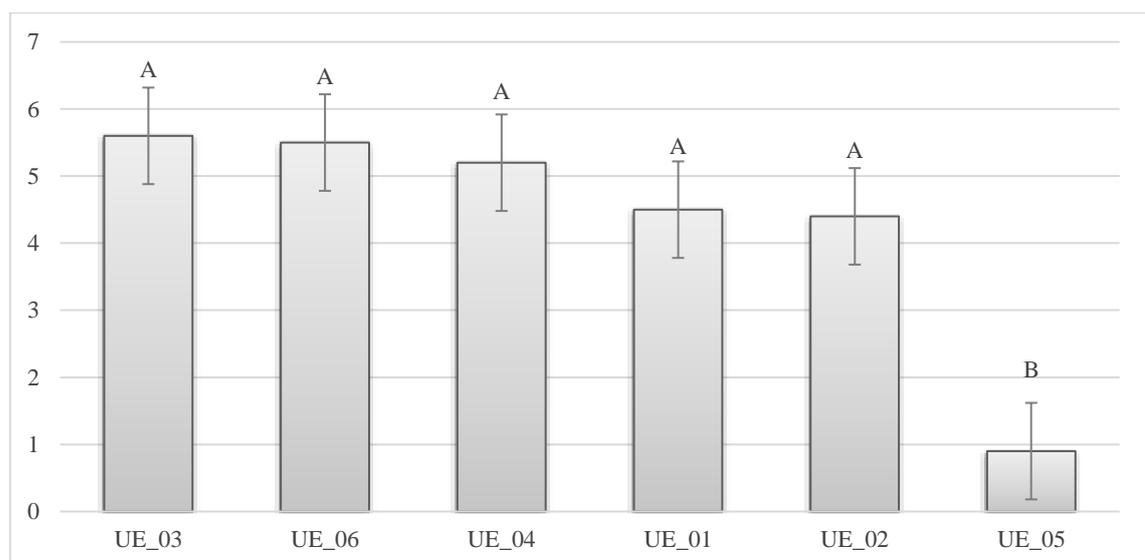


Ilustración 4-2: Agrupación de medias por Tukey del conteo de lombrices

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

En lo que respecta a la ilustración 4-2, se obtuvo el promedio de lombrices en cada unidad experimental, realizando la prueba de igualdad de varianzas en donde se agruparon cada una de las unidades experimentales, utilizando el método de Tukey con una confianza de 95%, se obtuvo que las unidades experimentales pertenecientes al grupo A son distintas pero estadísticamente estas se agrupan dentro de un mismo grupo de datos, mientras que la unidad experimental 5, presentar un valor atípico del resto de unidades experimentales siendo la única perteneciente al grupo B.

Con la obtención de estos datos se da a notar que la unidad experimental 5 difiere del resto de unidades experimentales ya que la composición vegetal es de tipo pastura y ha sido utilizada para el pastoreo a diferencia del resto que están formadas por remanentes de bosque, esto coinciden con el estudio de (Moran, et al., 2015, pág 17) donde se menciona que este valor atípico es debido a que las zonas que se ocupan como potrero y la presencia del ganado genera compactación, erosión y causa degradación del suelo, haciendo que cambien las propiedades físicas y las lombrices no puedan desarrollarse adecuadamente en suelos con estas condiciones.

4.2. Mesofuna: Embudos de Berlese-Tullgren

4.2.1. Órdenes presentes en cada unidad experimental

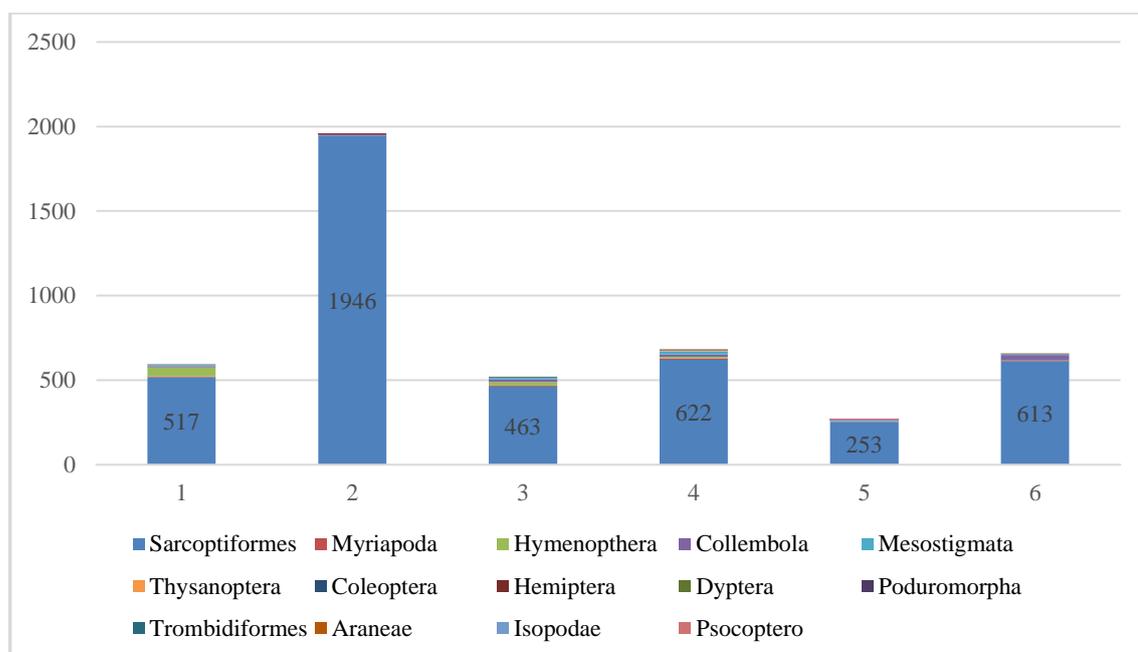


Ilustración 4-3: Porcentaje de órdenes más representativos en cada unidad experimental.

Realizado por: Salto, Nestor, 2024

En la ilustración 4-3 se observa los órdenes más sobresalientes dentro de cada muestra analizada, en donde el orden Sarcoptiformes tiene un porcentaje de presencia dominante dentro de todas las muestras, la presencia de este orden es beneficiosa como lo detalla (Moraza, 2009, pág. 71) ya que su presencia en esta área se debe a que son bioindicadores de que existe buena salud del suelo además son implementados para evaluar y comprender los cambios que se presentan dentro del medio edáfico.

La unidad experimental 2 en la que se encontró mayor presencia del orden Sarcoptiformes con una cantidad de 1946, seguido de la unidad experimental 4 con 622 individuos presentes, en la unidad experimental existe una presencia de 613 especímenes del orden Sarcoptiformes, la unidad experimental 1 con 517, seguido de la unidad experimental 3 con un total de 463 y la unidad experimental 5 con 253 individuos del orden Sarcoptiformes.

4.2.1.1. Órdenes más representativos en la unidad experimental 1

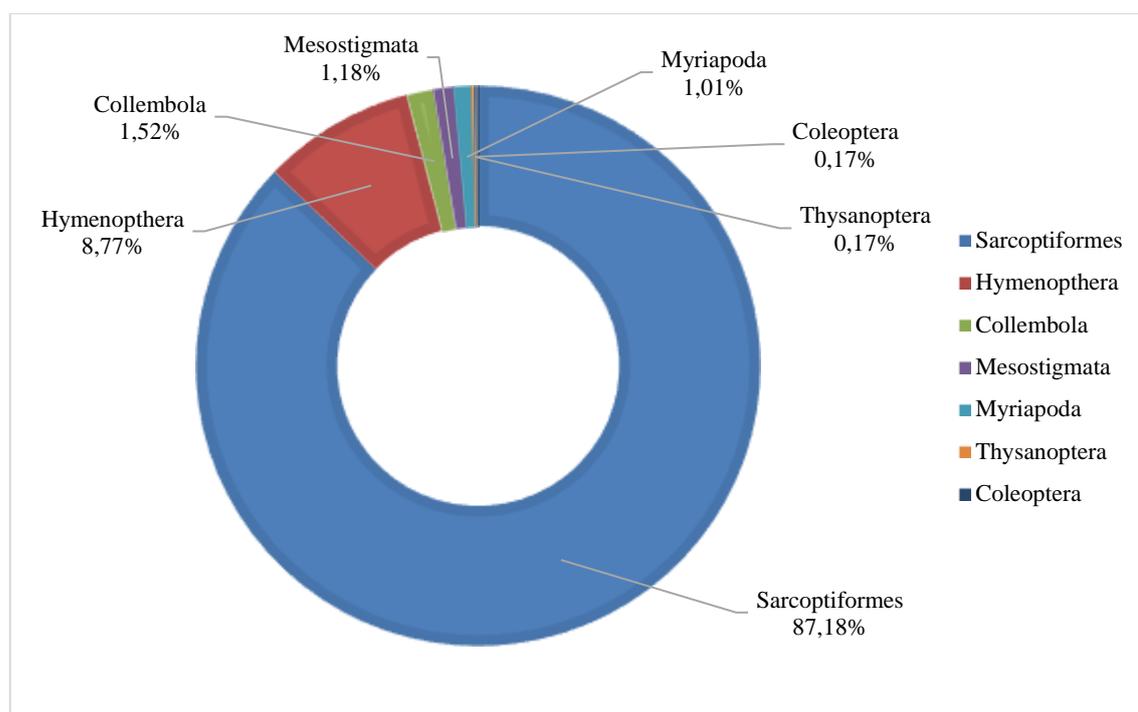


Ilustración 4-4: Porcentaje de órdenes más representativos en la unidad experimental 1.

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

Dentro de la ilustración 4-4 se detallan los órdenes más representativos dentro de la unidad experimental 1 donde se obtuvo un total de 593 individuos en donde el orden Sarcoptiformes posee un porcentaje de presencia del 87,18% como lo describe el estudio realizado por (Cabrera,

et al., 2019, pág. 232) su presencia se debe a que este orden es muy valioso para el monitoreo de la calidad del suelo ya que su presencia da a conocer que el suelo es de buena calidad y que existe gran aporte de materia orgánica.

El orden Hymenoptera con un 8,77% de individuos en la muestra siendo importantes dentro de la zona edáfica como lo detalla (Salas, et al., 2018, págs. 162-173) ya que este orden se encarga de la elaboración de bioporos promoviendo la humificación y son componentes importantes de la cadena tróficas, con un 1,52 % se encuentra el orden perteneciente a las Collembolas con un 1,52% de presencia en la muestra seguido de los órdenes Mesostigmata con el 1,18%, Myriapoda con el 1,01%, Thysanoptera y Coleoptera con el 0,17% respectivamente para ambos órdenes.

4.2.1.2. Órdenes más representativos en la unidad experimental 2

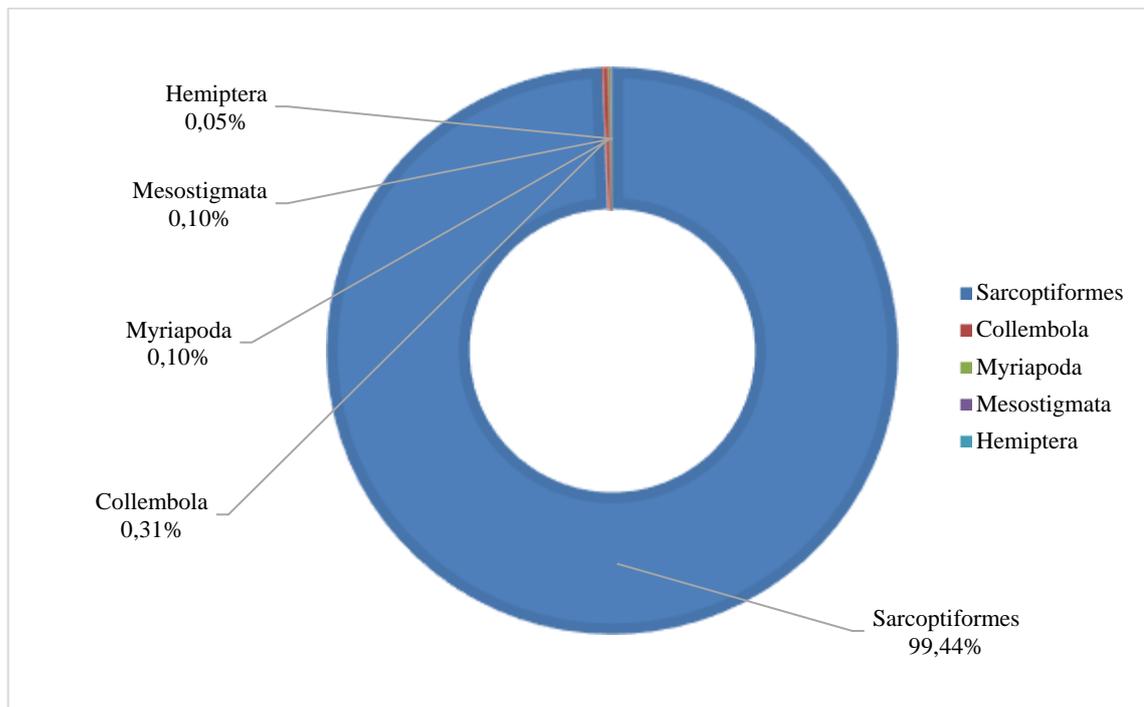


Ilustración 4-5: Porcentaje de órdenes más representativos en la unidad experimental 2.

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

Los órdenes más representativos dentro de la unidad experimental 2 como se observa en la ilustración 4-5 con un total de 1957 individuos presentes con una dominancia absoluta se encuentra el orden Sarcotiformes que posee un porcentaje de presencia del 99,44% como lo describen (Ávila, et al., 2014, pág. 23) este orden puede presentar una presencia de alrededor de

5000 ácaros siendo este orden un indicador de buena calidad del suelo ya que intervienen en procesos de descomposición de materia orgánica, siendo estimuladores de la actividad microbiana.

El orden Collembola con un 0,34% dentro de la muestra siendo un indicador importante de la salud del suelo como lo expone (Palacios, et al., 2014, pág. 301) y además son implementados en estudios de suelo para medir las perturbaciones que existan en el medio edáfico. Los órdenes Mesostigmata y Myriapoda con un 0,10% siendo indicadores de que existe salud y diversidad en la muestra y como lo detalla (Domínguez, 2015) en su investigación estos órdenes son encargados del control de plagas y respectivamente siendo y el orden hemiptera con un 0,05%.

4.2.1.3. Órdenes más representativos en la unidad experimental 3

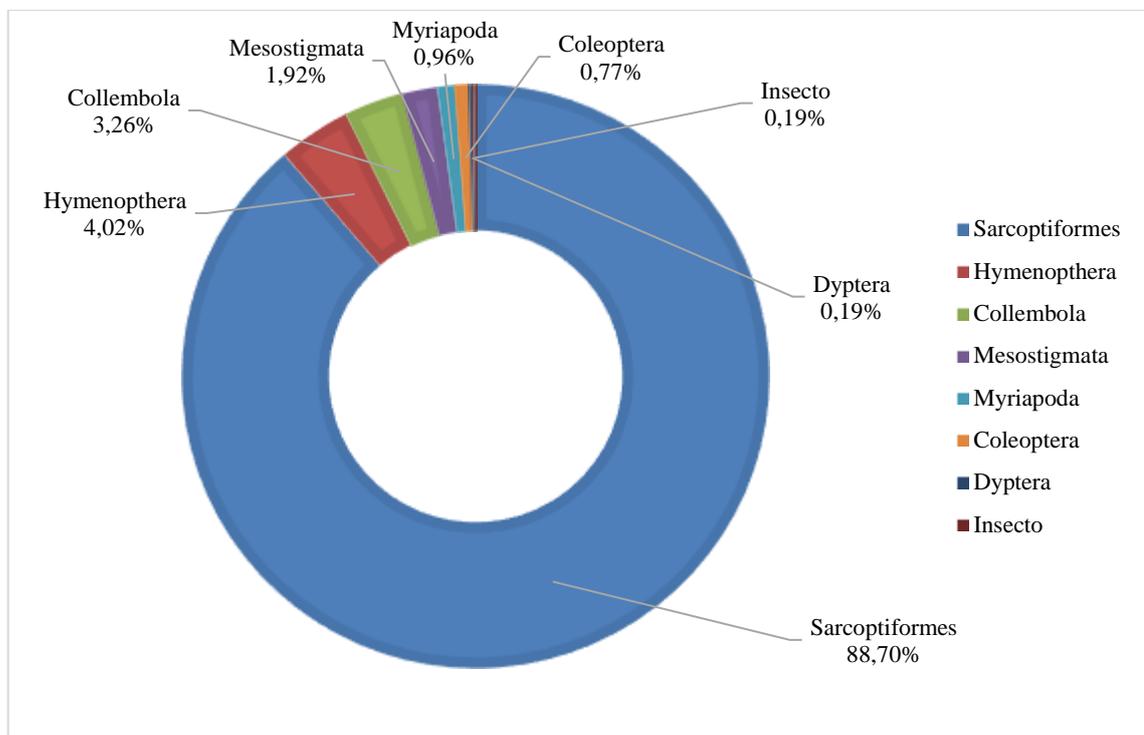


Ilustración 4-6: Porcentaje de órdenes más representativos en la unidad experimental 3.

