



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

**ESTRUCTURA DE LA MESOFAUNA EDÁFICA Y SU RELACIÓN
CON LA CALIDAD DEL SUELO EN LA COMUNIDAD GANSHI,
PARROQUIA EL ALTAR, CANTÓN PENIPE**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

AUTORA: ANA MARÍA PIÑA QUEZADA

DIRECTORA: ING. ANDREA PATRICIA GUAPI AUQUILLA, Mgs.

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Ana María Piña Quezada

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, Ana María Piña Quezada, 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 autora 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, 08 de mayo de 2024

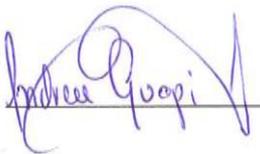


Ana María Piña Quezada

172279536-4

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, **ESTRUCTURA DE LA MESOFAUNA EDÁFICA Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DEL SUELO EN LA COMUNIDAD GANSHI, PARROQUIA EL ALTAR, CANTÓN PENIPE**, realizado por la señorita: **ANA MARÍA PIÑA QUEZADA**, 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		2024-05-08
Ing. Andrea Patricia Guapi Auquilla, Mgs. DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-05-08
Lic. Sulaya Betsabé Bayancela Delgado, Msc. ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-05-08

DEDICATORIA

A mis padres Maura y Patricio por su valioso esfuerzo, amor incondicional y apoyo firme que me han empujado para seguir adelante durante todos estos años. Para mis hermanas Cristina y Milena para quienes espero que este paso en mi vida les incite al esfuerzo y compromiso académico y personal. A mi papi Sergio y mami Enma ya que desde niña fundaron en mí valores y amor que hoy me hacen la mujer que soy. Por último pero no menos importante, a Cristhian, por brindarme su tiempo, sus manos para trabajar junto con las mías en esta investigación, y sus hombros para apoyarme cuando sentía que caía durante el proceso. Que este trabajo sea un testimonio de gratitud y orgullo para aquellos que creen en los sueños, en el poder del conocimiento y en el valor de la perseverancia.

Ana María

AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por brindarme el desafío a crecer y expandir mis horizontes académicos. Cada clase, cada compañero y cada experiencia en la institución contribuyeron en gran medida a mi desarrollo como estudiante y como persona. A mis amigas Carolina y Simoné, porque su amistad y apoyo fueron importantes a lo largo de mi formación académica. Un profundo agradecimiento con el ingeniero Álvaro Rivera Casignia porque desde el principio depositó su confianza en que esta investigación se realizara. Quiero agradecer también a mis guías en este trabajo, ingeniera Andrea Guapi y licenciada Sulaya Bayancela por compartir su conocimiento y por brindarme su orientación y apoyo. Finalmente a los ingenieros Carlos Carpio, Carola Flores y Diego Muñoz ya que de diferentes maneras contribuyeron a la realización y culminación de este trabajo. ¡Gracias!

Ana María

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Hipótesis.....	3

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Recurso suelo.....	4
2.2. Calidad del suelo.....	5
2.3. Bioindicador.....	5
2.4. Mesofauna.....	6
2.4.1. <i>Rol de la mesofauna edáfica</i>	6
2.4.2. <i>Principales grupos de mesofauna del suelo</i>	7
2.4.2.1. <i>Ácaros (Acarida) y Colémbolos (Collembola)</i>	7
2.5. Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.....	7
2.5.1. <i>Textura del suelo</i>	8
2.5.2. <i>Potencial de hidrógeno del suelo (pH)</i>	9
2.5.3. <i>Conductividad eléctrica (CE)</i>	9
2.5.4. <i>Materia orgánica (MO)</i>	9
2.5.5. <i>NPK en los suelos</i>	10
2.5.6. <i>Fertilidad del suelo</i>	10

2.5.6.1. Factores físicos	11
2.5.6.2. Factores químicos	11
2.5.6.3. Factores biológicos.....	11
2.5.7. Clasificación de los suelos por su fertilidad.....	11
2.6. Biodiversidad.....	12
2.7. Técnicas de coleta de mesofauna edáfica	13
2.7.1. Embudo de Berlese-Tullgren.....	13

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO.....	14
3.1. Área de estudio	14
3.2. Sitios de Muestreo	14
3.3. Elaboración de muestreos de mesofauna edáfica.....	15
3.4. Elaboración de muestreo para análisis físico químico.....	15
3.5. Descripción de mesofauna edáfica.....	16
3.6. Caracterización física y química del suelo.....	16
3.7. Cálculo de índices de diversidad.....	16
3.8. Análisis estadístico.	17

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	18
4.1. Identificación taxonómica de la mesofauna edáfica en las áreas de eucalipto, aguacate y cítricos.	18
4.1.1. Índices de diversidad.....	20
4.1.1.1. Índice de abundancia relativa.....	20
4.1.1.2. Índice de diversidad de Shannon	23
4.1.1.3. Índice de diversidad de Simpson.....	23
4.1.1.4. Índice de riqueza de Margalef.....	24
4.2. Relación de las características fisicoquímicas del suelo con la mesofauna	24
4.2.1. Textura	25
4.2.2. Potencial de hidrógeno (pH).....	25

4.2.3.	<i>Conductividad eléctrica (CE)</i>	26
4.2.4.	<i>Porcentaje de materia orgánica (MO)</i>	27
4.2.5.	<i>Nitrógeno presente en el suelo (Nh₄)</i>	28
4.2.6.	<i>Fósforo (P)</i>	29
4.2.7.	<i>Potasio (K)</i>	30
4.2.8.	<i>Calcio (Ca)</i>	30
4.2.9.	<i>Magnesio (Mg)</i>	31
4.3.	Análisis estadístico de la relación entre la mesofauna y las propiedades fisicoquímicas.	32
4.4.	Discusión	33
4.5.	Comprobación de la hipótesis	34
4.5.1.	<i>Hipótesis nula</i>	34
4.5.2.	<i>Hipótesis alterna</i>	34
4.5.3.	Valor p	35
4.5.4.	<i>Regla de decisión</i>	35
4.5.5.	<i>Decisión y conclusión</i>	35

CAPITULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	36
5.1.	Conclusiones	36
5.2.	Recomendaciones	37

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: Puntos de muestreo y coordenadas.....	15
Tabla 4-1: Taxonomía de la mesofauna identificada en el muestreo 1. E: Eucalipto; A: Aguacate; C: Cítricos.	18
Tabla 4-2: Taxonomía de la mesofauna identificada en el muestreo 2. E: Eucalipto; A: Aguacate; C: Cítricos.	19
Tabla 4-3: Abundancia relativa de la mesofauna identificada en el área de eucalipto. Muestreo 1.	20
Tabla 4-4: Abundancia relativa de la mesofauna identificada en el área de aguacate.	21
Tabla 4-5: Abundancia relativa de la mesofauna identificada en el área de cítricos.	22
Tabla 4-6: Índice de diversidad de Shannon.....	23
Tabla 4-7: Índice de diversidad de Simpson.....	23
Tabla 4-8: Índice de Margalef.....	24
Tabla 4-9: Análisis fisicoquímico de cada área de estudio. E: Eucalipto; A: Aguacate; C: Cítricos.	24

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Composición del suelo por partículas.....	8
Ilustración 3-1: Ubicación del área de estudio	14
Ilustración 4-1: Clases texturales de los suelos	25
Ilustración 4-2: potencial de hidrógeno de los tipos de uso de suelo	26
Ilustración 4-3: Conductividad eléctrica de los diferentes suelos	26
Ilustración 4-4: porcentaje de materia orgánica en los diferentes suelos	27
Ilustración 4-5: Nitrógeno en los diferentes suelos.....	28
Ilustración 4-6: Fósforo en los diferentes suelos.....	29
Ilustración 4-7: Potasio en los diferentes suelos.....	30
Ilustración 4-8: Calcio en los diferentes suelos.....	30
Ilustración 4-9: Magnesio en los diferentes suelos.....	31
Ilustración 4-10: Gráfica de análisis de correlación canónica (ACC).....	32

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: MUESTREO PARA MESOFAUNA Y ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO

ANEXO B: INSTALACIÓN DE EMBUDOS DE BERLESE-TULLGREN

ANEXO C: PREPARACIÓN MUESTRAS PARA ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO

ANEXO D: OBSERVACIÓN DE MESOFAUNA EN ESTEREOMICROSCOPIO

ANEXO E: RESULTADOS DEL ANALISIS FÍSICO QUÍMICO

ANEXO F: ÓRDENES DE ORGANISMOS – MUESTREO 1

ANEXO G: ÓRDENES DE ORGANISMOS – MUESTREO 2

RESUMEN

En la comunidad Ganshi la intensificación agrícola amenaza la calidad del suelo, afectando la biodiversidad y estabilidad de la mesofauna edáfica. La pérdida de biodiversidad por acciones naturales y antrópicas provoca cambios en la composición y abundancia de la mesofauna, impactando directa o indirectamente en la calidad del suelo, entonces lo que se realizó fue evaluar la estructura de la mesofauna edáfica como bioindicador de la calidad en suelos de plantación de eucalipto y frutales en la comunidad Ganshi. La metodología incluyó muestreos en áreas específicas de cada cultivo, análisis físico-químicos y caracterización de la mesofauna mediante taxonomía y embudos de Berlese-Tullgren. Se calcularon los índices de diversidad y se aplicó un análisis estadístico de correlación canónica para visualizar las relaciones entre propiedades del suelo y la abundancia de organismos edáficos. Los resultados muestran diferencias significativas en la composición y abundancia de la mesofauna entre los cultivos estudiados, siendo el suelo del cultivo de aguacate el área con mayor diversidad. Se concluye que con este estudio se proporciona información valiosa sobre cómo la mesofauna del suelo se relaciona con las propiedades físicas y químicas en plantaciones y cultivos específicos, subrayando la importancia de comprender estas relaciones para el manejo sostenible de ecosistemas agrícolas.

Palabras clave: < MESOFAUNA>, <BIOINDICADOR >, < INDICES DE DIVERSIDAD>, <CORRELACIÓN CANÓNICA >, < EUCALIPTO (*Eucalyptus globulus L*)>, <AGUACATE (*Persea americana*) >, < CÍTRICOS>.

0510-DBRA-UPT-2024

ABSTRACT

In Ganshi community, agricultural intensification threatens soil quality, affecting the biodiversity and stability of the edaphic mesofauna. The loss of biodiversity due to natural and anthropogenic actions causes changes in the composition and abundance of the mesofauna, directly or indirectly impacting the quality of the soil, so what was done was to evaluate the structure of the edaphic mesofauna as a bioindicator of soil quality of eucalyptus and fruit trees plantation in Ganshi community. The methodology included sampling in specific areas of each crop, physical-chemical analysis, and characterization of the mesofauna using taxonomy and Berlese-Tullgren funnels. Diversity indices were calculated, and a statistical canonical correlation analysis was applied to visualize the relationships between soil properties and the abundance of edaphic organisms. The results show significant differences in the composition and abundance of the mesofauna between the crops studied, with the avocado crop soil being the area with the greatest diversity. It is concluded that this study provides valuable information on how soil mesofauna is related to physical and chemical properties in specific plantations and crops, underlining the importance of understanding these relationships for the sustainable management of agricultural ecosystems.

Keywords: < MESOFAUNA >, <BIOINDICATOR >, < DIVERSITY INDICES >, <CANONICAL CORRELATION >, <EUCALYPTUS (*Eucalyptus globulus* L)>, <AVOCADO (*Persea Americana*)>, <CITRUS>.



Lic. Lorena Hernández A. Msc

180373788-9

INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país considerado predominantemente agrícola, esta actividad es fundamental en los ejes de desarrollo del país especialmente en el ámbito económico como en la seguridad alimentaria. En la provincia de Chimborazo, las actividades ganaderas y de agricultura intensiva son prácticas de importante afectación para la calidad del suelo. Estas actividades seguidas del uso de agroquímicos, quemas de pajonales, labranza mecánica, introducción de especies exóticas y deforestación ocasionan un deterioro del ecosistema (Fonseca et al., 2020).

La parroquia El Altar destaca diversos espacios naturales y culturales, siendo valiosa como zona de amortiguamiento del Parque Nacional Sangay. Su ubicación geográfica le confiere climas que van desde subtropical hasta páramo, generando una amplia variedad de flora y fauna (Fonseca et al., 2020).

Al levantar una pequeña porción de suelo, se podría levantar una gran cantidad de organismos como la mesofauna. La mesofauna edáfica engloba organismos de dimensiones comprendidas entre 0,2 y 2 mm, como microartrópodos (ácaros, colémbolos, proturos, dipluros y sinfílos) y enquitréidos. Estos conjuntos desempeñan un papel crucial en la regulación de las condiciones del suelo al influir en los aspectos físicos, químicos y biológicos del perfil edáfico. Las prácticas agrícolas intensivas tienen un impacto negativo en la riqueza, diversidad y abundancia de la fauna edáfica donde factores como los sistemas de siembra, la variedad y rotación de cultivos, los insumos agrícolas aplicados y las condiciones edafoclimáticas de la región influyen en este impacto. La densidad de los principales grupos de fauna edáfica disminuye o varía en diversos entornos, por ejemplo en sitios naturales, sitios con agricultura orgánica, sitios con agricultura química y sitios con labranza convencional (Nicosia et al., 2020).

Para concluir, la investigación se dio bajo los lineamientos de la carrera de Recursos Naturales Renovables junto con el trabajo de la comunidad Ganshi y con la aplicación de métodos de ingeniería y saberes de la comunidad que potencian la calidad de los ecosistemas. Este trabajo aporta al objetivo de desarrollo sostenible -ODS- número 15 según la CEPAL (2019) “Vidas de ecosistemas terrestres”, lo que aporta a gestionar los ecosistemas sosteniblemente, luchar contra temas de interés como la desertificación, detener la pérdida de biodiversidad, algo clave por la importancia que tienen los invertebrados para proteger los servicios ecosistémicos. Sin embargo sus contribuciones aún son poco conocidas.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

La prestación de numerosos servicios ecosistémicos terrestres requiere de la presencia de suelos, donde la intensificación agrícola y su énfasis por aumentar la productividad son una amenaza para la calidad del suelo debido a que algunas prácticas generan mayores cargas de nutrientes, emisiones de gases de efecto invernadero y por ende a la disminución de la biodiversidad (Vazquez et al., 2021).

La pérdida de la biodiversidad por acciones naturales y antrópicas provoca cambios en la composición específica y en la abundancia de la mesofauna del suelo, ya que estos organismos son sensibles a estas perturbaciones, lo que ocasiona la disminución de la estabilidad y la fertilidad, es decir se ve afectada directa o indirectamente la calidad del suelo (Socarrás, 2013).

En relación con lo anterior, la comunidad Ganshi posee actividades potencialmente agrícolas que así mismo en mayor o menor medida afectan a la calidad del suelo. Este trabajo pretende evaluar la estructura de su mesofauna a través de investigación y trabajo de campo que aporte la información necesaria que la comunidad debe conocer.

1.2. Objetivos

1.2.1. General

Evaluar la estructura de la mesofauna edáfica como bioindicador de la calidad en suelos de plantación de eucalipto y frutales en la comunidad Ganshi.

1.2.2. Específicos

- Identificar la mesofauna edáfica mediante su clasificación taxonómica.
- Determinar índices de diversidad y abundancia de la mesofauna presente relacionándolos con las propiedades fisicoquímicas de los sitios.
- Analizar estadísticamente la relación entre la mesofauna y las propiedades fisicoquímicas.

1.3. Justificación

El motivo de esta investigación se enmarca en brindar información sobre la estructura de la mesofauna edáfica de diferentes usos de suelo en la comunidad Ganshi, ya que al ser predominantemente agrícola es de interés para los habitantes el cuidado de sus suelos y el desarrollo de sus cultivos valorando así que estos meso organismos desempeñan un papel crítico en la descomposición de la materia orgánica y la liberación de nutrientes en el suelo, lo que influye en la fertilidad y la calidad de este, esto es vital para mantener la productividad agrícola y la salud de los ecosistemas naturales, en este caso el ecosistema edáfico que se encuentra en la comunidad Ganshi, pero además brindar información algo para quienes pretendan mejorar el suelo de muchos otros entornos.

Según cita Ana Socarrás (2013), un gran número de especies de mesofauna son delicados a las perturbaciones del ambiente y al entorno antropogénico cambiante. Al generarse la pérdida de especies y su diversidad debido a su particular composición y abundancia, se ve afectada la estabilidad y la fertilidad en los suelos ya que se reducen consecutivamente. Por esto, la mesofauna es considerada como un indicador biológico confiable del estado de conservación del suelo, es así como se considera este trabajo de investigación decisivo para reconocer cómo estos organismos pueden desarrollar procesos de adaptación y resiliencia de los medios a las perturbaciones.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis Nula:

La mesofauna edáfica de un suelo de bosque y frutales en la comunidad Ganshi no se relaciona con su calidad.