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

La ilustración 4-6 detalla el porcentaje de órdenes que más se han encontrado dentro de la Unidad Experimental 3 con un total de 522 individuos en donde el orden Sarcoptiformes presenta una presencia del 88,70%, este orden presenta una presencia considerable ya que como lo detallan (Cabrera, y otros, 2019 pág. 231) este orden es un indicador potencial de buena salud dentro de la zona edáfica y bioindicadores de que existe perturbación dentro de las áreas donde se estudia, el orden Hymenoptera con una presencia del 4,02% son los encargados de

enriquecer el suelo aireándolo y creando túneles necesarios para la infiltración de agua y aire dentro de la zona edáfica.

El orden Collembola con un porcentaje de 3,26% dentro de la muestra siendo un orden beneficioso ya que como lo expone (Castro, 2024)son considerados micro ingenieros del suelo favoreciendo a la estabilidad de agregados , con un 1,92 % se encuentra el orden Mesostigmata que su presencia en el medio edáfico es beneficiosa como lo expuso (Sarmiento, 2022, págs. 13-21) cumple el rol de depredadores siendo necesarios para el control biológico, seguido de los órdenes Myriapoda con 0,96%, Coleoptera con 0,77% que como lo detalla (Carretta, 2018 pág. 9) estos órdenes son indicadores de restauración de los suelos alterados que además se encargan de mantener las poblaciones de ácaros estable.

4.2.1.4. Órdenes más representativos en la unidad experimental 4

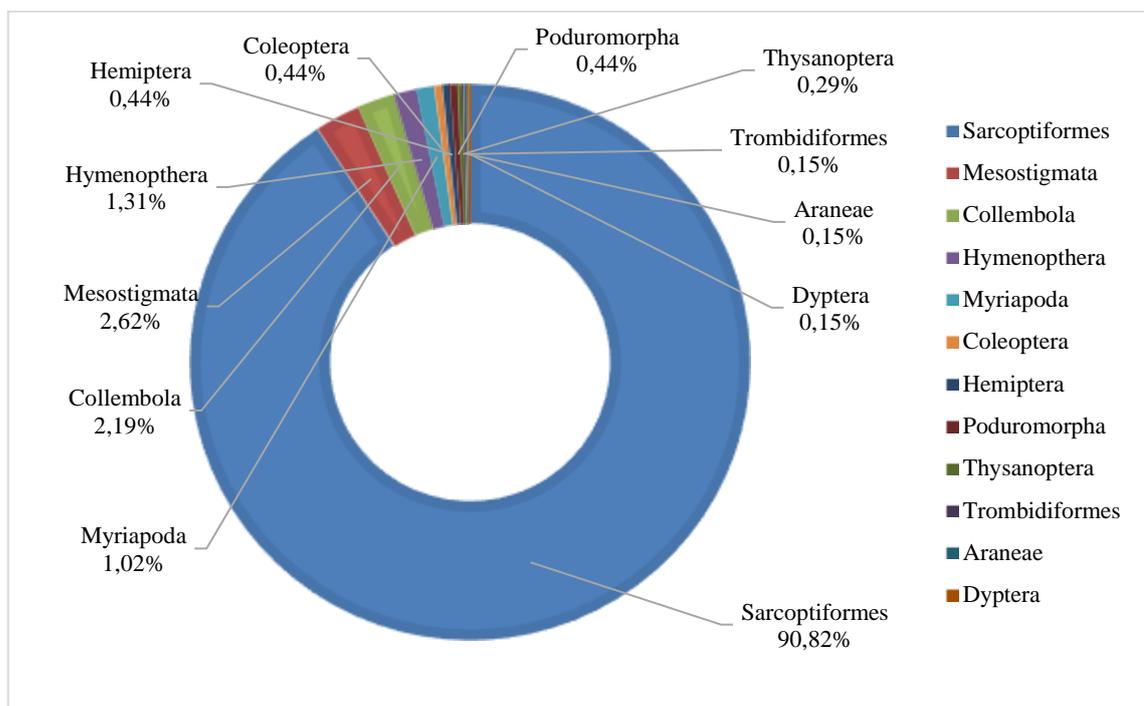


Ilustración 4-7: Porcentaje de órdenes más representativos en la unidad experimental 4

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

Como se detalla en la ilustración 4-7, este conjunto de órdenes presenta un total de 686 individuos que poseen una riqueza considerable de mesofauna edáfica en la unidad experimental 4, el orden más representativo de esta muestra fue el orden Sarcoptiformes con un porcentaje de 90, 82% de presencia dentro de la muestras y como lo exponen (Corrales, et al., 2018, pág. 7) que este grupo es muy común en medios naturales donde son considerados como

indicadores de buena salud del suelo ya que cumplen la función de descomponedores realizando el reciclaje de materia orgánica.

El segundo orden con mayor presencia con un 2,62% se encuentran el Mesostigmata que cumplen el rol de controladores biológicos ayudando a mantener la zona edáfica saludable. Con un 2,19% de presencia se encuentran el orden Collembola como lo detallan (Sandler, et al., 2018 pág. 219) en su investigación este orden es relevante ya que se encargan de liberar nutrientes beneficiosos para las plantas y sirven de base alimenticia dentro de la cadena trófica. La diversidad de órdenes que se encuentran en menor cantidad dentro de esta muestra son los órdenes Poduromorpha, Coleoptera, Heminoptera, Thysanoptera, Trombidiformres, Araneae y Dytera.

4.2.1.5. Órdenes más representativos en la unidad experimental 5

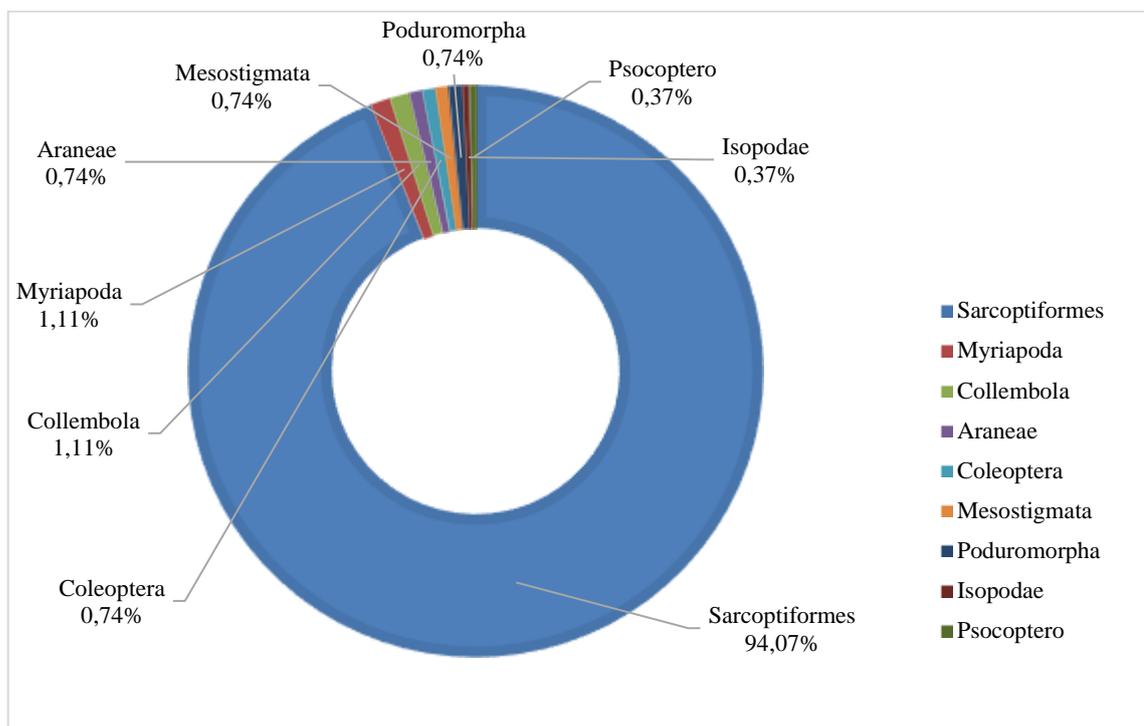


Ilustración 4-8: Porcentaje de órdenes más representativos en la unidad experimental 5

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

Los órdenes que más representativos de un total de 270 individuos encontrados, se tiene que dentro de la unidad experimental 5 son el orden Sarcoptiformes con una presencia del 94,07% siendo el orden con más prevalencia dentro de esta muestra, existiendo similitud con el estudio realizado por (Hermosilla, et al., 2014 pág. 6) donde se expuso que la basta presencian de los individuos pertenecientes al orden Sarcoptiformes se debe a que estos organismos cumplen un

rol fundamental como indicadores biológicos de la humedad y del contenido de MO en los ecosistemas de bosque. El orden Collembola, Myriapoda y Coleoptera son los 3 órdenes con mayor frecuencia dentro de la muestra con una abundancia con 1,11%.

Hay órdenes que presentan baja predominancia como los Psocoptero e Isopodae con 37% de presencia en la muestra. La baja presencia de organismos pertenecientes al orden Sarcoptiformes se debe a que la muestra se halla en zona de pastura y pastoreo donde no existe una cantidad considerable de hojarasca y esto causa que este orden no se pueda desarrollar de manera adecuada y realizar su función de descomponedores de la materia orgánica. Dentro de la muestra se presenta el orden psocóptero que como lo describe (Socarrás, 2013, pág. 36) estos son insectos que inician el proceso de renovación de áreas que han sido alteradas siendo un indicador de proceso de recuperación de la zona edáfica.

4.2.1.6. Órdenes más representativos en la unidad experimental 6

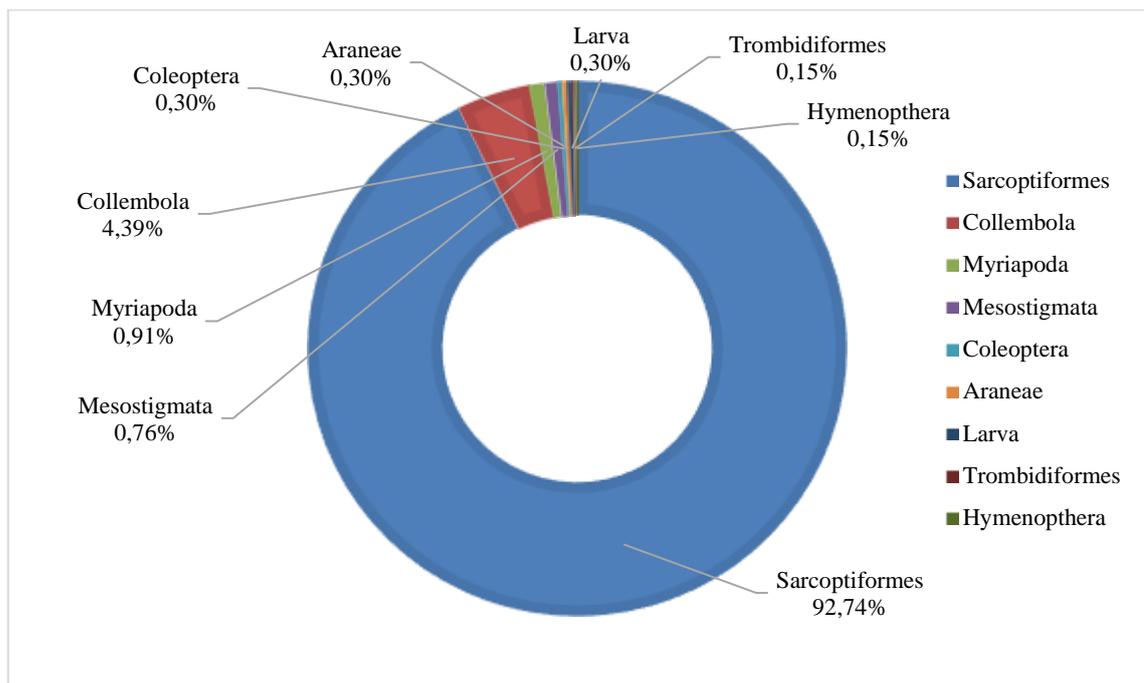


Ilustración 4-9: Porcentaje de órdenes más representativos en la unidad experimental 6

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

En lo que respecta al mayor porcentaje de órdenes presentes dentro de la unidad experimental 6 con un total de 661 individuos, se detalla dentro de la ilustración 4-9 que el orden Sarcoptiformes representa una abundancia del 92,74% esto se puede comparar con el estudio realizado por (Karyanto, et al., 2011, pág. 150) donde se detalla que este orden está presente en el suelo ya que es indicador de buena salud del suelo y es por esto que se destacan en el suelo

muestreado siendo dominantes en los horizontes orgánicos de la gran mayoría de suelos dominados por bosques en donde sus excretas sirven para descomposición primaria realizada por bacterias y hongos.

Mientras que el orden Collembola representó un 3,48% de presencia en esta unidad experimental siendo un indicador de estabilidad edáfica como lo describe (Gómez, et al., 2010 pág. 101) este orden se desarrolla en zonas donde existe humedad y buena materia orgánica en el suelo. El orden Myriapoda representa un 0,91% de presencia como lo describe (Bautista, 2023 pág. 2) son beneficios para la descomposición de MO siendo sensibles con los cambios que se presentan en el medio. El 0,76% está conformado por el orden Mesostigmata son organismos depredadores con lo expone (Castro, 2018, pág. 8) ya que son controladores de otros ácaros y trips. De igual manera la diversidad de mesofauna se ve enriquecida por la presencia de órdenes menos abundantes como lo son Coleptera con 0,30%, Aranea con 0,30%, Trombidiformes y Hymenoptera con un 15% respectivamente.

4.2.1.7. Órdenes comunes en todas las muestras

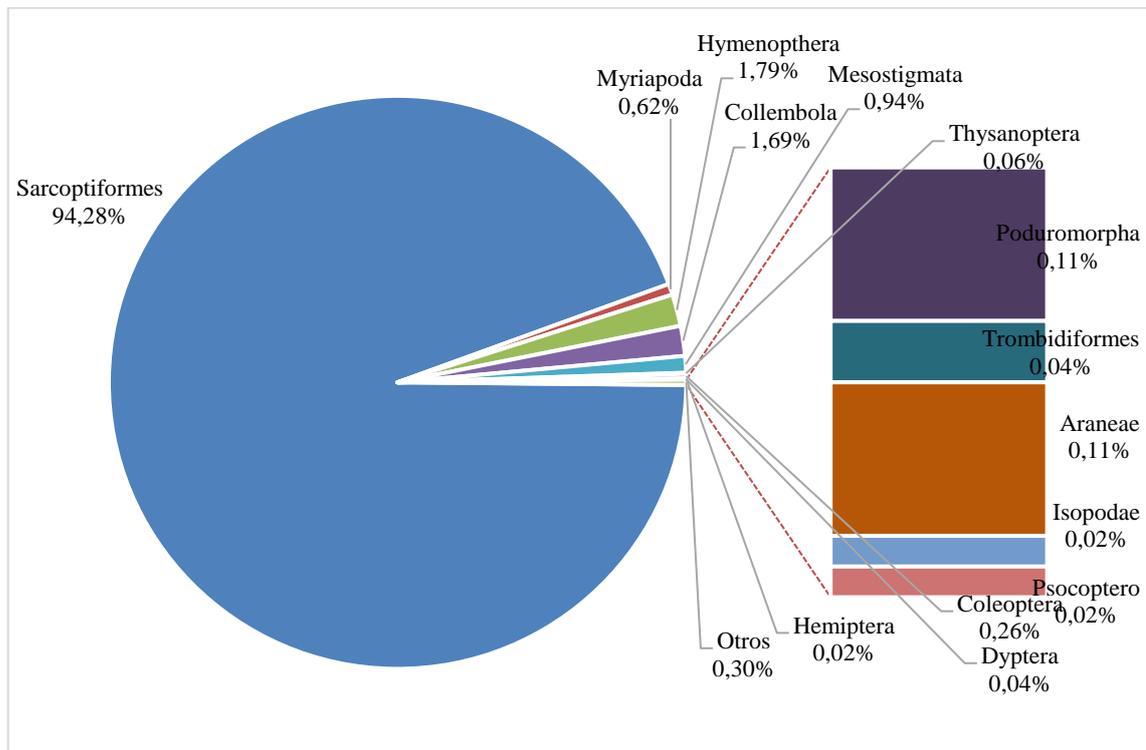


Ilustración 4-10: Órdenes comunes en todas las zonas de estudio

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

En la ilustración 4-10 se observa que el orden predominante dentro de todas las áreas de muestreo fue el orden Sarcoptiformes con un 94,28% de presencia dentro de las muestras siendo el orden más abundante en este sistema edáfico esto se debe a que como lo detalla (Genol, et al., 2013, pág. 63) en su estudio este orden se encuentra la mayor abundancia en zonas de bosque o bosque secundarios, seguido del orden Hymenoptera con el 1,79% de presencia total.