1.4.2. Hipótesis Alterna:

La mesofauna edáfica de un suelo de bosque y frutales en la comunidad Ganshi se relacionan con su calidad.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Recurso suelo

El suelo es considerado como un recurso natural limitado y no renovable que ofrece diversos beneficios ambientales como los servicios ecosistémicos, así tenemos al servicio de regulación por su contribución en el ciclo de los elementos biogeoquímicos importantes para la existencia como carbono, nitrógeno, fósforo, etc., que continuamente y como resultado de la energía disponible pasan de los sistemas vivos a los objetos inanimados existentes en el planeta. No obstante, lo más conocido, es que el suelo es el pilar natural para la producción de alimentos y materias primas de los cuales depende la sociedad mundial (Burbano-Orjuela, 2016).

Una definición más reciente sobre el suelo es la que planteó Luis Wall (2023) para la Jornada Nacional Día de la Conservación de Suelos, se define a este recurso como un sustrato donde se desarrollan materias primas y funciona como reservorio de agua y fuente de nutrientes.

La FAO (2018) reconoce que los suelos deben ser objeto de reconocimiento y aprecio debido a su aptitud productiva, así como por su aporte a la seguridad alimentaria y la preservación de servicios ecosistémicos esenciales, planteando diferentes razones que enfatizan la importancia de no subestimar la contaminación de este recurso como se detalla a continuación:

1. La contaminación de los suelos afecta a todos los ámbitos, como los alimentos y agua que ingerimos, el aire que respiramos, nuestra salud como la de todo organismo en el planeta dependen de una buena calidad del suelo.
2. La contaminación del suelo es invisible pues la erosión, salinización, compactación, contaminación química y la degradación se presentan moderadamente en un tercio de nuestros suelos.
3. La contaminación del suelo afecta su capacidad de filtrado pues el potencial del suelo para realizar esta función es finito ya que si se supera su capacidad de protección, los contaminantes se filtrarán en el suelo y por ende en otros elementos del entorno.
4. La contaminación del suelo afecta a la seguridad alimentaria debido a que reduce el rendimiento y la calidad de los cultivos, esto entorpece la producción de suficientes alimentos sanos para alcanzar el hambre cero.
5. La contaminación del suelo puede ser resultado de malas prácticas agrícolas debido a que éstas reducen la materia orgánica del suelo comprometiendo su capacidad de degradar los contaminantes orgánicos. La producción agrícola intensiva ha agotado los suelos, amenazando la sostenibilidad futura. Es importante adoptar prácticas agrícolas

sostenibles para revertir la degradación del suelo y así garantizar la seguridad alimentaria global.

6. La contaminación del suelo puede poner en riesgo nuestra salud, esto porque los antibióticos, utilizados tanto en agricultura como en salud humana, se liberan al ambiente al ser excretados. Esto lleva a la propagación de antibióticos en suelos, generando bacterias resistentes y disminuyendo la eficacia de estos medicamentos. (FAO, 2018)

2.2 Calidad del suelo

La calidad del suelo tiene como fin ser interpretada como la utilidad que tiene este recurso para diferentes propósitos en una escala amplia de tiempo como sugieren (Cruz et al., 2004), sin embargo autores como (Castillo-Valdez et al., 2021) amplían que la calidad del suelo incluye su multifuncionalidad y las interacciones con los seres humanos y su sostenibilidad. La calidad del suelo se introduce como concepto para el manejo sostenible del mismo, es decir que este debe tener la capacidad de cumplir con sus funciones con los límites que un ecosistema natural debe tener para sostener aspectos como la productividad de flora y fauna, servir como regulador de aspectos climáticos como la calidad del aire y el agua juntamente con el sostén y mejoramiento de la salud humana (Reyes, Zabala y Echeverri, 2018).

Respecto a la biota edáfica, la variabilidad de esta se relaciona con los factores de formación abióticos que intervienen en la productividad agrícola. Los diferentes sistemas de cultivo pueden alterar la calidad de vida de los organismos que aportan a la fertilización, así mismo a las características físico químicas del suelo (Castellanos, CAPACHO y Castellanos Hernández, 2021).

2.3 Bioindicador

Los bioindicadores son organismos relacionados con las características fisicoquímicas y con los procesos que en el suelo suceden, estos deben tener la capacidad de relacionarse con la sostenibilidad y ser sensibles a las variaciones climáticas (Garbisu et al., 2007) y mediante su presencia indican el nivel de preservación o el estado de un hábitat, ecosistema o zona en específico. Para considerar a un bioindicador como adecuado, este tiene que tolerar situaciones ambientales estrechas, es decir, son sensibles a las alteraciones de los factores físicos y químicos del medio en el que habitan. Los bioindicadores miden los efectos de la contaminación en el ambiente y en los propios seres vivos, por tanto, ofrecen información sobre los riesgos para otros organismos, el ecosistema y también para el ser humano. Las especies bioindicadoras son aquellas que pueden vivir bajo condiciones ambientales relativamente particulares (Morales, 2011).

2.4 Mesofauna

La mesofauna como define (Socarrás, 2013). es una categoría zoológica cuyos componentes viven toda su vida en el suelo, la cual incluye: ácaros (Acari), colémbolos (Collembola), sínfilos (Symphyla), proturos (Protura), dipluros (*Diplura*), paurópodos (*Pauropoda*), tisanópteros (*Thysanoptera*), socópteros (*Psocoptera*), enquitreidos (*Enchytraeidae*) y polixénidos (*Polixenida*) con un diámetro que oscila entre 0,2 y 2,0 mm. Muchos de estos grupos son bioindicadores de la estabilidad y la fertilidad del suelo; entre ellos se destacan los ácaros y los colémbolos, por ser los principales representantes de este tipo de fauna y por poseer mejores condiciones para ser utilizados con este propósito.

Desde el punto de vista de (Cabrera-Mireles et al., 2019), la mesofauna edáfica es la comunidad de organismos entre 0,1 y 2,0 mm de diámetro cuya importancia radica en su abundancia, diversidad y función en el suelo; además, su gran aptitud para la especiación, sus ciclos de vida cortos y la poca dispersión de las especies, son características de la mesofauna que permiten considerarla un indicador ecológico.

2.4.1 Rol de la mesofauna edáfica

Los diferentes roles de la mesofauna se los puede agrupar por su uso como bioindicadores en tres niveles:

1. organismos y poblaciones (comportamiento, densidad, biomasa, etc.); 2. comunidades (riqueza específica, grupos tróficos, etc.); 3. procesos biológicos (bioacumulación, descomposición, modificación de la estructura del suelo, etc.) (Bedano, 2007).

Según describe (Castro-Huerta et al., 2018). Los mesoartrópodos juegan un papel crucial dentro de la ecología del suelo por su excelente capacidad catalizadora, esto beneficia también a los microorganismos del suelo a la descomposición de la materia orgánica. Muchos de ellos son de carácter descomponedor pues se considera que pueden alimentarse de la materia orgánica presente en el medio edáfico de manera directa y por otro lado están otros meso organismos que se los considera descomponedores indirectos debido a que su alimentación se basa en bacterias, hongos y algas del entorno.

2.4.2 Principales grupos de mesofauna del suelo

2.4.2.1 Ácaros (*Acarida*) y Colémbolos (*Collembola*)

Los ácaros del medio edáfico son los organismos reconocidos como microartrópodos más abundantes en diferentes tipos de suelo. En una muestra de 100 g de suelo de un bosque se puede tener unos 500 ácaros representados en por lo menos 100 géneros (Grijalva, 2012). Representan ser el grupo más abundante en riqueza específica como en abundancia de población no sólo en el suelo sino también en otros diferentes medios, su tamaño oscila entre 80µm y 2mm. Estos organismos poseen diversas formas y su cuerpo se divide en dos regiones, el gnastoma y el idiosoma, donde se encuentran los quelíceros y pedipalpos, y sus cuatro pares de patas, la apertura genital y anal, respectivamente (Palacios y Mejía, 2007). Para destacar, estos organismos contribuyen con la descomposición química de residuos de biomasa.