El orden Collembola con 1,69% de presencia dentro de las áreas de estudio. El orden Mesostigmata presenta un 0,94% de presencia. Los órdenes con menos presencia dentro de la muestra fueron Podumorpha y Aranea con el 0,11% de abundancia y los órdenes Trombidiformes con el 0,04%, Isopodae y Psocoptera con el 0,02% de abundancia.

4.2.2. Familias más representativas en cada unidad experimental

4.2.2.1. Familias presentes en la unidad experimental 1

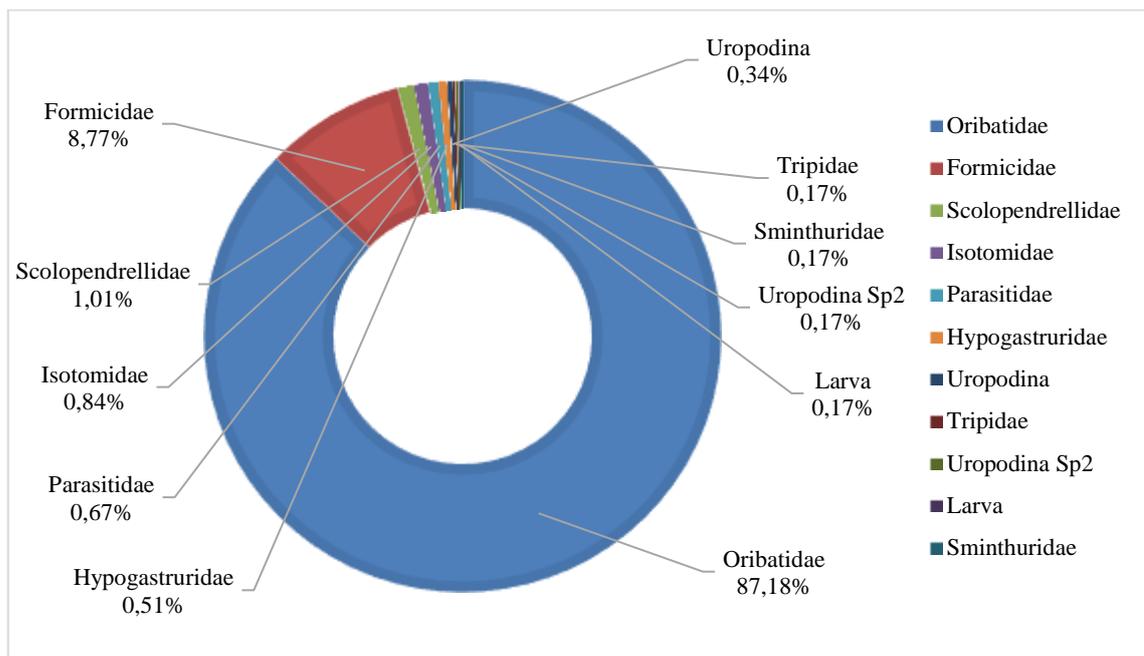


Ilustración 4-11: Porcentaje de familias más representativas en la unidad experimental 1.

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

La familia Oribatidae es dominante dentro de la muestra, con 87,18% de especímenes, con respecto a lo estipulado en el estudio realizado por (Figuroa, 2021, pág. 16) esta familia se encuentra en abundancia en esta zona ya que existe gran cantidad de residuos orgánicos como hojarasca beneficiosa para el desarrollo de esta familia siendo participes en el ciclo de los nutrientes siendo descomponedores activos del suelo. La familia Formicidae con 8,77% que

forma el segundo mayor porcentaje dentro de esta muestra como lo afirma (Arenas, et al., 2017, pág. 49) esta familia se encuentra en abundancia ya que cumple un rol fundamental en el ecosistema como el control de plagas, aireación de la zona edáfica y la descomposición de la MO.

La familia Scolopendrellidae se encuentra en un 1,01% esta observación se relaciona con la realizada por (Carrillo, et al., 2022, pág. 5) establece que esta familia es buena indicador de calidad del suelo y se encargan de mantener los sistemas edáficos saludables. La familia Isotomidae se encuentra con el 0,84% que como lo establece (Uribe, et al., 2010 pág. 158) esta es una familia que se encarga del reciclaje de nutrientes y promueven el crecimiento de hongos y micorrizas siendo abundantes en zonas de bosque natural. La familia Parasitidae con 0,67% e Hypogastruridae con un porcentaje de 0,51% también están presentes en la muestra, pero en menor cantidad.

4.2.2.2. Familias presentes en la unidad experimental 2

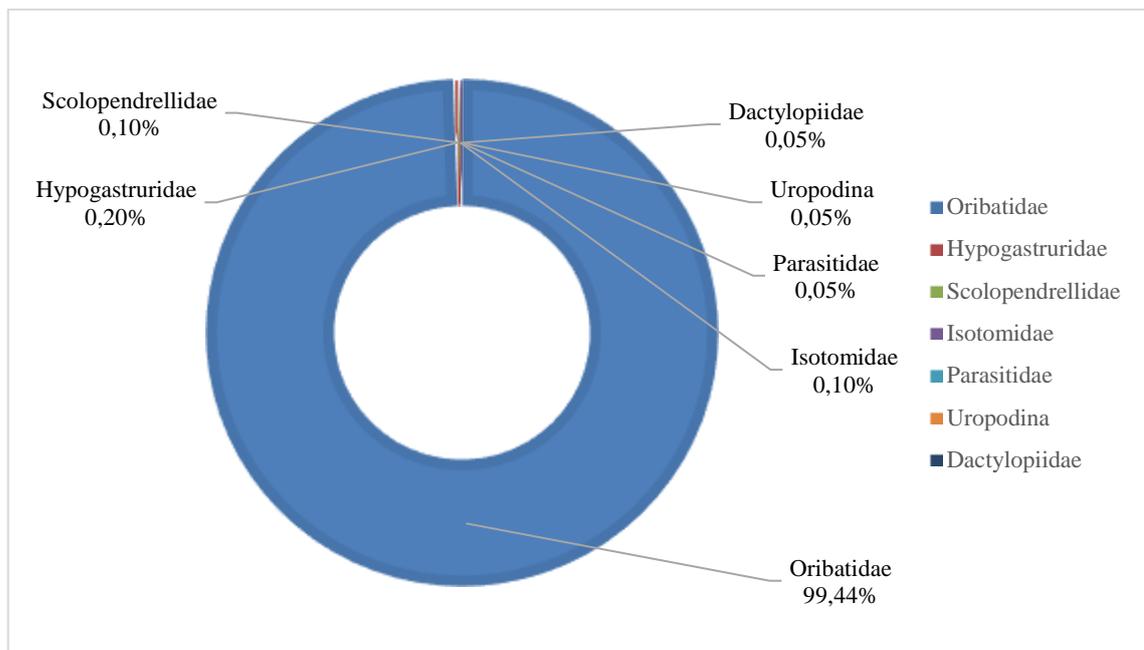


Ilustración 4-12: Porcentaje de familias más representativas en la unidad experimental 2

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

El número total de ácaros encontrados en la muestra es 1957, de los cuales el 99,44% de individuos son correspondientes a la familia Oribatida siendo esta la muestra con mayor cantidad de ácaros de esta familia que como lo destaca (Calderón, et al., 2018, pág. 153) este grupo se desarrolla dentro de sistemas de suelo boscoso donde predomina la materia orgánica que origina la hojarasca. La familia Hypogastruridae posee un porcentaje de presencia del 0,20% siendo una

familia esencial para los sistemas edáficos como lo expuso (Quiceno, 2021, pág. 21) son necesarios para el reciclaje de residuos que se encuentra en la hojarasca.

Los individuos pertenecientes a la familia Scolopendrellidae con un 0,10% de individuos en la muestra siendo beneficios como lo expone (Beltrán, 2018, pág. 2) estos son los encargados de la remineralización del suelo. La familia Isotomidae poseen un porcentaje de presencia del 0,10% dentro de la muestra siendo beneficioso para el suelo ya que de forma similar lo expone (Guerrero, 2018, pág. 53) esta familia es tolerante a los cambios en el suelo favoreciendo a la degradación de lignina. Las familias Uropodina, Parasitidae y Dactylopiidae encontrándose con un 0,05% de presencia dentro de la muestra.

4.2.2.3. Familias presentes en la unidad experimental 3

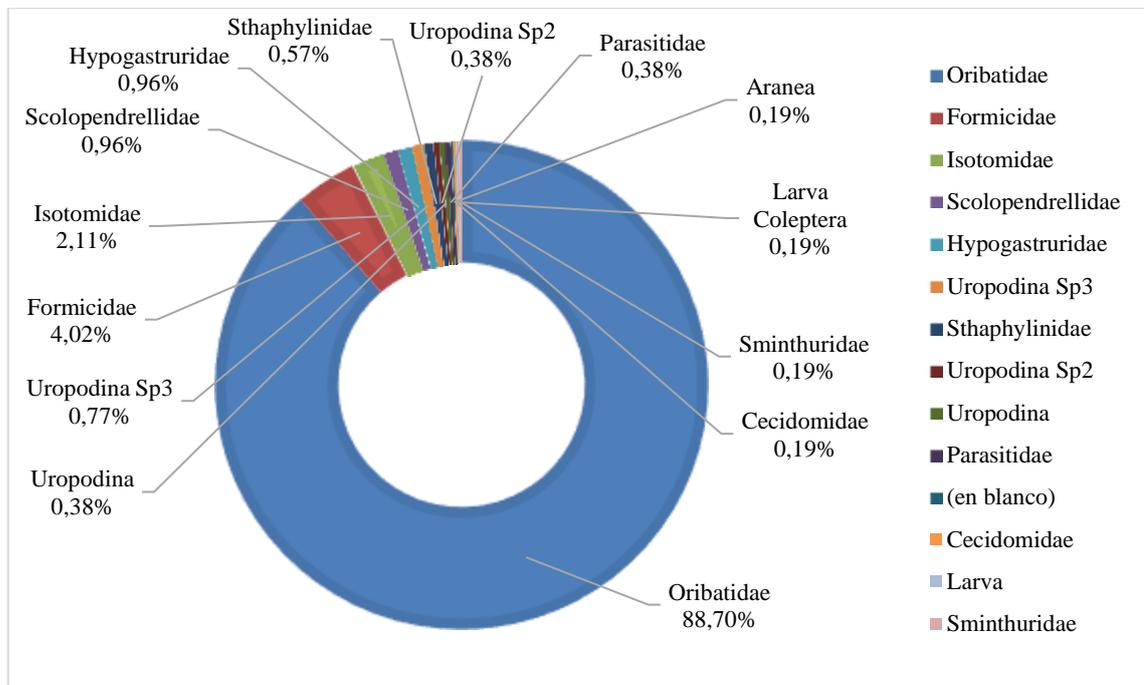


Ilustración 4-13: Porcentaje de familias más representativas en la unidad experimental 3

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

La mayoría de los individuos encontrados pertenecen al grupo taxonómico Oribatidae, representando el 93,70% del total individuos siendo una familia común en zonas de bosque como lo detallan (Gómez, et al., 2019, pág. 1) estos se encargan de procesos alimentarios variados considerándose indicadores de salud de suelo. La familia Isotomidae con 1,11% de presencia como lo estable (Elida, 2013, pág. 16) este es una familia que se encuentra en abundancia dentro de la zona edáfica boscosa indicando estabilidad el suelo. Las familias Scolopendrellidae,

Hypogastruridae, Parasitidae y Aranae, junto con Oribatidae sp2, se encuentran en proporciones mucho menores, cada uno representando aproximadamente el 1,11% del total.

Por otro lado, las familias que se encuentran en menos proporción como lo son Oniscidea la cual es beneficiosa para el ecosistema como lo describe (Marmaneu, et al., 2019, pág. 270) esta es un descomponedor fragmentando material vegetal para el ciclo de nutrientes. Las familias Staphylinidae, Liposcelididae y Larva de Coleoptero que están presentes en proporciones aún más bajas, cada uno representando aproximadamente el 0,37% del total. Estos resultados muestran una distribución desigual de los grupos taxonómicos dentro de la muestra, con una clara dominancia de Oribatidae en comparación con otros grupos.

4.2.2.4. Familias presentes en la unidad experimental 4

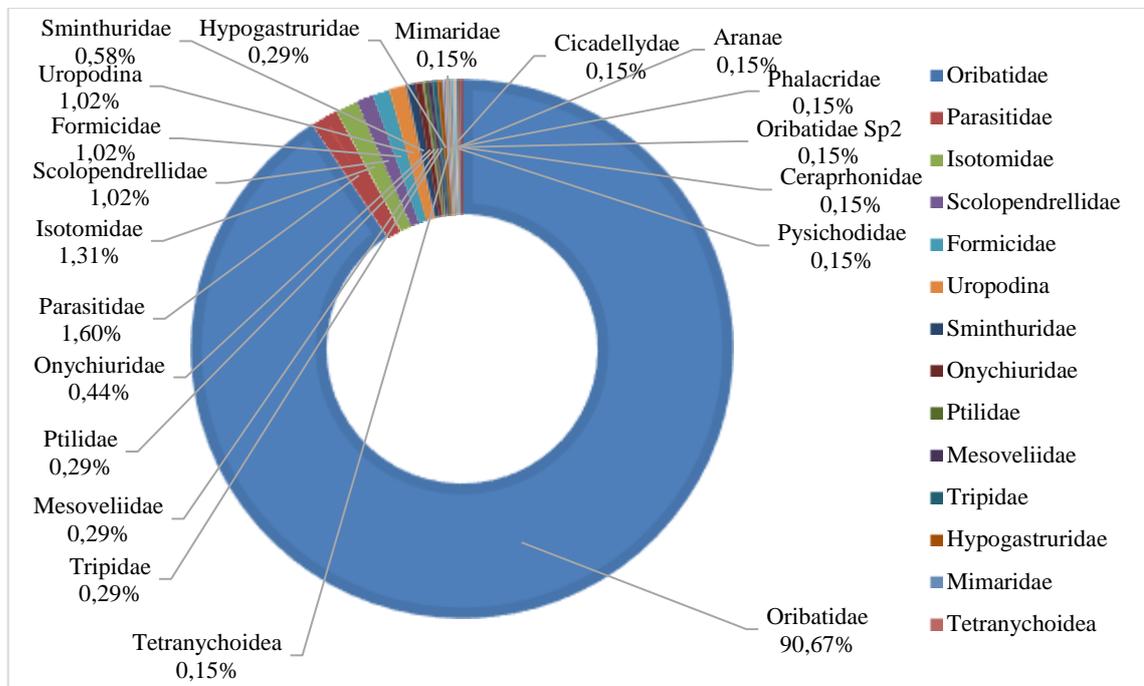


Ilustración 4-14: Porcentaje de familias más representativas en la unidad experimental 4

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

En lo que respecta a la ilustración 4-14, se detalla el porcentaje de presencia de familias presentes en la unidad experimental 5, siendo la familia Oribatidae, una de las más abundantes dentro de la muestra con un 90,67% de presencia lo que corrobora (Marín, et al., 2015 pág. 2) donde menciona que esta familia de ácaros Oribatidos conforman la mayoría de meso organismos edáficos dentro de zonas boscosas denotando que el suelo se encuentra saludable. Se encuentran la familia Parasitidae con 1,60% de individuos de esta familia siendo beneficiosos para el suelo

ya que como lo describe (Bonilla, 2023, pág. 8) en su estudio, estos colonizan cadáveres de insectos y se encargan de alimentarse de otros ácaros manteniendo estable las poblaciones.