Los colémbolos, según describe (Castro), son insectos con una longitud menor a 2 mm que por su gran capacidad de dispersión son muy comunes en diferentes ecosistemas edáficos. Son organismos que han podido dispersarse a climas extremos como desiertos y zonas polares como también zonas templadas y tropicales (Palacios-Vargas et al., 2009), debido a que su respiración se da a través de una cutícula que repele el agua, esto hace que les fascine vivir en suelos húmedos.

Además de su abundancia y diversidad, los ácaros y colémbolos constituyen los grupos faunísticos más representativos del ecosistema edáfico por su elevada presencia, variedad de especies y roles funcionales como la regulación de las poblaciones de microorganismos (hongos y bacterias), también se involucran en los procesos de descomposición, la fragmentación de residuos vegetales, el reciclaje de minerales y la formación de poros. Añadiendo a lo anterior, estos organismos contribuyen a la humificación y forman parte integral de muchas redes tróficas en el recurso suelo. Estas dos comunidades edáficas son excelentes indicadores de la presencia de contaminantes ambientales y se utilizan como bioindicadores para la detección de perturbaciones en sistemas agroforestales (Cabrera-Mireles, Murillo-Cuevas, Villanueva-Jiménez, et al., 2019).

2.5 Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo

Las propiedades físicas, químicas y biológicas pueden ser buenos indicadores de la calidad del suelo, aunque la mayoría no son universales, y son variables con el ambiente y características edáficas bióticas y abióticas. Los indicadores de calidad del suelo más efectivos probablemente varían acorde a la región, clima y sistema de producción y manejo de los agroecosistemas. Sin

embargo, debido a la complejidad de considerar todas estas propiedades juntas, es necesario hacer una selección de los indicadores más importantes. En tal sentido, la actividad biológica y las distintas fracciones de materia orgánica (MO) en los suelos, principalmente, sus fracciones más lábiles, como la materia orgánica particulada (MOP) se consideran importantes indicadores tempranos de la calidad del suelo y de la sustentabilidad de los agroecosistemas (Aschkar, 2022).

2.5.1 *Textura del suelo*

Esta propiedad física del suelo se refiere a la proporción de las partículas $<2\text{mm}$ de diámetro de limo y arcilla en los horizontes del suelo (Gisbert, Ibáñez y Moreno, 2008). De acuerdo con el tamaño de las partículas y sus diferentes tamaños cuando estas son pequeñas son arcillas, las medianas corresponden a los limos y las grandes a las arenas (Ciancaglini 2000) y se clasifican en la escala a continuación:

- ≤ 2 micras _____ Arcilla
- 2 - 20 micras _____ Limo
- 20 - 200 micras _____ Arena fina
- 200 - 2000 micras _____ Arena gruesa
- >2000 micras _____ Gravillas y gravas

1 micra = milésima parte de un milímetro

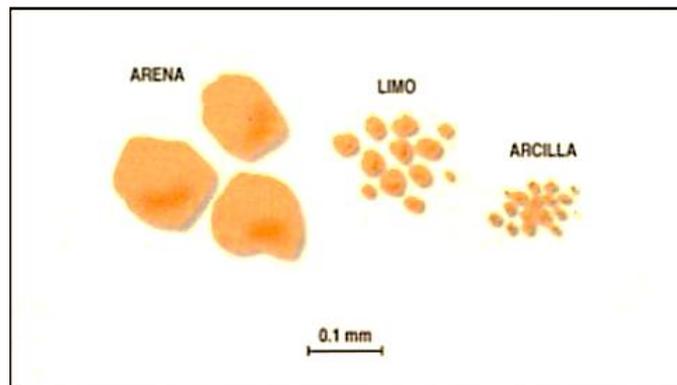


Ilustración 2-1: Composición del suelo por partículas.

Fuente: (Ciancaglini, 2000)

2.5.2 *Potencial de hidrógeno del suelo (pH)*

El pH es una característica química útil para medir la acidez o alcalinidad del suelo, este usa una escala de medida con un rango que fluctúa entre 0 y 14, considerando que, aquellos suelos donde el pH sea <7 son ácidos y los que sean >7 se consideran alcalinos. Las condiciones ácidas son comunes en regiones tropicales húmedas en cambio las alcalinas se asocian a regiones tropicales secas. (Osorio, 2012)

2.5.3 *Conductividad eléctrica (CE)*

La conductividad eléctrica (CE) es una medida que manifiesta la concentración de sales disueltas en una solución acuosa. Esta propiedad química se basa en el principio de que la velocidad a la que la corriente eléctrica atraviesa una solución salina es proporcional a la cantidad de sales presentes en dicha solución. La CE se mide en decisiemens por metro (dS/m) y, por convención, se suele reportar a una temperatura estándar de 25°C , ya que la conductividad varía con la temperatura. En el caso de los suelos, la conductividad eléctrica depende de la cantidad de sales presentes en el agua retenida por el suelo. Cuanto mayor sea la concentración de sales en el agua, mayor será la CE. Por lo tanto, la CE es un indicador indirecto de la salinidad del suelo. La conductividad eléctrica es una propiedad que permite evaluar la concentración de sales disueltas en el suelo, lo cual es fundamental para determinar su salinidad y, por lo tanto, su calidad y aptitud para el crecimiento vegetal (Soriano, 2018).

2.5.4 *Materia orgánica (MO)*

El contenido de (MO) del suelo es una propiedad química crucial en los procesos de los ecosistemas como la retención de agua, captura de carbono, la formación de la estructura edáfica, la provisión de energía a los microorganismos del suelo, entre otros (Barrezueta-Unda et al., 2020). La materia orgánica (MO) representa la fracción no mineral presente en el suelo, derivada de los desechos de origen vegetal y animal que son incorporados a su estructura después de su descomposición, mediada por la actividad microbiana. Esta materia se caracteriza por presentar una coloración que oscila entre tonos pardos y negruzcos. En un suelo considerado ideal, la MO constituye aproximadamente el 5% de su volumen total (Núñez-Ravelo et al., 2021), esto garantiza reducir los gases de efecto invernadero que generan el cambio climático global. Cabe mencionar que la vegetación presente es fundamental para el aporte de carbono orgánicos en los suelos.

2.5.5 NPK en los suelos

El nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) son elementos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, y su presencia adecuada en los suelos agrícolas es fundamental para obtener altos rendimientos y cultivos saludables (Havlin et al., 2014).

El nitrógeno es un componente clave de los aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos y clorofila. En el suelo, se encuentra principalmente en forma orgánica, como parte de la materia orgánica, y en formas inorgánicas como nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+). La deficiencia de nitrógeno puede provocar un crecimiento reducido, clorosis y disminución del rendimiento en los cultivos (Utomo et al., 2013).

El fósforo desempeña un papel crucial en la transferencia de energía, la división celular, el desarrollo de las raíces y la formación de semillas. En el suelo, se encuentra tanto en formas orgánicas como inorgánicas, siendo las más importantes los fosfatos de calcio, hierro y aluminio. La disponibilidad del fósforo depende en gran medida del pH del suelo y puede ser limitada en suelos ácidos o alcalinos (Bohn, McNeal y O'connor, 1979).

Por otro lado, el potasio es esencial para la regulación del potencial hídrico en las plantas, la activación de enzimas, la síntesis de proteínas y el transporte de azúcares. En el suelo, se encuentra principalmente en forma de iones intercambiables que se asocian a las partículas de arcilla y la materia orgánica. Su deficiencia puede causar problemas en el crecimiento, la maduración de los frutos y la resistencia a enfermedades (Havlin et al., 2014).

La disponibilidad y el equilibrio adecuado de estos nutrientes en el suelo dependen de factores como el material parental, el clima, la actividad biológica y las prácticas de manejo, incluyendo la aplicación de fertilizantes y enmiendas orgánicas (Brady y Weil, 2004).

2.5.6 Fertilidad del suelo

La fertilidad del suelo se refiere a la capacidad que tiene este para proporcionar los nutrientes esenciales, agua y condiciones adecuadas para el crecimiento óptimo de las plantas (Brady y Weil, 2004). Esta capacidad depende de diversos factores físicos, químicos y biológicos.

2.5.6.1 Factores físicos

Textura: La proporción de arena, limo y arcilla influye en la retención de agua y nutrientes, el drenaje y la aireación del suelo.

2.5.6.2 Factores químicos

pH: Determina la disponibilidad de nutrientes y la actividad de los microorganismos del suelo.

Materia orgánica: Fuente de nutrientes, mejora la estructura y la capacidad de retención de agua.

Capacidad de intercambio catiónico: Habilidad del suelo para retener e intercambiar cationes (nutrientes).