La familia Isotomidae con un 1,31% son una familia importante dentro del medio edáfico como lo establece (Zachrisson, et al., 2017, pág. 4) en su investigación haciendo referencia que esta familia es beneficiosa para el suelo ya que son indicadores de calidad y salud edáfica, Scolopendrellidae, Formicidae y Urupodina con un 1,02% respectivamente como un aporte mediano de abundancia dentro de esta muestra. Las familias Sminthuridae, Onychiuridae, Ptilidae, Mesoveliidae, Tripidae, Hypogastruridae, Mimaridae, Tetranychosida, Cicadellidae, Psychodidae, Phalacridae, Ceraphronidae y Oribatidae Sp2 se encuentran en menor abundancia.

4.2.2.5. Familias presentes en la unidad experimental 5

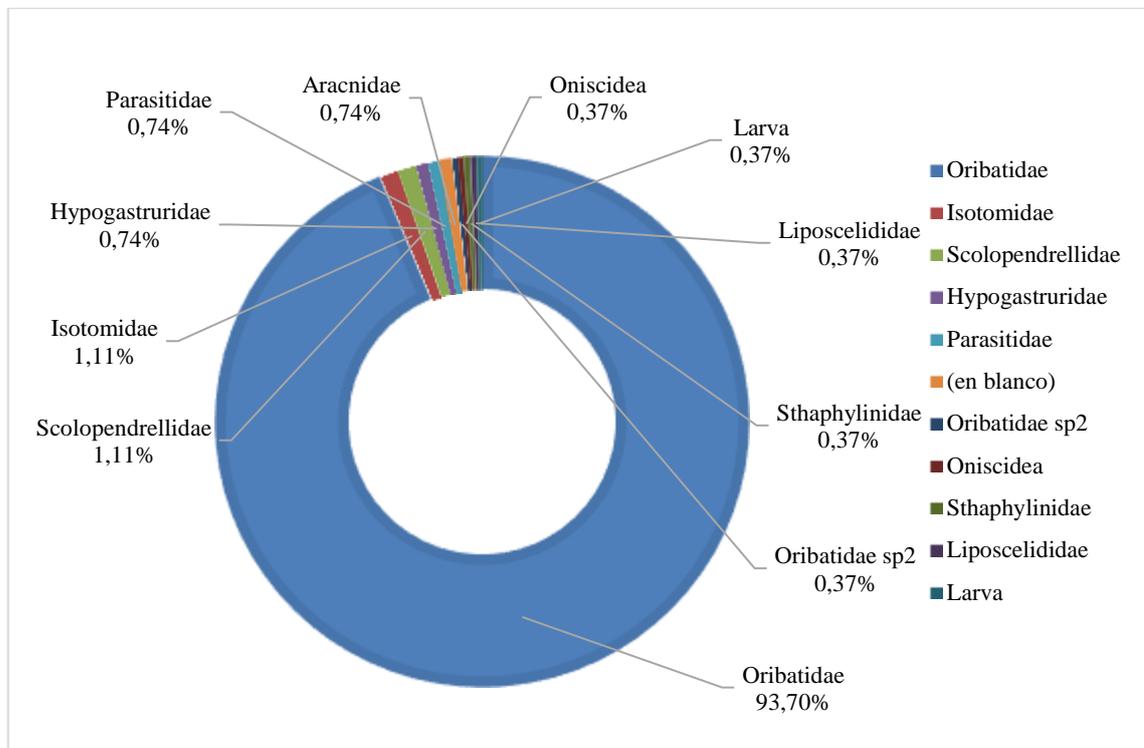


Ilustración 4-15: Porcentaje de familias más representativas en la unidad experimental 5

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

El análisis de resultados que se detalla dentro de la Ilustración 4-13 destaca que la familia Oribatidae, representa la gran mayoría en la muestra con un 93,70%, en comparación de las demás unidades experimentales esta no posee una abundancia considerable de esta familia y como lo detallan (Alvarez, et al., 2020, pág. 3) en su estudio esto se debe a que esta familia necesita un sistema poroso adecuado y al no poseer gran cantidad de hojarasca limita la mineralización

de la MO creando limitación en la disponibilidad de alimento para el desarrollo óptimo de esta familia.

Además, existe una predominancia considerable de las familias Isotomidae y Scolopendrellidae con un 1,11% de abundancia respectivamente como lo detalla (Uribe, et al., 2010, pág. 156) en su estudio la presencia de estas familia es importante ya que son beneficiosos para la estructuración edáfica que ayudan a que las raíces se beneficien en la liberación nutrientes y son una fuente alimento para otros individuos porque son importantes para la cadena trófica del suelo. Dentro de la muestra también existen familias con menor presencia como Tetranychosida, Uropodina, Eulophidae, Ptilidae e Hypogastruridae.

4.2.2.6. Familias presentes en la unidad experimental 6

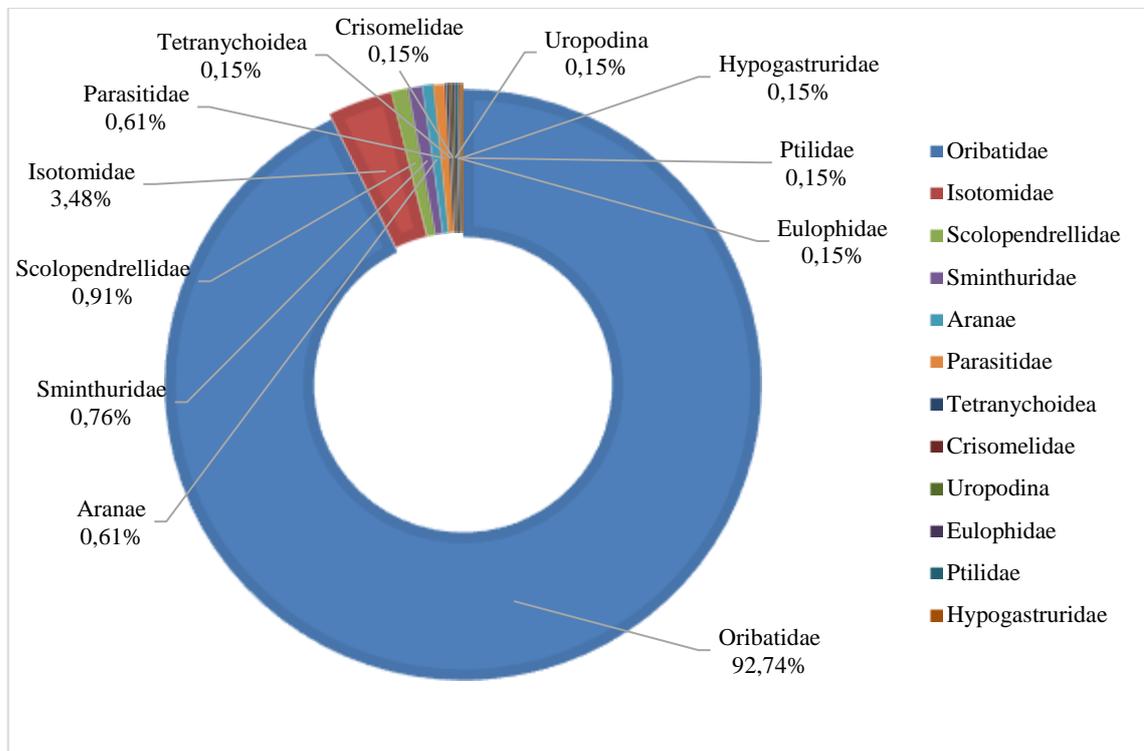


Ilustración 4-16: Porcentaje de familias más representativos en la unidad experimental 6

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

La familia que presentan una clara predominancia dentro de la unidad experimental 6 es la familia Oribatidae con un porcentaje de abundancia total dentro de la muestra de 92,74% siendo coherente con el estudio de (Marín, 2013, pág. 74) quienes encontraron mayor abundancia de esta familia en los primeros centímetros de suelo de un área natural siendo los más comunes. La familia Isotomidae siendo una de las familias con una presencia significativa dentro de la

muestra edáfica con un porcentaje de presencia del 3,48% que como lo explica (Galán, 2021, pág. 23) esta familia se encuentra dentro de hojarasca y sedimentos cumpliendo el rol de micrófagos. Las familias Scolopendrellidae con un porcentaje de 0,91% y Sminthuridae se encuentra en un 0,76%.

Las familias Araneae y Parasitidae que se encuentran en menor medida, pero tienen un porcentaje considerable de individuos de 0,61% dentro de la muestra estos siendo semejante con el estudio de (Khakestani, et al., 2022) donde detalla que estas familias mantienen saludable la cadena trófica del suelo. Las familias que poseen un porcentaje mínimo de presencia dentro de la unidad muestral son las familias Tetranychoida, Crisomelidae, Uropodina, Euphidae, Ptilidae e Hypogastruridae con 0,15% de presencia en la muestra.

4.2.3. Porcentaje total de familias presentes en todas las muestras

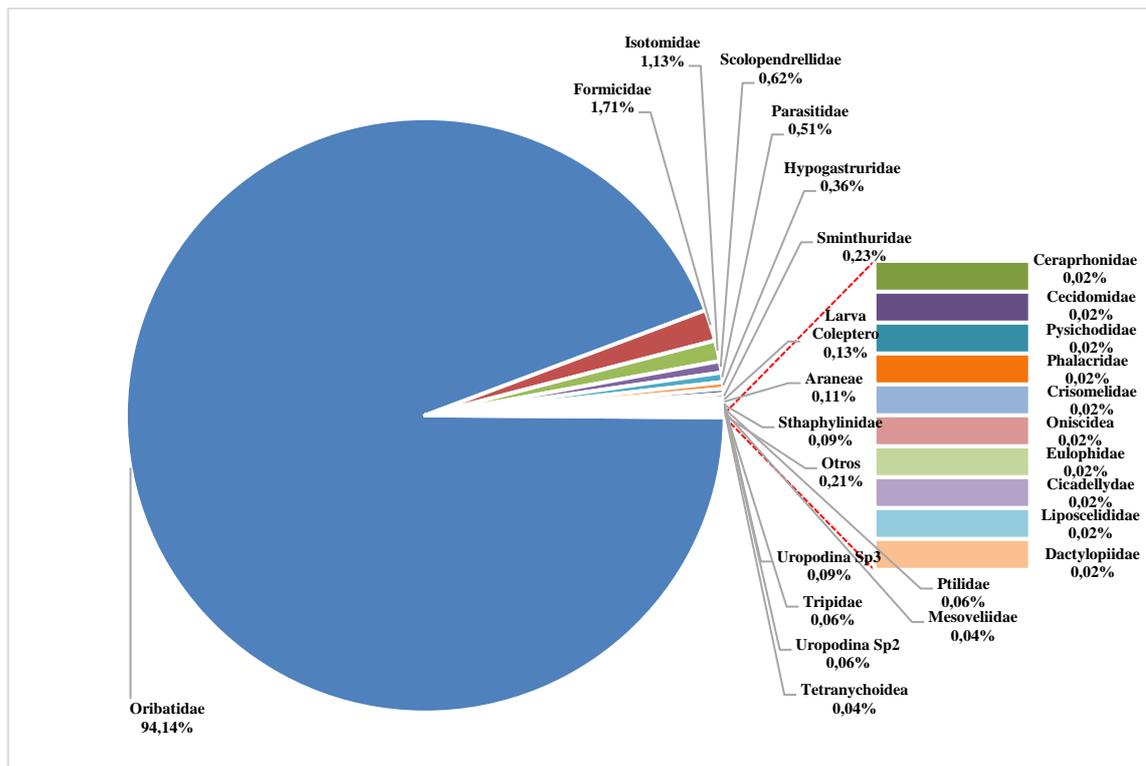


Ilustración 4-17: Porcentaje de familias presentes en todas las Unidades Experimentales

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

En las muestras totales analizadas la familia Oribatidae posee una presencia del 94,14% siendo la familia más abundante que como lo describe (Iglesias, et al., 2017, pág. 18) esta familia se encarga de descomponer los restos vegetales aportando de forma directa o indirectamente en la reincorporación de nutrientes de las zonas boscosas. La familia Formicidae posee un 1,71%

siendo la segunda familia más representativa dentro del total de las muestras analizadas, la presencia de este grupo es beneficiosa como lo describe (Choca, et al., 2021) este grupo es responsable de crear estructuras y poros en donde se retiene agua y ayuda a mantener una aireación constante del suelo.

La familia Isotomidae presenta un 1,13% de presencia. El 0,62% corresponde a la familia Scolopendrellidae. La familia Parasitidae posee un 0,51% de individuos. Hypogasturidae con el 0,36%. Sminthuridae posee un 0,23% de presencia dentro de las muestras. Las familias con menos presencia dentro de las muestras son Ceraphonidae, Cecidomidae, Pysichodidae, Phalacridae, Crisomelidae, Oniscidae, Eulophidae, Cicadellydae, Liposcelididae, Dactylopiidae con un porcentaje del 0,02% respectivamente dentro de las muestras analizadas.

4.2.4. Funciones de los órdenes en los ecosistemas

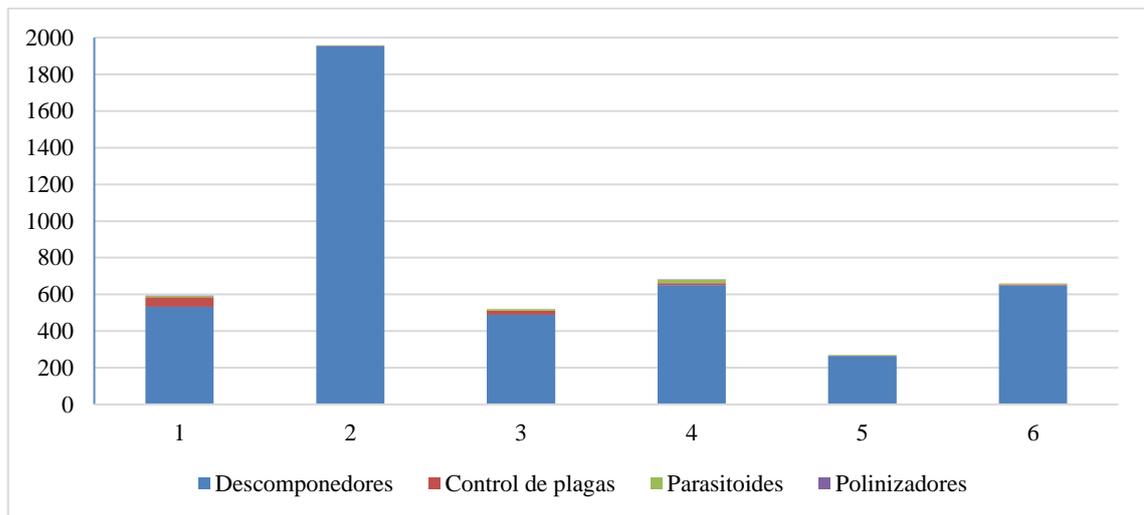


Ilustración 4-18: Funciones de los órdenes en los ecosistemas

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

Como se observa en la figura 4-16 los descomponedores son mayoría en todas las unidades experimentales ya que es está dominada por el orden Sarcopiformes los cuales se encargan de realizar esta función en los ecosistemas, siendo un rol importan en la zona de estudio ya que como lo muestra (FAO, 2017) en su trabajo este orden se encarga de descomponer la materia orgánica como hojarasca presente en la zona edáfica acelerando la descomposición.

Los controladores de plagas en el ecosistema como el orden Aranea y Mesostigmata que se encargan de mantener las poblaciones de ácaros estables dentro del medio edáfico. Los parasitoides son parte de la muestra con una presencia no muy significativa que como lo

detallan (Valladares, et al., 2007) este grupo es beneficioso para el control poblacional de otras especies de ácaros ayudando a que ciertas especies no se conviertan en plagas. Los polinizadores que se encuentran en menor medida dentro de la muestra, pero realizan funciones importantes en el ecosistema ayudando a polinizar la vegetación local.