Salinidad y sodicidad: Niveles elevados de sales y sodio pueden afectar negativamente el crecimiento de las plantas.

2.5.6.3 Factores biológicos

Actividad de microorganismos: Responsables de la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes.

Fauna edáfica: Participa en la descomposición, aireación y formación de estructuras estables.

La evaluación y el manejo adecuado de estos factores son cruciales para mantener y mejorar la fertilidad del suelo, asegurando una producción agrícola sostenible (Havlin et al., 2014).

2.5.7 Clasificación de los suelos por su fertilidad

Según describen (Havlin et al., 2014) los suelos pueden clasificarse según su fertilidad en tres categorías principales:

Suelos fértiles: los suelos fértiles contienen niveles adecuados de nutrientes esenciales y presentan características físico químicas favorables para el desarrollo de los cultivos. Poseen una buena estructura, drenaje adecuado, pH óptimo, alta capacidad de intercambio catiónico y contenido

suficiente de materia orgánica, por ejemplo, los suelos aluviales, suelos volcánicos y praderas naturales.

Suelos moderadamente fértiles: estos suelos presentan deficiencias o desequilibrios en uno o más nutrientes esenciales, o bien, condiciones físicas o químicas que limitan el crecimiento vegetal. Pueden tener problemas de acidez, baja capacidad de retención de humedad, textura desfavorable o carencia de ciertos nutrientes. Con prácticas de manejo adecuadas, como la aplicación de fertilizantes y enmiendas, se puede mejorar su fertilidad.

Suelos infértiles: son los suelos que carecen de los nutrientes esenciales o presentan condiciones extremadamente desfavorables para el desarrollo de los cultivos. Pueden tener problemas severos de salinidad, toxicidad por metales pesados, drenaje deficiente o pH extremo. Ejemplos: suelos áridos, suelos salinos y suelos contaminados. Estos suelos requieren un manejo intensivo e incluso costoso para lograr una producción agrícola viable.

La clasificación de los suelos según su fertilidad es primordial para implementar prácticas de manejo adecuadas, como la aplicación de fertilizantes, retoques orgánicos y técnicas de conservación, con el fin de mantener o mejorar la productividad de los suelos agrícolas (Havlin et al., 2014).

2.6 Biodiversidad

Como describen (Cofré y Atala, 2019), el término “Biodiversidad” hoy en día, es un concepto multifacético que se refiere a la variedad y variabilidad de todos los organismos y sus hábitats, así como a las relaciones que se originan entre ellos. Sin embargo, el público en general solo reconoce el término en relación con número de especies de un lugar, dejando de lado otros componentes (genes, poblaciones, grupos funcionales, comunidades y unidades de paisaje) y atributos (abundancia relativa, rango, endemismo, interacciones y relaciones filogenéticas). De esta forma, es importante destacar que hoy en día la biodiversidad se reconoce como una expresión integradora de muchas diferentes escalas espaciales o de organización, desde genes hasta paisajes, y donde cada nivel o escala posee tres componentes diferentes: su composición, su estructura y su función.

2.7 Técnicas de coleta de mesofauna edáfica

Para llevar a cabo la captura y/recolección de organismos, existen diversas metodologías o técnicas desde las más sencillas hasta las más complejas y desde las más generales hasta las más específicas, según indican (Palacios y Mejía, 2007) en “Técnicas de colecta, montaje y preservación de microartrópodos edáficos”.

2.7.1 Embudo de Berlese-Tullgren

Utilizándolo por primera vez, el profesor Antonio Berlese, fue pionero en aplicar este método, donde por fototropismo negativo, diseñó embudos para extraer mesoorganismos del suelo. Hoy, se ha modificado a Tullgren donde se emplea el método colocando una fuente de luz y calor en una lámpara en la parte superior del embudo. Los organismos buscan escapar de la sequedad del suelo que a medida que pasa el tiempo con luz y el calor generado esta va en aumento. Atraviesan la malla del embudo y caen en un recipiente con alcohol al 70% (Palacios y Mejía, 2007).

Así que, el embudo de Berlese-Tullgren es un método efectivo para el estudio de mesofauna.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Área de estudio

La investigación fue llevada a cabo en tres distintos suelos con diferentes actividades de la comunidad Ganshi, perteneciente a la parroquia El Altar del cantón Penipe, en la provincia de Chimborazo. La altitud varía de 2360 a 4000 metros sobre el nivel del mar. Se usó el software ArcMap 10.8 para la demarcación del área de estudio.

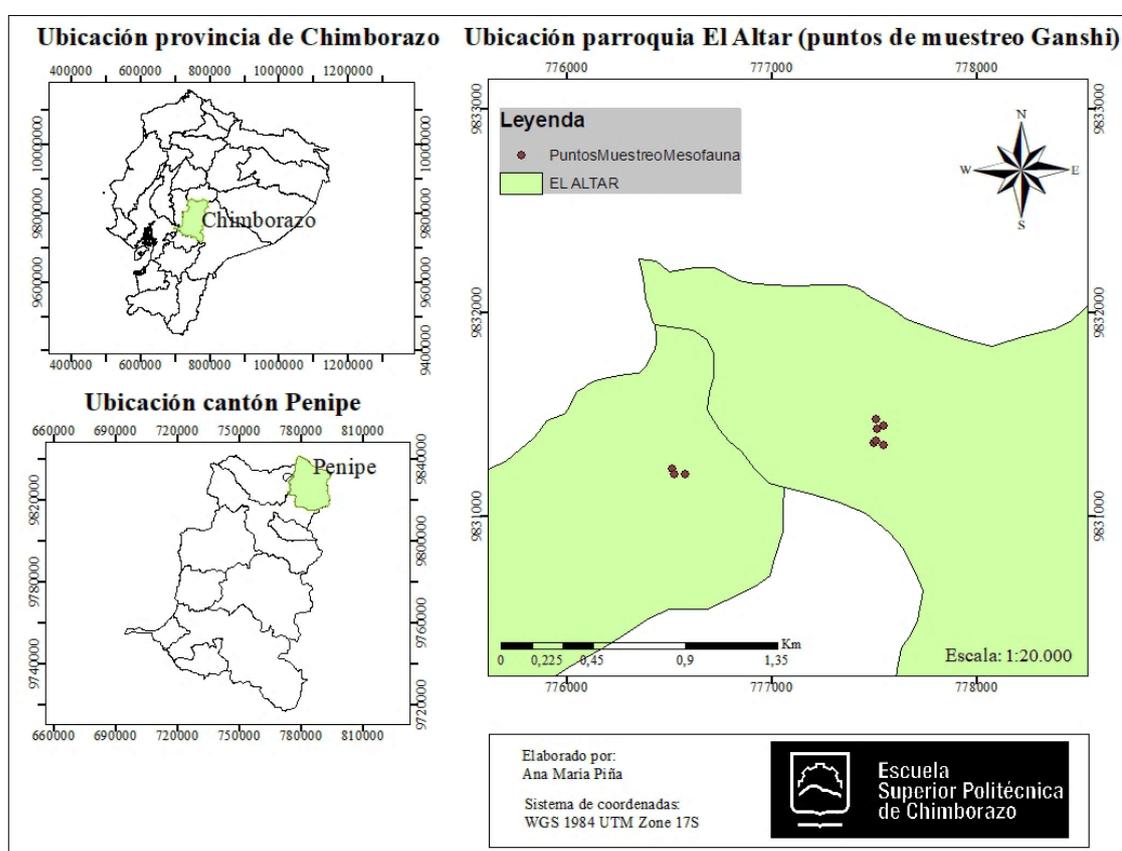


Ilustración 3-1: Ubicación del área de estudio

Realizado por: Piña A., 2023

3.2 Sitios de Muestreo

Los puntos de muestreo corresponden a tres diferentes áreas, estas por las especies que ahí destacan. La primera zona corresponde a cultivo de cítricos, la segunda a cultivo de aguacate y la tercera una plantación de eucalipto.

Los puntos de muestreo se detallan en la tabla a continuación:

Tabla 3-1: Puntos de muestreo y coordenadas.