4.2.5. Índices de diversidad en cada UE

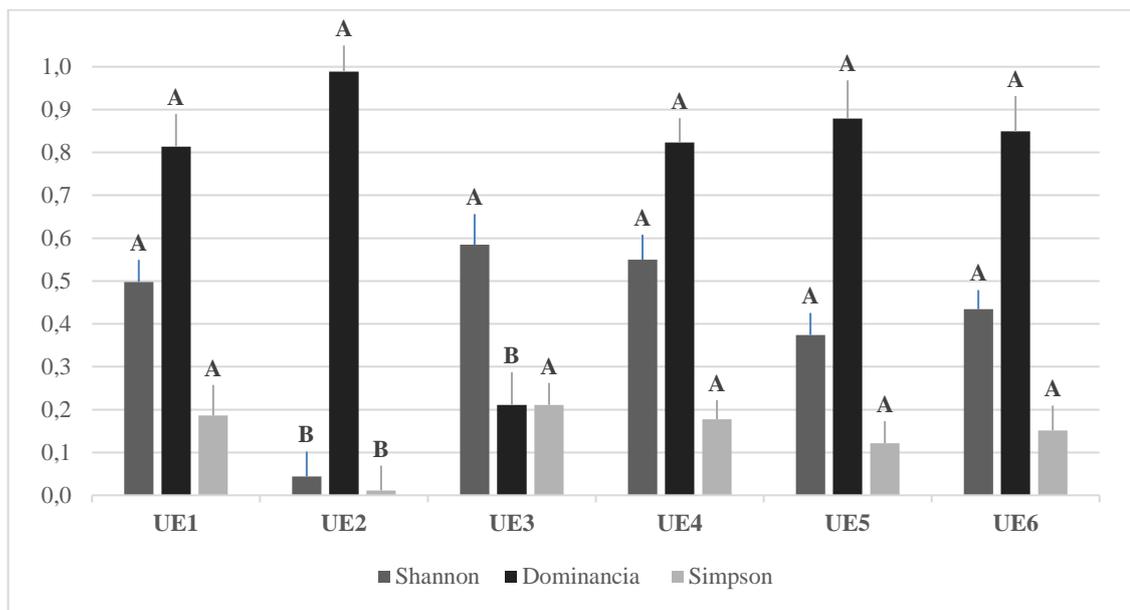


Ilustración 4-19: Índices de diversidad en cada UE

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

El índice de Simpson observado en la tabla 4-1 para cada una de las muestras detalla que la UE 3 y 4 presentan un mayor índice de diversidad de Shannon de 0,6, mientras que la UE 2 presenta una diversidad baja de 0,04 comparando con el estudio realizado por (Vivas, 2015, pág. 40) en donde presenta baja diversidad ya que existe dominancia de una sola especie de mesofauna en la muestra. El valor de dominancia es mayor dentro de la UE 2 ya que el orden Sarcotiformes presenta una abundancia dentro de la muestra, siendo este el orden más dominante en cada Unidad Experimental. El índice de Simpson detalla que mientras menos dominancia de una especie exista en la muestra mayor será el índice de diversidad.

El índice de Shannon arrojó un valor mayor en la UE 3 con un valor de 0,585 siendo un valor normal para un ecosistema natural mientras que la UE 2 presenta un valor de diversidad menor con un 1,011 siendo comparable al estudio realizado por (Chávez, et al., 2012 pág. 211) en donde se

obtiene un valor de índice de Shannon menor en la muestra ya que es donde existe mayor dominancia de una especie específica dentro de los datos obtenidos.

4.3. Mapas de la actividad biológica del RVSY

4.3.1. Interpolación de abundancia de lombrices por cada unidad experimental

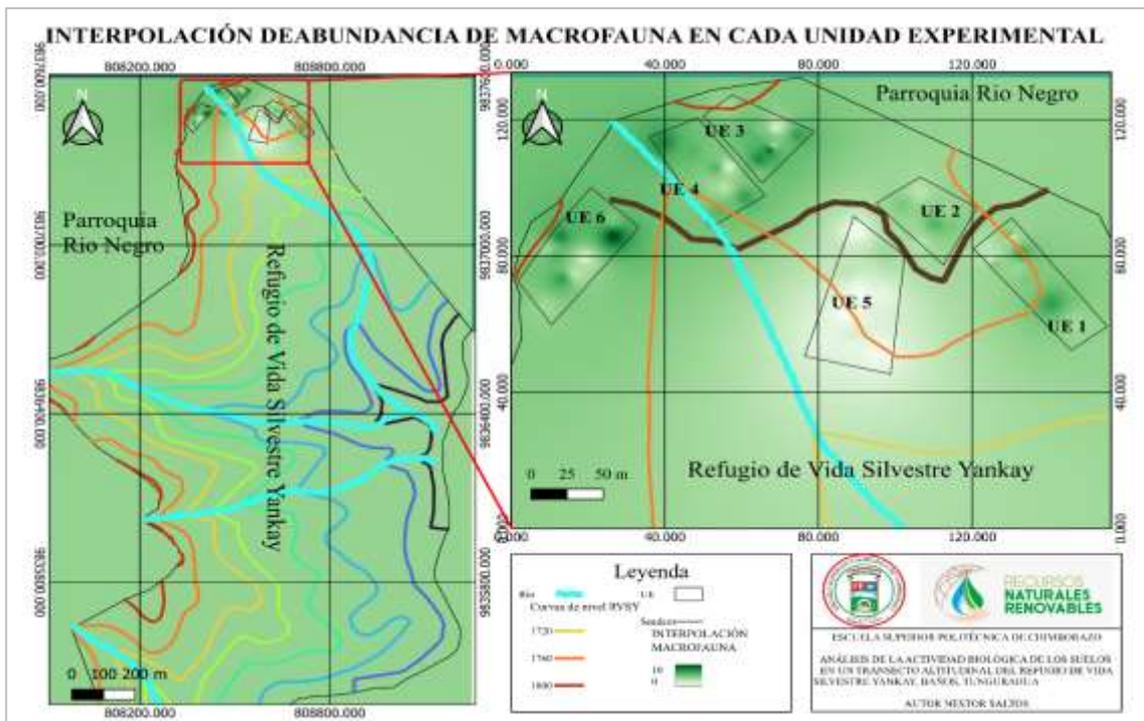


Ilustración 4-20: Interpolación de abundancia de lombrices en cada unidad experimental

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

En la ilustración 4-7, se realizó el análisis de interpolación IDW de la zona de estudio que como lo detalla (Martínez, 2018) este procedimiento permite observar las zonas de mayor abundancia ubicadas a una altura de 1760 y 1800 msnm y ubicadas a pocos metros de los riachuelos en donde se denota que entre las UE 3, 4 y 6 con un total de 56, 52 y 55 individuos respectivamente y en áreas de las UE 1 y 2 con 45 y 44 lombrices una zona delimitada por el color verde claro y oscuro.

Las zonas delimitadas por el color verde claro y blanco, se encuentran alrededor de los 1720 msnm y siendo una zona que ha sido explotada por el pastoreo a esta pertenece la UE 5 la cual

presentó un conteo bajo de 9 individuos por monolito, esta área presenta una baja probabilidad de encontrar cantidad considerable de lombrices de alrededor de 2 a 3 lombrices y en las zonas delimitadas por el color blanco que son zonas donde encontrar lombrices sería casi nulo. La zona denotada por color blanco en la UE 5 son zonas rodeadas de pasturas y en las que se ha notado presencia de pastoreo dentro de esta área.

4.3.2. Hotspot de abundancia de lombrices por monolito en cada unidad experimental

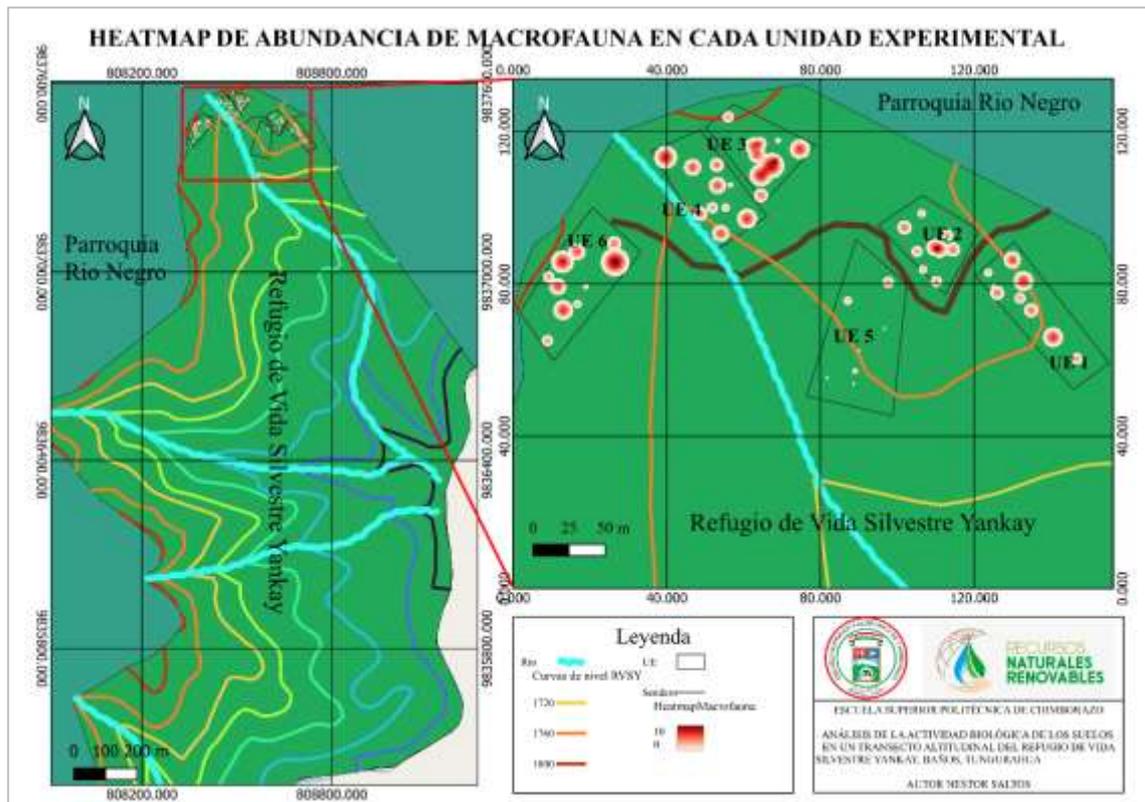


Ilustración 4-21: Hotspot de lombrices por monolito en cada unidad experimental

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

Al realizar al mapa de calor para la abundancia de lombrices presentes en cada monolito se logra observar que las unidades experimentales 3, 4 y 6 presentan puntos de calor más notorios que las demás unidades experimentales, ya estas son zonas poco intervenidas en donde se conserva el remanente de bosque natural, las unidades experimentales 1 y 2 son áreas que se encuentran cerca a zonas que han sido intervenidas en menor medida por el pastoreo que se presenta alrededor de la zona norte del refugio de vida silvestre Yankay.

Mientras que se visualiza que dentro de la unidad experimental 5 los puntos de calor son casi inexistentes ya que no presenta una abundancia representativa de lombrices, ya que esta zona se

encuentra intervenida por pastura y el pastoreo que fue realizado dentro de esta área no favorece a que la macrofauna se desarrolle adecuadamente siendo comparable con el estudio de (Sánchez, et al., 2011) en una zona de pastura en donde se presenta una cantidad baja de materia orgánica que hace las lombrices no se sientan atraídas por zonas como estas, ya que la pastura solo genera compactación y no permite que estas atraviesen la masa edáfica superficial.

4.3.3. Interpolación abundancia de mesofauna

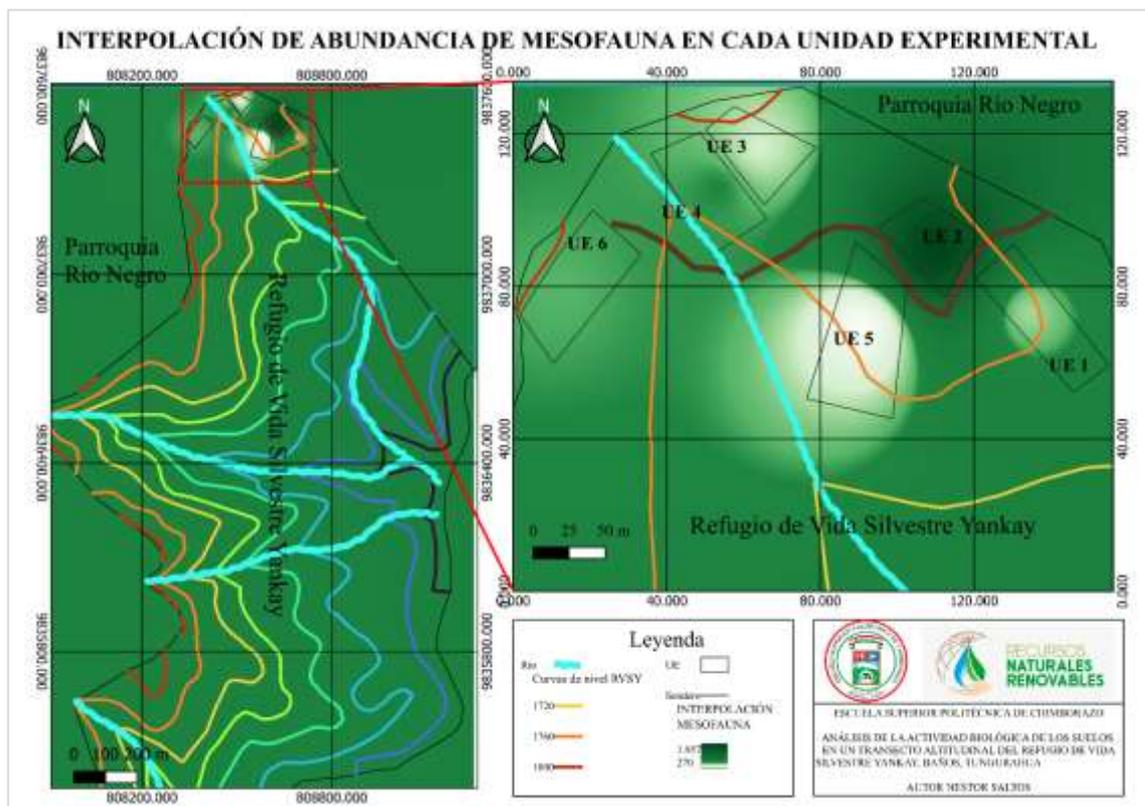


Ilustración 4-22: Interpolación de abundancia de mesofauna en cada unidad experimental

Realizado por: Saltos, Nestor, 2024

La interpolación realizada en la ilustración 4-21 demuestra que la zona 2 posee un conteo elevado de individuos de mesofauna con un valor máximo de 1957 siendo la zona con mayor número de especímenes de mesofauna al compararla con las demás áreas muestreadas esto se compara al estudio implementado por (López, et al., 2017) en donde la interpolación con valores mayores se presenta en zonas boscosas y con mayor MO en el suelo. Las UE 3 y 1 presentan valores medios de 522 y 593 respectivamente. Las UE 4 y 6 se encuentran en la zona delimitada por el color verde oscuro ya que estas presentan un conteo de individuos de 686 y 661 respectivamente. La zona 5 presenta valores mínimos dentro del conteo total de individuos de mesofauna la cual presento un valor de 270 individuos.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Los suelos que se encuentran cubiertos de remanentes de bosque los cuales crean espacios saludables y necesarios para que esta especie pueda proliferar de manera adecuada presentan mayor cantidad de lombrices siendo considerados suelos saludables, dentro de la unidad experimental 5 con una cantidad de 9 individuos se obtuvo un conteo bajo de lombrices debido a que esta zona se encuentra dominada por pastizales que generan compactación en el suelo y además esta zona ha sido utilizada como zona de pastoreo para el ganado vacuno causando cambios en las propiedades físicas de la zona edáfica.
- El suelo muestreado del refugio de vida silvestre Yankay presentó un total de 14 órdenes y 30 familias en total, por lo tanto, el orden Sarcoptiformes muestra una presencia del 94,28% siendo el orden más dominante dentro del sistema edáfico ya que este orden es importante para la descomposición de restos vegetales en los sectores de bosque. Además, este sistema edáfico se encuentra saludable ya que existe la presencia de los órdenes Hymenoptera, Collembola, Mesostigmata y Myriapoda denotando que la cadena trófica del suelo se encuentra saludable. Los valores de índice de Simpson y Shannon poseen valores numéricos bajos ya que se ven afectados por la gran dominancia del orden Sarcoptiformes presente en las muestras analizadas mientras que el valor de dominancia es alto en las unidades experimentales 1,2,4,5 y 6 menos en la unidad Experimental 3 donde el índice de dominancia no es tan alto.
- Los mapas de interpolación y *hotspot* implementados denotaron patrones de distribución de la abundancia de macro y meso fauna en cada zona muestreada las cuales se ubicaron a una altura desde los 1720 a los 1800 msnm. Las áreas favorables para que estos individuos puedan desarrollarse de forma óptima se presentan en las zonas dominadas por bosque secundario poco intervenidos y lugares donde existe una fuente de agua constante cercana

que mantiene la humedad del área mientras que la unidad experimental 5 en donde no existe una abundancia considerable de diversidad de macro y meso fauna edáfica ya que no existe presencia de hojarasca y las propiedades físicas de la zona edáfica son diferentes por el cambio de uso del suelo que se ha estado dando con anterioridad a comparación de las zonas donde predominan los remanentes de bosque.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda generar acciones correctivas dentro de la zona de pastoreo que actualmente forma parte del refugio de vida silvestre Yankay, para que de esta manera se puedan recuperar esta zona de bosque y se permita la expansión del área forestal y el desarrollo adecuado de la macro y meso fauna edáfica.
- Se sugiere seguir con estudios sobre la composición de la meso fauna del suelo en áreas correspondientes al refugio de vida silvestre Yankay ya que esto ayudaría a obtener datos sobre la composición de la meso fauna de la zona a nivel temporal. Se debe considerar los estudios de mesofauna para áreas protegidas ya que a través de estos se pueden desarrollar planes de forestación y reforestación debido a que las poblaciones de mesofauna influyen en la cadena trófica y en el ciclo de nutrientes.
- Implementar datos geoespaciales del refugio de vida silvestre Yankay que ayuden en la toma de decisiones para mejorar la estructura edáfica y la zona forestal del área protegida para que de esta manera se puedan generar escenarios posibles que puedan ocurrir dentro del refugio de vida silvestre Yankay.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, C., & QUILLE, E. *Evaluación de la calidad y salud del suelo de los ríos Zamora y Zamora Huayco, subcuenca del río Zamora, cantón Loja – Ecuador.* 2021. Quito, Ecuador : s.n., 2021.

AGUIRRE, A. *Fauna edáfica (ácaros uropodina) como bioindicadores de la calidad del suelo de manglar en dos localidades (Mahual y xahuaxol) del caribe mexicano.* Chetumal : s.n., 2021. págs. 4-5-6.

AGUIRRE, S.; et al. *Relación entre nutrientes con carbono, nitrógeno y materia orgánica en suelos de la zona bananera de Colombia.* s.l. : Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 2021. Vol. 13.

ALONSO, S.; et al. *Modelado de la conductividad eléctrica aparente para la mejora de la evaluación de propiedades de suelos agrícolas.* [ed.] Universidad de Buenos Aires Facultad de Agronomía. Buenos Aires : Departamento de ingeniería agrícola y uso de la tierra. 2022. pág. 82.

ALVAREZ, M.; et al. *Edaphic variables conditioning the habitat of oribatid mites in Luvic Phaeozems under forest plantations (Buenos Aires, Argentina).* Buenos Aires : s.n., 2020. pág. 3.

ANICAMA, A., & MORON, S. *Indicadores Biológicos Asociados a la Calidad del Suelo: Revisión Sistemática.* 2021.

ARENAS, A., & ARMBRECHT, I. *Gremios y diversidad de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en tres usos del suelo de un paisaje cafetero del Cauca-Colombia.* Cali : s.n., 2017. pág. 49.

ÁVILA, C.; et al. *Bio-indicadores del Suelo.* s.l. : Unidad Académica de Ingeniería Agronómica, Minas, Veterinaria y Ecología, 2014.

BARBA, M. Potencial productivo de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en la dinamización de los agroecosistemas. *Dspace.esPOCH.edu.ec.* [En línea] 2021. [Citado el: 25 de Noviembre de 2023.] <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15614/1/17T01641.pdf>.

BARREZUETA, S.; et al. *Evaluación del método de ignición para determinar materia orgánica en suelos de la provincia El Oro-Ecuador.* Machala : Revista FAVE - Ciencias Agrarias , 2020. pág. 26.

BAUTISTA, B. *diversidad de chilopoda (myriapoda) y scarabaeidae (coleoptera) de acuerdo a una gradiente de perturbación en la reserva de biósfera del manu (madre de dios.* Cusco : s.n., 2023. pág. 2.

BAUTISTA, F., HUERTA, E., & BROWN, G. *Macroinvertebrados del suelos y lombrices de tierra.* 2011.

BELTRÁN, L. *Diversidad de Miriapodos (diplopoda y chilopoda) en dos localidades de San Ignacio, Sinaloa.* Sinaloa : s.n., 2018. pág. 2.

BONILLA, L. *"Acarofauna asociada a sitios de deposición de cadáveres de cerdo Sus scrofa domestica en arroyo seco, Querétaro.* Querétaro, Qro. : s.n., 2023. pág. 8.

BRIONES, N. dspace.utb.edu.ec. *Importancia de la lombriz roja californiana Eisenia fetida y su comercialización.* [En línea] 2023. [Citado el: 26 de Noviembre de 2023.] <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/14022/E-UTB-FACIAG-AGRON-000061.pdf?sequence=1>.

BROWN, S.; et al. *Física del suelo.* University of Saskatchewan : Canadian Society of Soil Science, 2023.

BUENO, R., & FERNANDEZ, J. *La capacidad de intercambio catiónico del suelo: una b&v&eda de nutrición clave en la producción de alimentos.* 2019. Vol. IV.

BUENO, R., & FERNÁNDEZ, J. *Impacto de los residuos de cosecha en la capacidad de intercambio catiónico de suelos Entisoles.* s.l. : Utopía - Working papers, 2022. pág. 8.

CABRERA, G. *La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba.* La Habana, Cuba : s.n., 2012. págs. 350-351.

CABRERA, G., & LÓPEZ, G. *Caracterización ecológica de la macrofauna edáfica en dos sitios de bosque siempreverde en El Salón, Sierra del Rosario, Cuba.* Sierra del Rosario : s.n., 2018. pág. 364.

CABRERA, G.; et al. *Macrofauna edáfica: composición, variación y utilización como bioindicador según el impacto del uso y calidad del suelo.* 2022. pág. 2.

CABRERA, G., SÁNCHEZ, J., & PONCE DE LEÓN, D. *Macrofauna edáfica: composición, variación y utilización como bioindicador según el impacto del uso y calidad del suelo.* La Habana : Acta de botánica cubana, 2022. págs. 5-6.

CABRERA, HÉCTOR; et al. *Oribátidos, colémbolos y hormigas como indicadores de perturbación del suelo en sistemas de producción agrícola.* Veracruz : s.n., 2019. pág. 232.

CALDERÓN, C., BAUTISTA, G., & ROJAS, S. *Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta.* Meta : s.n., 2018. pág. 153.

CALDERÓN, C., ROJAS, S & BAUTISTA, G. *Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta.* s.l. : Instituto de Investigaciones de la Orinoquia Colombiana, 2018. Vol. 22.

CAMACHO, LAURA. *Colémbolos como controladores biológicos de hongos fitopatógenos.* 2020. págs. 19-20.

CANTÚ, I., & LUNA, E. *Reservorio de Nitrógeno y relación C:N de un Umbrisol bajo manejo forestal en Durango, México.* Nuevo León : Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 2022. pág. 83. Vol. 13.

CARRETTA, M. *Estudio de Coleoptera Scarabaeidae en ecosistemas naturales y modificados por el hombre en la localidad de Junín, BS. AS.* Buenos Aires : s.n., 2018.

CARRILLO, M.; et al. *Lista de miriápodos (Arthropoda: Myriapoda) de la región Caribe colombiana.* Bogotá : Universidad de Cartagena, 2022.

CASAS, C.; et al. *Biodiversidad del suelo.* 2020. págs. 33-34-35.

CASTELLANOS, L.; et al. *Abundancia y diversidad de la mesofauna del suelo en seis municipios de Norte de Santander, Colombia.* Norte de Santander : s.n., 2021.

CASTRO, D. *Clase Collembola.* 2024.

CASTRO, J. *Papel de la fauna edáfica en el funcionamiento de los ecosistemas agrícolas.* Universidade de Vigo, España : s.n., 2017. pág. 17.

CASTRO, M. *Ácaros Mesostigmata como potenciales controladores de Thrips tabaci Lindeman en el cultivo de cebolla Allium cepa L.* Bogotá D.C., : Universidad Nacional de Colombia, 2018. pág. 8.

CELIS, R.; et al. *Impacto sobre indicadores físicos y químicos del suelo con manejo convencional de coca y cacao.* Milagro : Universidad Estatal de Milagro, 2020. Vol. 13.

CHAMORRO, Y. *Estructura de la Macro, Meso y Microfauna del Suelo y su Relación con Parámetros de Calidad del Suelo en Unidades Agrícolas del Norte de Colombia: Implicaciones Ecológicas.* Barranquilla : s.n., 2022. págs. 25-26-27.

CHÁVEZ, LICET.; et al.. *Caracterización de la mesofauna edáfica en cinco agroecosistemas de pastizales de la provincia de Granma, Cuba.* 2012.

CHÁVEZ, LICET.; et al. *Caracterización de la mesofauna edáfica en cinco agroecosistemas de pastizales de la provincia de Granma, Cuba.* Mayabeque : s.n., 2019.

CHERLINKA, V. EOS DATA ANALYTICS. *Conservación Del Suelo: Cómo Manejarla e Implementarla.* [En línea] 2021. [Citado el: 08 de Noviembre de 2023.] <https://eos.com/es/blog/conservacion-del-suelo/>.

CHOCA, E., & VEGA, J. Evaluación de la macrofauna del suelo en palma africana en las zonas de Santo Domingo y Esmeraldas. *Repositorio.espe.edu.ec.* [En línea] 19 de agosto de 2021. [Citado el: 03 de marzo de 2024.] <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/25865/1/T-ESPESD-003122.pdf>.

CLEMENT, F. *Efecto del incremento de temperatura sobre la actividad alimentaria de la fauna edáfica y la actividad enzimática en atrosoles urbanos.* Madrid : Máster Universitario en Restauración de Ecosistemas, 2022. págs. 5-6.

CORRALES, M.; et al. Diversidad de macro y mesofauna en el norte del corredor seco Nicaragüense. [En línea] 2018. [Citado el: 12 de febrero de 2024.] <https://repositorio.unan.edu.ni/9392/1/18892.pdf>.

CREMONA, M., & ENRIQUEZ, A. *Algunas propiedades del suelo que condicionan su comportamiento: El Ph y la Conductividad Eléctrica.* Buenos Aires : s.n., 2020. pág. 6.

DAVILA, P., & VILCHEZ, H. *Utilización de lombrices de tierra (Eisenia foetida) para la reducción de la concentración de DDT en suelos del Centro Poblado las Malvinas, Moyobamba, 2019.* Moyobamba : s.n., 2019. págs. 5-6.

DI GERONIMO, P.; et al. *Distribución de carbono y nitrógeno orgánico en fracciones granulométricas de los suelos bajo pastizales, agricultura y forestaciones.* Buenos Aires : s.n., 2018. págs. 12-13.

DOMÍNGUEZ, M. *Orden Symphyla.* Madrid : s.n., 2015.

EFEverde. efeverde.com. *Los suelos con mayor biodiversidad no tienen una protección adecuada.* [En línea] 12 de Octubre de 2022. [Citado el: 22 de Noviembre de 2023.] <https://efeverde.com/suelos-mayor-biodiversidad-no-tienen-proteccion-adecuada/#:~:text=%E2%80%9CLas%20zonas%20protegidas%20se%20han,Baquerizo%2C%20del%20IRNAS%2DCSIC..>

ELIDA, M. *Poblaciones de ácaros y colémbolos en un suelo Humis Dystrudepts con incorporación de abonos verdes y cultivado con maíz Zea Mays L.* Palmira : s.n., 2013.

EPELDE, L.; et al. *Variables que afectan a la diversidad de organismos del suelo en zonas verdes de la ciudad de Donostia-San Sebastián.* Derio : Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario, 2020. págs. 4-6.

ERAZO, E. *USO DE ALGORITMO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA DESARROLLAR UNA METODOLOGÍA PARA MEDIR LA TEXTURA DE LOS SUELOS.* Riobamba, Ecuador : s.n., 2019.

ESPOCH. Estación Experimental Rio Negro. *Espoch.edu.ec.* [En línea] 2023. [Citado el: 20 de Noviembre de 2023.] <https://historicoweb.espoch.edu.ec/index.php/estaciones-experimentales/280-rio-negro.html>.

ESTRADA, M., et al. 2021. *Comportamiento de la tasa de infiltración y su relación con parametros físicos-químicos de los suelos como indicadores en la mejora de la conservación del agua, en los lugares intervenidos con el proyecto + Agua + Identidad.* Montevideo : s.n., 2021. pág. 3.

FAO. Alianza Mundial por el Suelo. *FAO.org.* [En línea] 2023. [Citado el: 2 de Diciembre de 2023.] <https://www.fao.org/global-soil-partnership/pillars-action/2-awareness-raising/soil-doctor/en/#c853850>.

FAO. FAO. *Propiedades físicas del suelo.* [En línea] 2023. [Citado el: 22 de Noviembre de 2023.] <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>.

FAO. FAO. *Propiedades Químicas del suelo.* [En línea] 2023. [Citado el: 21 de Noviembre de 2023.] <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>.

FAO. *Materia Orgánica y Actividad Biológica. Conservación de los recursos naturales para la agricultura sostenible.* 2017.

FIGUEROA, D. *Composición de ácaros Oribátidos y Colémbolos de la reserva estatal sierra monte negro, Morelos, México.* Cuernavaca : s.n., 2021. pág. 16.

GABRIELS, D. *Métodos para determinar granulometría y densidad aparente.* Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. : s.n., 2006. pág. 40.

GALÁN, C. *Cave-dwelling fauna of a fossil cavity in the high zone of the central syncline karst of the Aralar mountain range.* San Sebastián : s.n., 2021. pág. 24.

GALLOZA, D., & PONCE, L. *Prácticas insostenibles en la biota del suelo apartir del manejo y sistemas agricolas. Una revisión sistemática entre el 2009-20019.* Trujillo : s.n., 2020. pág. 9.

GARCÍA, J.; et al. *Sellado de suelos, fragmentación y conectividad ecológica en la conurbación de Madrid (España)*. Madrid : s.n., 2020.

GENOL, YINA.; et al. *Ácaros Oribátidos presente en seis sistemas de uso del suelo en Obonuco, Pasto (Nariño)*. 2013. pág. 63.

GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL DE RIO NEGRO. 2020. *Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial del gobierno autónomo descentralizado parroquial rural Rio Negro 2019 - 2030*. Rio Negro : s.n., 2020. pág. 17.

GÓMEZ, D.; et al. *Aportes al conocimiento de los ácaros oribátidos (Arachnida: Oribatida) de Misiones*. 2019.

GÓMEZ, J.; et al. *Abundancia de colémbolos (Hexapoda: Collembola) y parámetros edáficos de una selva baja caducifolia*. [ed.] *Revista Colombiana de Entomología*. Bogotá : s.n., 2010. pág. 101.

GÓMEZ, NORA.; et al. *Los indicadores biológicos*. Buenos Aires : s.n., 2020. págs. 60-61.

GONZÁLEZ, VÍCTOR.; et al. *Evaluación de la calidad de los suelos en cultivos de caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) en la parroquia Fátima provincia de Pastaza*. Puyo : s.n., 2019. pág. 15.

GUALAN, A., & ORBE, K. *Plan de reforestación de zonas afectadas por incendios forestales nivel 2 en la comunidad pesillo-cantón Cayambe*. Cayambe : s.n., 2019. pág. 20.

GUERRERO, A. *Poblaciones de bacterias, hongos y colémbolos durante la fitorremediación del suelo contaminado con diesel*. Texcoco : s.n., 2018. pág. 53.