Uso de Suelo	Puntos	Coordenadas	
		Coordenadas X	Coordenadas Y
Cultivo de cítricos	CC1	777498	9831354
	CC2	777512	9831369
	CC3.	777546	9831347
Cultivo de aguacate	CA1	776575	9831202
	CA2	776524	9831201
	CA3	776513	9831230
Plantación de eucalipto	PE1	777517	9831423
	PE2	777509	9831470
	PE3	777549	9831442

Realizado por: Piña A., 2023

3.3 Elaboración de muestreos de mesofauna edáfica

Este muestreo fue aplicado bajo los parámetros descritos en la metodología de (Socarrás y Robaina, 2011) para la caracterización de la mesofauna edáfica bajo diferentes usos de la tierra en suelo Ferralítico Rojo de Mayabeque y Artemisa. Las muestras se tomaron en los meses de octubre considerándolo época seca y febrero época lluviosa, de cada sitio se tomó 3 muestras de manera aleatoria y al azar con una profundidad que va de (0-10 cm) y con un cilindro de 5 cm de diámetro por 10 cm de profundidad. Una vez se extrajo el suelo, se colocó en bolsas de plástico etiquetadas con los datos respectivos. Se tomó georreferenciación de cada punto.

3.4 Elaboración de muestreo para análisis físico químico

En la toma de muestras para el análisis físico químico al ser homogéneas las áreas de estudio, el muestreo fue al azar siguiendo un camino en zigzag donde se tomaron 15 pequeñas submuestras en cada área de diferente uso a una profundidad de 0-20 cm, luego fueron mezcladas muy bien para obtener una muestra homogénea de 1 kg aproximadamente tal como guía (Schweizer, 2011).

3.5 Descripción de mesofauna edáfica

Las muestras se llevaron al Laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Recursos Naturales. Para obtener la mesofauna edáfica se utilizó embudos de Berlese-Tullgren con una fuente de luz y calor, por medio de la acción directa de luz cálida de 116W durante cuatro días.

Los organismos obtenidos se almacenaron en alcohol al 70% hasta su observación e identificación taxonómica. La identificación de la mesofauna edáfica se dio mediante la observación en estereomicroscopio y con la aplicación Labscope de ZEISS.

3.6 Caracterización física y química del suelo

Se llevó a cabo conforme a las indicaciones de la FAO (2009) establecidas en la "Guía para la descripción de suelos", la cual especifica la realización de análisis de parámetros fisicoquímicos en este caso, textura, potencial de hidrógeno (pH), porcentaje de materia orgánica (%MO), conductividad eléctrica (CE), nitrógeno (NH₄), fósforo (P), potasio (K) y magnesio (Mg). Este análisis se realizó en el laboratorio de suelos de la Facultad de Recursos Naturales.

3.7 Cálculo de índices de diversidad

Después de aplicar el conteo y descripción taxonómica de la mesofauna en cada tipo de uso del suelo o punto de muestreo. Se calcularon los índices de abundancia relativa, índices de Shannon y Simpson, y el índice de riqueza de Margalef. (Rubio, 2016)

- Índice de abundancia relativa

$$AR = \frac{\text{No individuos de una especie}}{\text{Total individuos de todas las especies}} * 100$$

- Índice de diversidad de Shannon

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

Donde:

H' = índice de Shannon, S = número de especies, p_i = proporción de los individuos de la especie i respecto al total de individuos, o sea la **AR** de la especie i .

- **Índice de Simpson**

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

Donde: S = Diversidad de Simpson, n = número de individuos de la especie, N = número total de individuos.

- **Índice de riqueza de Margalef**

$$D = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Donde: D = índice de Margalef, S = número de especies, \ln = logaritmo natural, N = total de individuos.

3.8 Análisis estadístico.

Para visualizar las relaciones entre las propiedades físico-químicas de los suelos y la abundancia de diferentes grupos de organismos edáficos en los tres tipos de suelo estudiados (cítricos, aguacate y eucalipto), se realizó un análisis de correlación canónica tipo biplot, lo que es útil para comprender la relación que existe entre los factores que influyen en la estructura y la distribución de estas comunidades en los ecosistemas edáficos. Para este proceso se utilizó el software estadístico PAST4.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Identificación taxonómica de la mesofauna edáfica en las áreas de eucalipto, aguacate y cítricos.

Tabla 4-1: Taxonomía de la mesofauna identificada en el muestreo 1. E: Eucalipto; A: Aguacate; C: Cítricos.

Orden	Familia	Áreas			Total
		E	A	C	
Astigmata	<i>Glycyphagidae</i>	0	2	11	13
Collembola	<i>Sminthurididae</i>	0	3	0	3
Entomobryomorpha	<i>Entomobryidae</i>	2	0	0	2
Hemiptera	<i>Pseudococcidae</i>	0	0	1	1
Hymenoptera	<i>Encyrtidae</i>	0	1	0	1
Mesostigmata	<i>Laelapidae</i>	0	0	2	2
Mesostigmata	<i>Laelapidae</i>	0	3	0	3
Psocoptera	No Id	0	1	0	1
Oribatida	<i>Trhypochthonioidea</i>	4	0	0	4
Oribatida	<i>Oribatulidae</i>	0	10	4	14
Oribatida	<i>Oribatulidae</i>	0	5	0	5
Oribatida	<i>Schelorbitidae</i>	2	2	1	5
Oribatida	<i>Galumnatidae</i>	3	0	1	4
Oribatida	<i>Acaridae</i>	2	2	2	6
Oribatida	<i>Nothridae</i>	1	0	4	5
Oribatida	<i>Brachychthoniidae</i>	0	1	3	4
Prostigmata	<i>Rhagidiidae</i>	1	0	0	1
Prostigmata	<i>Tetranychidae</i>	0	0	1	1
Prostigmata	<i>Eupodidae</i>	0	3	0	3
Prostigmata	<i>Stigmaeidae</i>	0	6	0	6
	Total	15	39	30	84

Realizado por: Piña A., 2024

Tabla 4-2: Taxonomía de la mesofauna identificada en el muestreo 2. E: Eucalipto; A: Aguacate; C: Cítricos.

Orden	Familia	Áreas			Total
		E	A	C	
Astigmata	<i>Oripodoidea</i>	0	2	0	2
Astigmata	<i>Glycyphagidae</i>	0	0	16	16
Collembola	<i>Isotomidae</i>	3	11	8	22
Collembola	<i>Odontellidae</i>	0	6	7	13
Collembola	<i>Neanuridae</i>	0	4	7	11
Hemiptera	<i>Coccidae</i>	0	2	0	2
Hemiptera	<i>Aphididae</i>	3	0	0	3
Mesostigmata	<i>Laelapidae</i>	0	2	0	2
Mesostigmata	<i>Laelapidae</i>	0	1	0	1
Mesostigmata	<i>Dermanyssidae</i>	0	2	1	3
Mesostigmata	<i>Microgyniidae</i>	3	3	3	9
Oribatida	<i>Galumnatidae</i>	4	1	0	5
Oribatida	<i>Nanhermanniidae</i>	6	3	4	13
Oribatida	<i>Acaridae</i>	2	0	1	3
Oribatida	<i>Acaridae</i>	3	0	0	3
Oribatida	Oribatulidae	3	7	8	18
Prostigmata	<i>Cheyletidae</i>	0	5	0	5
Prostigmata	<i>Rhagidiidae</i>	0	9	1	10
Prostigmata	<i>Ereynetidae</i>	0	0	2	2
Prostigmata	<i>Rhagidiidae</i>	1	0	0	1
Total		28	58	58	144

Realizado por: Piña A., 2024

4.1.1 Índices de diversidad

4.1.1.1 Índice de abundancia relativa

Tabla 4-3: Abundancia relativa de la mesofauna identificada en el área de eucalipto. Muestreo 1.

Eucalipto		
Orden	Cantidad	Abundancia R %
Collembola	3	6,98
Entomobryomorpha	2	4,65
Hemiptera	3	6,98
Mesostigmata	3	6,98
Oribatida	30	69,77
Prostigmata	2	4,65
Total	43	100

Realizado por: Piña A., 2024

La tabla 4-3 proporciona información sobre la abundancia de diferentes órdenes de organismos en un entorno de plantación de eucalipto. Los datos muestran la cantidad de individuos y su proporción en relación con el total. En este caso, se observa que el orden más abundante es Oribatida, con 30 individuos representando el 69,77% del total. Le siguen Hemiptera, Mesostigmata y Collembola con 3 individuos cada uno, representando el 6,98% cada uno. Entomobryomorpha y Prostigmata tienen 2 individuos, representando el 4,65% cada uno. Esta distribución de organismos en el ecosistema del eucalipto sugiere una predominancia significativa de los Oribatida, seguido de cerca por los Hemiptera, Mesostigmata y Collembola.