GUEVARA, E. *Valoración económica ambiental del recursos suelo en la parroquia rural de Licto*. Riobamba : s.n., 2020. pág. 16.

GUTIERRÉZ, M.; et al. Por qué la lombriz de tierra es uno de los animales más importantes del planeta. *BBC NEWS*. [En línea] 2019. [Citado el: 26 de Noviembre de 2023.] <https://www.bbc.com/mundo/noticias-50658932>.

HERMOSILLA, R., & TOMISHOP, R. *Indicadores Biológico*. Conferencia cuidemos nuestros Suelos. [En línea] 2014. [Citado el: 12 de febrero de 2024.]

HERNÁNDEZ, J. *Determinación de propiedades de suelos agrícolas a partir de mediciones eléctricas realizadas en campo y en laboratorio*. San Luis Potosí : Instituto Potosino de Investigación Científicay Tecnológica, A.C., 2019.

HILLEL, D. *Introduction to Environmental Soil Physics*. s.l. : Academic Press, 2003.

IGLESIAS, R., & PALACIOS, J. Nuevas aportaciones sobre Arimareas (Acari: Oribate) desde pozo La Escondida, Cerro Grande, Colima, Mex. *ResearchGate*. [En línea] 2017. [Citado el: 3 de marzo de 2024.] https://www.researchgate.net/publication/375660891_NUEVOS_APORTES_SOBRE_LOS_ORIBATIDOS_ACARI_ORIBATEI_DEL_POZO_LA_ESCONDIDA_CERRO_GRANDE_COLIMA_MEX_NEW_CONTRIBUTIONS_ON_ORIBATIDS_ACARI_ORIBATEI_FROM_POZO_LA_ESCONDIDA_CERRO_GRANDE_COLIMA_MEX.

JARAMILLO, D. *Introducción a la Ciencia del Suelo*. Medellín : Universidad Nacional de Colombia, 2002. Vol. I.

KARYANTO, A.; et al. Collembola, acari y otra mesofauna del suelo: el método Berlese. [En línea] 2011. [Citado el: 12 de febrero de 2024.] <https://docplayer.es/20091756-Ca-p-i-t-u-l-o-4-collembola-acari-y-otra-mesofauna-del-suelo-el-metodo-berlese.html>.

KHAKESTANI, N., et al. 2022. *Estructura y evolución molecular del fragmento de código de barras de la citocromo oxidasa I (COI) en Macrocheles (Acari: Mesostigmata: Macrochelidae)*. s.l. : Ecología y Evolución, 2022.

LEMA, N. Determinación de la macrofauna edáfica en distintos usos de suelo en tres agroecosistemas de la comunidad de Naubug. [En línea] 2016. [Citado el: 25 de Noviembre de 2023.] <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5419/1/TESIS%20MACROFAUNA.pdf>.

LOPEZ, J. *Realización de un mapa de distribución y riqueza de la biodiversidad de vertebrados en la comarca de la Safor*. Gandia : s.n., 2018. pág. 32.

LÓPEZ, MARICELA.; et al. *Comparación de dos métodos para analizar la proporción de riqueza de especies entre comunidades: un ejemplo con murciélagos de selvas y hábitats modificados*. México D.F. : s.n., 2017. pág. 11.

MAATE. Áreas Protegidas son pilar para la biodiversidad del país. www.ambiente.gob.ec. [En línea] 18 de 05 de 2016. [Citado el: 21 de Noviembre de 2023.] <https://www.ambiente.gob.ec/areas-protégidas-son-pilar-para-la-biodiversidad-del-pais/>.

MAATE. Ecuador, a la vanguardia en la conservación de Áreas Protegidas en Suramérica. *Ministerio de Ambiente y Transición Ecológica*. [En línea] 2019. [Citado el: 14 de 11 de 2023.] <https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-a-la-vanguardia-en-la-conservacion-de-areas-protégidas-en-suramerica/#>.

MACHADO, L.; et al. *Importancia de la biota edáfica para la productividad en agroecosistemas*. Bogotá : s.n., 2020. pág. 29.

MADRID, A.; et al. *Interpretación del diagrama de caja por estudiantes universitarios de ciencias de la actividad física y deporte*. Ciudad de México : s.n., 2022.

MARÍN, E. *Poblaciones de ácaros y colémbolos en un suelo Humic Dystrupedpts con incorporación de abonos verdes y cultivado con maíz Zea Mays L*. Palmira : s.n., 2013. pág. 74.

MARÍN, E, et al. *Poblaciones de Ácaros, Colémbolos y otra Mesofauna en un Inceptisol bajo Diferentes Manejos*. 2015. pág. 2.

MARMANEU, J.; et al. *Diversidad de isópodos terrestres (Isopoda, Oniscidea) asociados a diferentes microhábitats saproxílicos*. [ed.] Universidad de Alicante. Madrid : s.n., 2019. pág. 270.

MARTÍNEZ, V. *Áreas naturales protegidas, áreas prioritarias y diversidad de murciélagos en el caribe Colombiano*. Medellín, Colombia : s.n., 2018.

MATEO, B. *Pérdida de biodiversidad y extinción de especies a partir del modelo de los límites planetarios: su eventual recepción por el derecho*. 2023. pág. 10.

MATIENZO, Y.; et al. *Diversidad de grupos funcionales de la fauna edáfica y su relación con el diseño y manejo de tres sistemas de cultivos*. La Habana : s.n., 2015. pág. 55.

MENTA, C. *Biological indicators of soil quality The Emilia-Romagna project as example of application at regional scale.* Department of Chemistry, Life Sciences and Environmental Sustainability , University of Parma . Italy : s.n., 2017. pág. 7.

MORAN, J., & ALFARO, F. *Diversidad de macrofauna edáfica en dos sistemas de manejo de Moringa oleifera Lam. (Marango) en la finca Santa Rosa, UNA.* Managua : UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA, 2015. pág. 12.

MORAZA, M. L. *La comunidad de ácaros oribátidos (Acari: Cryptostigmata) en diversos hábitats naturales y alterados de Navarra (Sur de Europa).* 2009.

MOROCHO, M., & LEIVA, M. *Microorganismos ecientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas.* Riobamba : s.n., 2019. págs. 96-97. Vol. 46.

MÚGICA, M.; et al. *Las áreas protegidas como herramientas para reforzar las conexiones entre ciencia, gestión y sociedad.* . s.l. : Ecosistemas, 2020. Vol. 29.

MUÑOZ, M.; et al. *La biodiversidad y el carbono orgánico del suelo son esenciales para revertir la desertificación.* s.l. : Ecosistemas , 2021. págs. 4-5-6. Vol. 30.

MURILLO, F.; et al. *Fauna y microflora edáfica asociada a diferentes usos de suelo.* Veracruz : s.n., 2019. pág. 24.

NICOSIA, S.; et al. *Estructura de la comunidad de la mesofauna edáfica en dos suelos con distinta intensidad de uso.* *scielo.org.ar.* [En línea] 21 de mayo de 2019. [Citado el: 28 de Noviembre de 2023.] <http://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v38n1/v38n1a07.pdf>.

NUÑEZ, J.; et al. *Análisis de indicadores e índices de calidad de suelos en México.* s.l. : Revistas Mexicana de Ciencias Agrícolas, 2023. págs. 5-6.

NUÑEZ, J.; et al. *Efecto de tres sistemas de producción sobre el estado de la fertilidad física del suelo.* Chapingo, México : s.n., 2022. pág. 54.

OCHOA, Y. *Eficiencia de las técnicas de interpolación, relleno y generación de datos de lluvia en función del tamaño de la muestra disponible.* 2018. pág. 6.

OFEM, K.; et al. *Dynamics of soil porosity as influenced by some soil properties in a tropical humid environment.* 2021. pág. 59.

OSORIO, M.; et al. *Suelos: Caracterización e importancia.* [ed.] Santillán Lima Guido Patricio. La Plata : Puerto Madero Editorial Académica, 2022.

PACHACAMA, A. *Determinación de la afectación de los suelos colindantes a plantaciones de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y pino (*Pinus radiata*) mediante el análisis de los parámetros físico, químicos y biológicos del suelo en la comunidad Pesillo, cantón Cayambe.* Quito : s.n., 2023. pág. 78.

PACHÉS, M. *El agua en el suelo: fuerzas de retención.* [ed.] Canales y Puertos Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos. Valencia : Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, 2019. pág. 7.

PALACIOS, J., & CASTAÑO, G. *Bioindicadores: Guardianes de nuestro futuro ambiental.* México : s.n., 2014. pág. 301.

- PARRA, V., et al.** *Guía general de procedimientos para la determinación de salud del suelo.* 2023. págs. 10-11.
- PERALES, A., et al.** Indicadores de sustentabilidad del manejo de suelos en la producción de arveja (*Pisum sativum* L.) . [En línea] 2009. [Citado el: 21 de Noviembre de 2023.] <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v8n1-2/a06v8n1-2.pdf>.
- PERDOMO, A.** *Fauna edáfica: un año de estudio en sistemas agrícolas ecológicos y convencionales.* 2020. págs. 23-24.
- PÉREZ, C.** *ESTIMULACIÓN ELÉCTRICA PARA EL INCREMENTO EN LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DE Cucumis sativus EN UN ANTROSOL EMPLEANDO ELECTRODOS MODIFICADOS CON ÓXIDOS DE METALES DE TRANSICIÓN.* Santiago de Querétaro, Qro., México : s.n., 2020. pág. 14.
- PÉREZ, J.** *Causas de la pérdida global de biodiversidad.* 2020. págs. 190-191-192.
- PINCHA, J., & PILLAJO, J.** *Estudio de los efectos en la rugosidad superficial en aleaciones de aluminio 7075t6 al aplicar parámetros de corte y estrategias de mecanizado en fresado 3D.* Quito : s.n., 2019. pág. 25.
- PINOS, D.** *Calidad del suelo a partir de indicadores físicos y químicos aplicado a tres usos de suelo para la generación de propuestas de gestión por impactos en el suelo por acciones antrópicas en el bosque y vegetación protectores de Sunsun-Yanasacha.* Cuenca : s.n., 2022. págs. 22-23.
- POZO, J.** *Caracterización de la macrofauna edáfica como bioindicador del impacto de dos usos de la tierra en el centro de apoyo Manglaralto.* La Libertad : s.n., 2020. págs. 2-3.
- QUICENO, L.** *Macroinvertebrados asociados al proceso de digestión de la borra de café con residuos de alimento en pacas biodigestoras.* 2021. pág. 21.
- QUINTERO, G.** *La valoración poshumanista del ecoturismo en México a partir de los discursos ambientales y de la historia de las Áreas Naturales Protegidas.* México D.F : Letras Verdes, 2021. págs. 123-124.
- RAMÍREZ, K.; et al.** *Indicadores químicos y microbiológicos del suelo bajo aplicación de microorganismos eficientes en plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.).* Lima : s.n., 2019. Vol. I.
- RAMÍREZ, R.** *Crianza de *Eisenia Foetida* (Lombriz roja) en diferentes sustratos de desarrollo biológico.* Lima : Departamento Académico de Biología, 2021. pág. 88.
- RAMÍREZ, W.; et al. 2012.** *Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso.* Matanzas, Cuba : s.n., 2012.
- RAMOS, C.** *Interacciones biológicas y patrones espaciales de diversidad: plantas, artrópodos herbívoros y herbivoría en gradientes altitudinales.* [ed.] Instituto de Ecología Genética y Evolución de Buenos Aires (UBA-CONICET). Buenos Aires : s.n., 2018. pág. 6.
- RATTAN, L.** *Principios de Física del Suelo.* s.l. : CRC Press, 2004. pág. 10.
- REYES, S., & CANO, D.** *Efectos de la agricultura intensiva y el cambio climático sobre la biodiversidad.* 2022. pág. 54.

- RIVAS, A.** *Gobernanza de los sistemas nacionales de áreas protegidas en los andes tropicales: diagnóstico regional y análisis comparativo.* Quito : UICN, 2006. págs. 6-7.
- RIVAS, T., & ANGEL, M.** *Los principios de calidad de Deming de las Áreas Protegidas del Ecuador.* Quito : Revista de Investigaciones Turística, 2019. pág. 93.
- RUIZ, M., & PAOLINI, J.** *Indicadores biológicos de suelos lacustres y aluviales de Venezuela bajo diferentes usos. Parte 2. Evaluación de la calidad de suelos.* 2022. pág. 20.
- SAHAGÚN, F., & REYES, H.** *Impactos por cambio de uso de suelo en las áreas naturales protegidas de la región central de la Sierra Madre Oriental, México.* 2018. pág. 7.
- SALAS, A.; et al.** *Land-use change effects on the taxonomic and morphological trait composition of ant communities in French Guiana. Insect Conservation and Diversity.* 2018. págs. 162-173.
- SÁNCHEZ, S., & HERNÁNDEZ, M.** *Comportamiento de comunidades de lombrices de tierra en dos sistemas ganaderos.* Matanzas : s.n., 2011.
- SÁNCHEZ, S., & REINÉS, M.** *Papel de la macrofauna Edáfica en los Ecosistemas ganaderos.* Matanzas, Cuba : s.n., 2001. págs. 1991-1992.
- SANDLER, R.V.; et al.** *Cambio de la estructura de la comunidad de colémbolos (Hexapoda: Collembola) en relación con el disturbio antrópico de los suelos.* 2018.
- SARMIENTO, C.** *Agroecología a la carta.* Río Cuart : s.n., 2022. págs. 13-21.
- SILVA, R.** *Capacidad de retención del agua disponible en suelos agrícolas de acuerdo a la textura y al contenido de materia orgánica, transecto Huaura-Mazo.* Los Olivos : s.n., 2020. pág. 14.
- SOCARRÁS, A.** *Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo.* La Habana : s.n., 2013. Vol. 36.
- SOIL SURVEY STAFF.** *Claves para la Taxonomía de Suelos.* Departamento de Agricultura de los Estados Unidos : s.n., 2014.
- SOIL SURVEY STAFF.** *Soil Taxonomy: A Basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys.* Washington : Serv. U.S. Dept. Agric, 1975. Vol. XXXVI.
- SORIANO, M.** *pH del suelo.* Valencia : Universidad Politécnica de Valencia, 2018. pág. 6.
- STOLTON, S., et al.** *Valores y beneficios de las áreas protegidas.* Bogotá : Universidad El Bosque y ANU Press., 2019. págs. 154-155-156.
- TAPIA, A.; et al.** *Crecimiento económico y desarrollo humano de los pobladores del recinto puerto el Morro desde la perspectiva humanista existencial de Carl Rogers: un mejor futuro para todos.* 2017. pág. 299. Vol. 3.
- TAPIA, S.; et al.** *Caracterización de la macrofauna del suelo en fragmentos forestales en el municipio de Leticia, Amazonía colombiana.* Leticia : s.n., 2019. pág. 7.
- UICN.** *Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas.* Gland : s.n., 2008. pág. 12.

UNCCD. *Perspectiva global de la tierra.* [ed.] Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación. Bonn : s.n., 2018. págs. 194-195.

UNIVERSITAT DE BARCELONA. Análisis de la varianza con un factor (ANOVA). *UniversitatdeBarcelona.edu.* [En línea] 2024. [Citado el: 02 de marzo de 2024.] [http://www.ub.edu/aplica_infor/spss/cap4-7.htm#:~:text=AN%C3%81LISIS%20DE%20LA%20VARIANZA%20CON%20UN%20FACTOR%20\(ANOVA\)&text=El%20an%C3%A1lisis%20de%20la%20varianza,cuanto%20a%20su%20valor%20esperado..](http://www.ub.edu/aplica_infor/spss/cap4-7.htm#:~:text=AN%C3%81LISIS%20DE%20LA%20VARIANZA%20CON%20UN%20FACTOR%20(ANOVA)&text=El%20an%C3%A1lisis%20de%20la%20varianza,cuanto%20a%20su%20valor%20esperado..)

URIBE, R.; et al. *Colémbolos (Hexapoda) como bioindicadores de la calidad de suelos contaminados con hidrocarburos en el sureste de México.* México D.F. : Revista Mexicana de Biodiversidad, 2010. pág. 158.

URIBE, R.; et al. *Colémbolos (Hexapoda) como bioindicadores de la calidad de suelos contaminados con hidrocarburos en el sureste de México.* México : s.n., 2010. pág. 159.

USDA. *Red alimenticia del suelo.* [ed.] Natural Resources Conservation Service. 2020.

VALLADARES, G., & SALVO, A. *Parasitoides de minadores de hojas y manejo de plagas.* Córdoba : s.n., 2007.

VELÁZQUEZ, L.; et al. *Efectos del cultivo de yerba mate (Ilex Paraguariensis) bajo sombra sobre la mesofauna edáfica en la reserva de biosfera del bosque Mbaracayú.* San Lorenzo : s.n., 2019. pág. 79.

VERA, R.; et al. *Determinación de las propiedades físicas y químicas de los suelos agrícolas de la parroquia El Esfuerzo del cantón Santo Domingo de los Tsáchilas.* Jipijapa : s.n., 2022. pág. 6. Vol. II.

VIVAS, C. *Estudio de la Mesofauna Edáfica en la microcuenca del río Jubalyacu, parroquia Achupallas, cantón Alausí, Provincia de Chimborazo.* Riobamba : s.n., 2015. pág. 40.

WALL, D.; et al. *Soil biodiversity and ecosystem functioning.* 2023. págs. 1-24.

WWF. *Cinco razones por las que las Áreas Protegidas son claves para afrontar el Cambio Climático.* 2016.

ZACHRISSON, B., & OSORIO, P. *Abundancia de Collembola 8atrópoda: hexápoda) e interacción con los parámetros edáficos, en el agro ecosistema arroz (Oryza sativa L., POACEAE), en Panamá.* Panamá : s.n., 2017.

ZÚÑIGA, F.; et al. *Propiedades morfológicas de los suelos asociadas a los ecosistemas de Páramo, Nariño, Sur de Colombia.* Nariño : s.n., 2018. pág. 185.

0497-DBRA-UPT-2024



ANEXOS

ANEXO A: REALIZACIÓN DE MONOLITOS CUADRANTES PARA CONTEO DE LOMBRICES.



ANEXO B: ANÁLISIS DE DATOS ESTADÍSTICOS DEL CONTEO E LOMBRICES

código_UE	código_N°Monolito	código_único	abundancia_lombrices	TOTAL	Media	Mediana	Moda
UE_01	M_01	UE01M01	2	45	4,5	4,5	2
	M_02	UE01M02	3				
	M_03	UE01M03	6				
	M_04	UE01M04	2				
	M_05	UE01M05	5				
	M_06	UE01M06	7				
	M_07	UE01M07	4				
	M_08	UE01M08	5				
	M_09	UE01M09	7				
	M_10	UE01M10	4				
UE_02	M_01	UE02M01	4	44	4,4	4	4
	M_02	UE02M02	3				
	M_03	UE02M03	4				
	M_04	UE02M04	5				
	M_05	UE02M05	3				
	M_06	UE02M06	6				
	M_07	UE02M07	4				
	M_08	UE02M08	5				
	M_09	UE02M09	6				
	M_10	UE02M10	4				
UE_03	M_01	UE03M01	5	56	5,6	5,5	5
	M_02	UE03M02	8				
	M_03	UE03M03	9				
	M_04	UE03M04	4				
	M_05	UE03M05	7				
	M_06	UE03M06	2				
	M_07	UE03M07	5				
	M_08	UE03M08	6				
	M_09	UE03M09	4				
	M_10	UE03M10	6				
UE_04	M_01	UE04M01	3	52	5,2	5,5	6
	M_02	UE04M02	7				
	M_03	UE04M03	6				
	M_04	UE04M04	4				
	M_05	UE04M05	5				
	M_06	UE04M06	2				
	M_07	UE04M07	6				
	M_08	UE04M08	5				
	M_09	UE04M09	6				
	M_10	UE04M10	8				
UE_05	M_01	UE05M01	1	9	0,9	1	1
	M_02	UE05M02	0				
	M_03	UE05M03	1				
	M_04	UE05M04	0				

código_UE	código_N°Monolito	código único	abundancia_lombrices	TOTAL	Media	Mediana	Moda
	M_05	UE05M05	2				
	M_06	UE05M06	1				
	M_07	UE05M07	1				
	M_08	UE05M08	0				
	M_09	UE05M09	3				
	M_10	UE05M10	0				
UE_06	M_01	UE06M01	10	55	5,5	5,5	6
	M_02	UE06M02	5				
	M_03	UE06M03	6				
	M_04	UE06M04	8				
	M_05	UE06M05	4				
	M_06	UE06M06	6				
	M_07	UE06M07	2				
	M_08	UE06M08	3				
	M_09	UE06M09	7				
	M_10	UE06M10	4				

ANEXO C: PUNTOS GPS DE CADA MONOLITO REALIZADO

Name	Latitude	Longitude	Altitude	abundancia_lombrices
UE 1	-1.468.876.725	-7.822.622.814	1764	2
	-1.468.793.644	-7.822.626.168	1766,79	3
	-1.468.712.233	-7.822.611.136	1765,68	6
	-1.468.726.808	-7.822.610.254	1762,21	2
	-1.468.921.349	-7.822.620.467	1761,87	5
	-14.688.468	-7.822.604.196	1758,6	7
	-1.468.955.806	-7.822.606.251	1760,8	4
	-1.469.032.092	-7.822.599.408	1758,46	5
	-1.469.202.324	-7.822.585.628	1758,94	7
	-1.469.337.858	-7.822.570.578	1750,46	4
UE 2	-1.468.851.105	-7.822.658.479	1770,86	4
	-1.468.774.771	-782.266.691	1774,19	3
	-1.468.660.491	-7.822.670.565	1778,15	4
	-1.468.509.021	-7.822.678.432	1780,9	5
	-1.468.419.472	-7.822.667.765	1780,23	3
	-1.468.634.459	-7.822.659.508	1778,64	6
	-1.468.557.312	-7.822.651.587	1774,48	4
	-1.468.648.565	-7.822.648.213	1774,26	5
	-1.468.646.373	-782.265.645	1774,01	6
-1.468.855.473	-7.822.688.499	1770,39	4	
UE 5	-1.469.147.255	-7.822.690.921	1759,61	1
	-1.469.286.053	-7.822.714.958	1754,48	0
	-1.469.497.822	-7.822.710.106	1753,16	1
	-1.469.545.412	-7.822.692.751	1754,24	0
	-1.469.418.348	-7.822.709.127	1755,82	2
	-1.469.460.181	-7.822.726.532	1746,93	1
	-1.469.287.648	-782.270.667	1754,21	1
	-1.469.121.784	-782.270.568	1756,7	0
	-1.468.972.319	-7.822.713.795	1758,54	3
-1.468.690.985	-7.822.706.902	1774,09	0	
UE 3	-1.468.306.158	-7.822.767.869	1771,62	5
	-1.468.178.067	-7.822.767.976	1780,4	8
	-1.468.119.382	-7.822.761.463	1769,14	9
	-1.468.085.099	-7.822.758.947	1787,16	4
	-1.468.013.696	-7.822.743.767	1791,24	7
	-146.795.798	-7.822.757.303	1789,08	2
	-1.467.981.364	-782.276.893	1787,84	5
	-1.467.994.139	-782.277.265	1786,02	6
	-1.467.809.206	-782.278.855	1799,89	4
-1.468.048.182	-7.822.770.443	1785,85	6	
UE 4	-1.468.383.755	-7.822.790.046	1766,32	3

	-1.468.453.395	-7.822.776.604	1764,9	7
	-1.468.547.708	-7.822.793.072	1764,39	6
	-1.468.384.644	-7.822.798.287	1765,99	4
	-1.468.424.345	-7.822.805.875	1764,9	5
	-1.468.239.445	-7.822.787.043	1774,18	2
	-1.468.244.376	-782.279.508	1772,64	6
	-1.468.113.368	-7.822.795.586	1777,67	5
	-1.468.129.815	-78.228.107	1776,91	6
	-1.468.065.766	-78.228.275	1771,35	8
UE 6	-1.468.729.496	-7.822.858.915	1764,99	10
	-1.468.610.802	-7.822.859.464	1770,46	5
	-1.468.664.316	-7.822.882.679	1768,37	6
	-1.468.729.018	-7.822.891.721	1765,15	8
	-1.468.823.662	-7.822.900.342	1772,48	4
	-1.468.886.282	-782.289.465	1767,45	6
	-1.468.884.796	-782.287.714	1760,96	2
	-1.468.994.945	-7.822.882.224	1758,99	3
	-1.469.034.085	-7.822.891.179	1764,51	7
	-1.469.227.434	-7.822.901.099	1765,56	4

ANEXO D: SOLICITUD DE LABORATORIO DE ENTOMOLOGÍA



epoch | Facultad
de Recursos
Naturales

Oficio Nro. ESPOCH-FRN-2023-5465-O

Riobamba, 06 de diciembre de 2023

Asunto: Uso laboratorio Entomología

Señora Ingeniera
Rosa del Pilar Castro Gomez, Phd
Decana Facultad de Recursos Naturales
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
En su Despacho

De mi consideración:

Con un cordial saludo y deseándole éxito en sus actividades solicito muy comedidamente, se autorice el uso del laboratorio de Entomología al estudiante Néstor Lenin Salto Álava con CC. 2300037823 de la Carrera de Recursos Naturales Renovables PAO 8.

El estudiante está desarrollando el Trabajo de Integración Curricular con el tema "Análisis de la actividad biológica de los suelos en un transecto altitudinal del refugio de vida silvestre Yankay, Baños, Tungurahua", bajo mi dirección, para lo cual, solicito el apoyo y acompañamiento para la identificación taxonómica de la meso fauna de muestras de suelo.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,
SABER PARA SER

Documento firmado electrónicamente

Ing. Vicente Javier Parra Leon
PROFESOR OCASIONAL

Copia:
Señor Ingeniero
Carlos Francisco Carpio Coba
Profesor Ocasional



Riobamba-Ecuador
Panamericana Sur km 1^{1/2},
Codigo Postal: EC060155

Teléfono: 593 (03) 2998-200
Teléfono: (03) 2 317-001

epoch.edu.ec

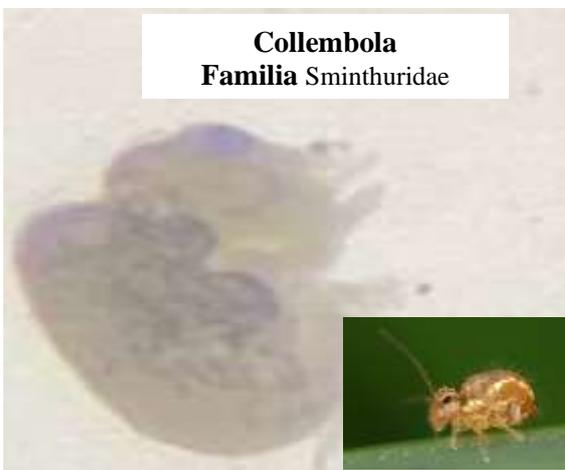
ANEXO E: RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO PARA ANÁLISIS DE MESOFAUNA



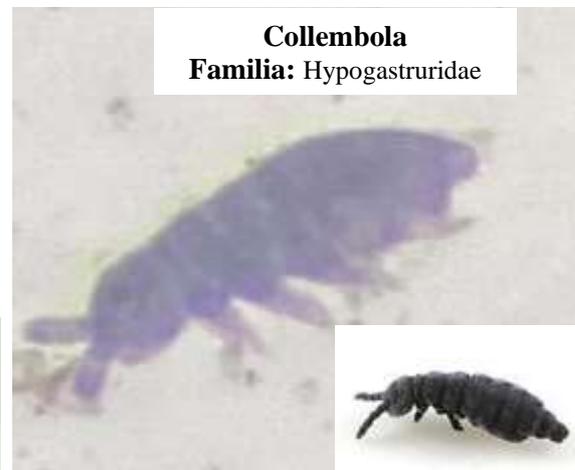
ANEXO F: ANÁLISIS DE LABORATORIO PARA RECONOCIMIENTO DE LA



Orden Collembola
Familia: Isotomidae



Collembola
Familia Sminthuridae



Collembola
Familia: Hypogastruridae

Orden Aracnidae



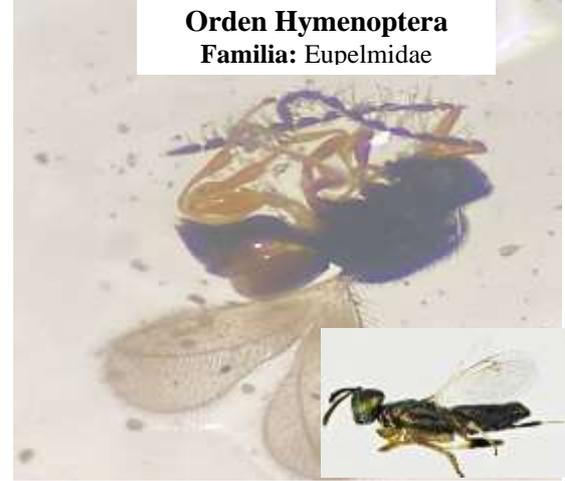
Orden Trombidiformes



Orden Sarcoptiformes
Familia: Oribatidae



Orden Hymenoptera
Familia: Eupelmidae



Orden Tisanoptera



Orden Psocoptero
Familia: Liposcelididae



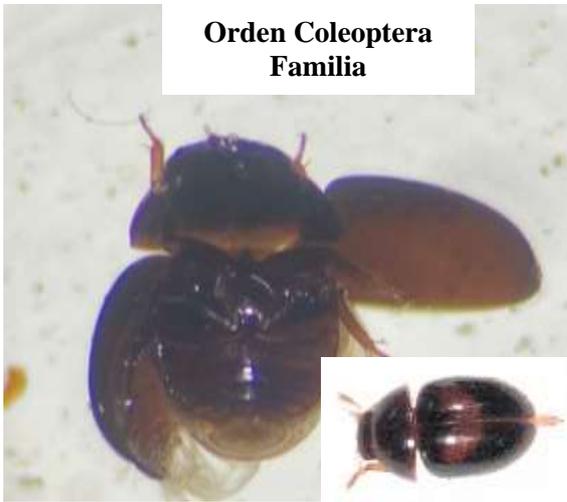
Orden Mesostigmata
Familia: Parasididae



Orden Tisanoptera



Orden Coleoptera
Familia



Collembola
Familia Isotomidae



Orden Hymenoptera
Familia: Eulophidae



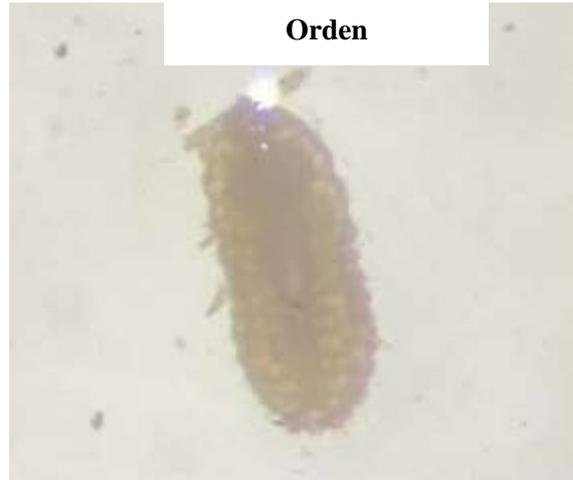
Orden Hemiptera
Familia: Mesoveliidae



Orden Mesostigmata
Familia: Uropodina



Orden



Orden Mesostigmata
Familia: Prasitidae



Orden Mesostigmata
Familia: Uropodina



Orden



Orden Aracnidae



Orden Coleoptera
Familia Ptilidae



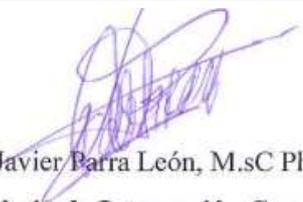
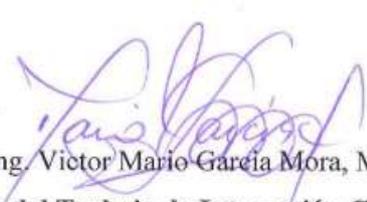
Orden Hymenoptera





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 07/ 03 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Nestor Lenin Saltos Alava
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Recursos Naturales Renovables
Título a optar: Ingeniero en Recursos Naturales Renovables
<p style="text-align: center;"> Ing. Vicente Javier Parra León, M.sC PhD. Director del Trabajo de Integración Curricular</p> <p style="text-align: center;"> Ing. Victor Mario García Mora, MsC. Asesor del Trabajo de Integración Curricular</p>