En el caso de la tabla, la abundancia de Oribatida es atribuida a su adaptación a las condiciones específicas del ecosistema del eucalipto. Por ejemplo, estos organismos pueden tener una alta tasa de reproducción, lo que les permite aprovechar la abundancia de recursos disponibles en el entorno. Además, pueden tener una alta tolerancia a la competencia interespecífica y a la predación, lo que les permite sobrevivir en el ecosistema (Moras Loyarte, 2010). La ausencia del resto de organismos en la plantación de eucalipto se puede explicar por el proceso de acidificación que se produce en la descomposición de las hojas de eucalipto en el suelo, las cuales liberan sustancias químicas que inhiben el crecimiento y desarrollo de otros organismos en los suelos. Este fenómeno es mejor conocido como alelopatía. (Poore y Fries, 1987)

Tabla 4-4: Abundancia relativa de la mesofauna identificada en el área de aguacate.

Aguacate		
Orden	Cantidad	Abundancia R %
Astigmata	4	4,12
Collembola	24	24,74
Hemiptera	2	2,06
Hymenoptera	1	1,03
Mesostigmata	11	11,34
Psocóptera	1	1,03
Oribatida	31	31,96
Prostigmata	23	23,71
Total	97	100

Realizado por: Piña A., 2024

La tabla 4-4 proporciona información sobre la abundancia de diferentes órdenes de organismos en un entorno de aguacate.

Astigmata con 4 individuos, representa el 4.12%. Este orden puede estar presente en el aguacate debido a su capacidad para adaptarse a diferentes ambientes y condiciones, lo que les permite sobrevivir en este entorno específico. Collembola con 24 individuos es el 24.74%. La alta abundancia de Collembola está relacionada con su papel crucial en la descomposición de materia orgánica y ciclos de nutrientes en el suelo del aguacate. Hemiptera con 2 individuos representa el 2.06%, su baja abundancia de Hemiptera se debe a factores como la competencia con otros organismos o la disponibilidad de recursos limitados en el ecosistema del aguacate. Hymenoptera presenta 1 individuo esto es el 1.03%, a pesar de su baja presencia, los Hymenoptera desempeñan roles importantes como polinizadores o depredadores en el aguacate. Mesostigmata con 11 individuos representa el 11.34% y su presencia moderada está relacionada con su papel como depredadores de otros organismos presentes en el aguacate. Psocóptera con 1 individuo es el 1.03%, sus funciones son importantes en la descomposición de materia orgánica en el entorno del aguacate. Oribatida predomina 31 individuos representando el 31.96% donde su alta abundancia indica su adaptación exitosa al ecosistema del aguacate y su papel en la descomposición y ciclos de nutrientes. Finalmente, Prostigmata tiene 23 individuos que son el 23.71%, lo que se relaciona con su diversidad funcional y adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales. La interacción de estos organismos contribuye a la dinámica y equilibrio del sistema (Castellanos, CAPACHO y Castellanos Hernández 2021).

Tabla 4-5: Abundancia relativa de la mesofauna identificada en el área de cítricos.

Cítricos		
Especies	Cantidad	Abundancia R %
Astigmata	27	30,68
Collembola	22	25,00
Hemiptera	1	1,14
Mesostigmata	6	6,82
Oribatida	28	31,82
Prostigmata	4	4,55
Total	88	100

Realizado por: Piña A., 2024

Astigmata representa el 30.68%, donde según el estudio sobre insectos polinizadores del aguacate, se destaca la importancia de la familia Astigmata en los ecosistemas agrícolas. Esta familia puede tener una presencia significativa en entornos como los cultivos de aguacate, lo que podría explicar su abundancia en los suelos de cítricos (Carabalí Muñoz et al., 2017). Collembola es el 25.00% y su presencia está relacionada con su papel crucial en la descomposición de materia orgánica y ciclos de nutrientes en el suelo, como se ha observado en estudios que caracterizan la mesofauna edáfica bajo diferentes usos de la tierra (Socarrás y Robaina, 2011). Hemiptera representa solamente el 1.14%, aunque la presencia es baja, estos organismos pueden desempeñar roles específicos en el ecosistema de los cítricos, como se menciona en un estudio sobre el mal de abundancia y abandono del campo, donde se discute la importancia y los desafíos asociados con las plagas en cultivos como el aguacate (Carabalí Muñoz et al., 2017). Mesostigmata es el 6.82%, su presencia es moderada y esto se asocia con su función como depredadores en el suelo, contribuyendo al control biológico de otros organismos presentes en los suelos de cítricos (Karbasián et al., 2022).

Oribatida representa un gran porcentaje con 31.82%, la alta abundancia de Oribatida indica su adaptación exitosa al entorno de los cítricos y su papel en la descomposición y ciclos de nutrientes, como se ha observado en estudios que analizan la abundancia y diversidad de la mesofauna del suelo en diferentes municipios (Castellanos, CAPACHO y Castellanos Hernández 2021). Prostigmata con el 4.55%, aunque menos abundantes, los Prostigmata tienen funciones específicas en el ecosistema del suelo, contribuyendo a la diversidad y equilibrio biológico (Vásquez, Sánchez y Valera, 2007).

4.1.1.2 Índice de diversidad de Shannon

Tabla 4-6: Índice de diversidad de Shannon.

Área de estudio	H'	Interpretación
Eucalipto	1,47	Baja
Aguacate	2,23	Alta
Cítricos	1,95	Moderada

Realizado por: Piña A., 2024

Según los valores del índice de diversidad de Shannon para cada área de estudio, se puede interpretar: en la plantación de eucalipto se obtuvo un valor de 1,47, que se considera bajo. Esto indica que existe poca diversidad de especies y probablemente hay dominancia de algunas especies sobre otras en esta área. En el área del aguacate se calculó un índice de 2,23, valor alto que refleja alta diversidad. La comunidad en esta área sería más rica en especies y con abundancias más equitativas entre ellas. El área de cítricos presenta un valor intermedio de 1,95. Aunque es más alto que el área del eucalipto, se considera una diversidad moderada. Existen más especies que en la plantación de eucalipto pero ciertas especies aún predominan sobre otras.

Según el índice de Shannon, el área con mayor diversidad de la mesofauna es la del aguacate, mientras que la menor diversidad se encuentra en la plantación de eucalipto. Los cítricos muestra una diversidad intermedia entre las otras áreas de estudio.

4.1.1.3 Índice de diversidad de Simpson

Tabla 4-7: Índice de diversidad de Simpson.

Área	S	Interpretación
Eucalipto	0,827	Alta diversidad
Aguacate	0,867	Alta diversidad
Cítricos	0,807	Alta diversidad

Realizado por: Piña A., 2024

De acuerdo con los valores del índice de Simpson para cada área de estudio, se puede interpretar: Los valores calculados en las 3 áreas son cercanos a 1, lo que indica alta diversidad según este índice. La plantación de eucalipto presenta un valor de 0,827. Aunque es el más bajo de las 3 áreas, se considera indicativo de alta diversidad de la mesofauna. El aguacate tiene el valor más alto con 0,867. Esto sugiere que es el área con mayor diversidad de especies y equitatividad. El área de cítricos muestra un valor intermedio de 0,807. Su diversidad es alta pero levemente menor que la del aguacate.

El índice de Simpson indica que las 3 áreas presentan alta diversidad de la mesofauna edáfica, siendo el cultivo de aguacate la zona con mayor diversidad seguida por la plantación de eucalipto y luego los cítricos.

4.1.1.4 Índice de riqueza de Margalef

Tabla 4-8: Índice de Margalef

Área	D	Interpretación
Eucalipto	2,216	Baja biodiversidad
Aguacate	3,003	Baja biodiversidad
Cítricos	2,646	Baja biodiversidad

Realizado por: Piña A., 2024

Según el índice de riqueza de Margalef para cada área, se puede interpretar lo siguiente: Los tres valores calculados son relativamente bajos, menores a 5, indicando una baja biodiversidad en las tres áreas según este índice. El área del aguacate presenta el valor más alto con 3,003, sugiriendo una mayor riqueza de especies que en la plantación de eucalipto y cítricos. La plantación de eucalipto muestra el valor más bajo, 2,216, lo que señala que es el área con menor riqueza de especies de la mesofauna. Los cítricos tiene un valor intermedio de 2,646, por lo que su riqueza es mayor a la del eucalipto pero menor a la del aguacate.

Margalef indica que las tres áreas tienen una biodiversidad relativamente baja en cuanto a riqueza de especies. El cultivo de aguacate es la que presenta mayor riqueza, seguida por cítricos y luego por la plantación de eucalipto.

4.2 Relación de las características fisicoquímicas del suelo con la mesofauna

Tabla 4-9: Análisis fisicoquímico de cada área de estudio. E: Eucalipto; A: Aguacate; C: Cítricos.

#M	Suelo	pH	(μ S/cm)	%	Textura	mg/L		Meq/100g		
			CE	MO		NH ₄	P	K	Ca	Mg
1	A	4,69 Ac	342 NS	4,74 M	Fa	4,26 B	70,95 A	0,72 A	13,7 M	6,5 N
2	E	4,87 Ac	251 NS	2,86 B	Af	4,93 B	35,59 A	0,57 M	6,3 B	1,3 B
3	C	6,06 L. Ac	393 NS	4,85 M	Af	4,35 B	81,50 A	0,70 A	19,8 M	7,8 E

Realizado por: Piña A., 2024

4.2.1 Textura

La textura identificada tras los análisis realizados a los tres sitios de muestreo corresponde a lo siguiente: La zona de la plantación de eucalipto y cultivo de cítricos presentan una textura de arena franca (Af), esto indica que son suelos ligeros, tienen buena aireación por sus partículas de gran tamaño predominantes y esto facilita que el aire penetre. Sin embargo estas mismas características hacen que la presencia de materia orgánica no sea potencial, además de que existe un lavado de los elementos minerales del suelo cuando se producen intensas lluvias. (Gisbert, Ibáñez y Moreno, 2008)

Por otro lado, la textura del área de aguacate pertenece a franco arenosa (Fa) donde existe mayor permeabilidad y el agua tiene menor retención debido a que los granos de arena predominan (Ciancaglioni, 2000). Son suelos aptos para cultivos variados al ser más equilibrados.

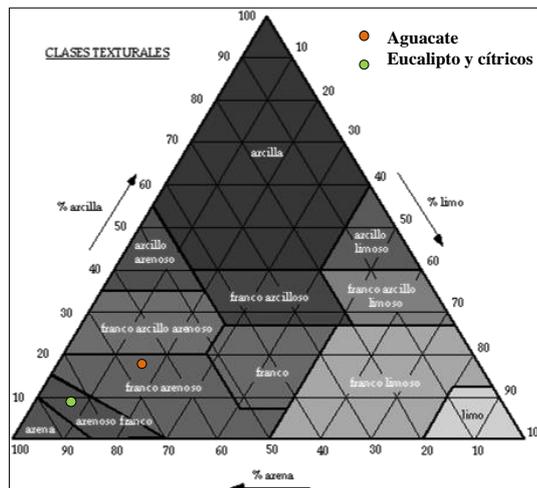


Ilustración 4-1: Clases texturales de los suelos

Realizado por: Piña A., 2024

Fuente: (Ciancaglioni, 2000)

4.2.2 Potencial de hidrógeno (pH)

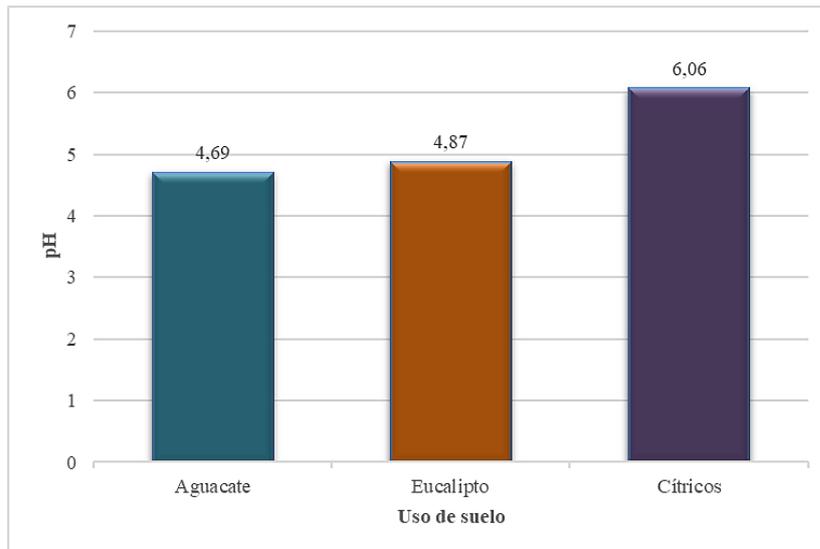


Ilustración 4-2: potencial de hidrógeno de los tipos de uso de suelo

Realizado por: Piña A., 2024

Se encontró un pH de 4,69 en la zona de cultivo de aguacate, este es <7 indicando así que el suelo es extremadamente ácido. En esta misma condición de acidez se encuentra la zona de plantación de eucalipto con un pH de 4,87.

Por otro lado la zona de los cítricos tiene un pH ligeramente ácido de 6,06 así mismo <7 .

4.2.3 Conductividad eléctrica (CE)

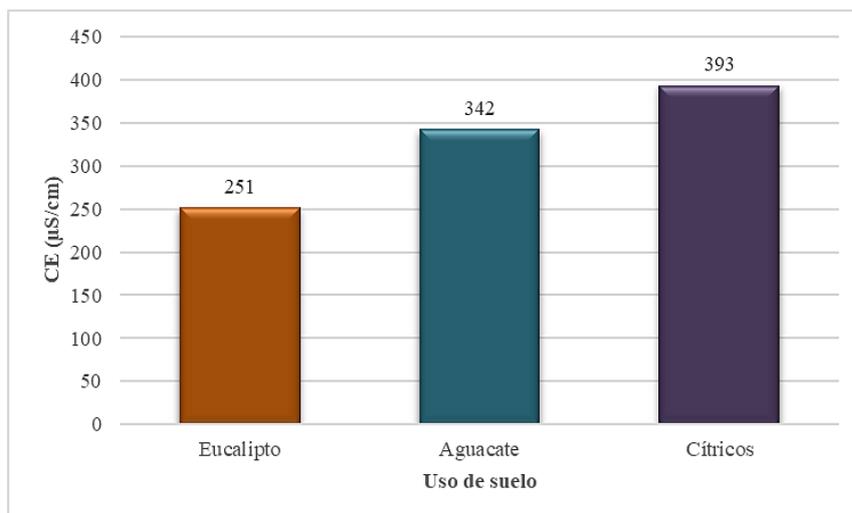


Ilustración 4-3: Conductividad eléctrica de los diferentes suelos

Realizado por: Piña A., 2024

Tras los análisis realizados, se encontró que la condición de las tres áreas de estudio, son las siguientes. Para la plantación de eucalipto la CE es de 251 $\mu\text{S}/\text{cm}$; para cultivo de aguacate es de 342 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y en la zona de cítricos la CE es de 393 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Esto indica una No salinidad en las áreas.

4.2.4 Porcentaje de materia orgánica (MO)

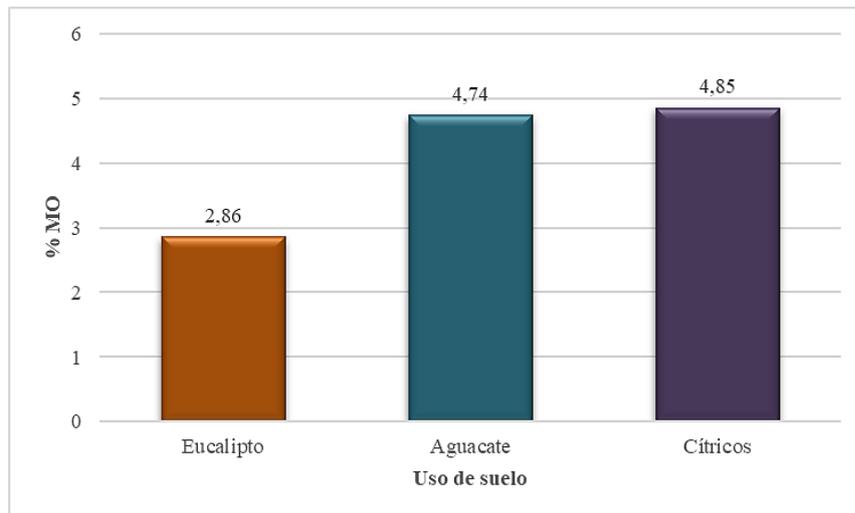


Ilustración 4-4: porcentaje de materia orgánica en los diferentes suelos

Realizado por: Piña A., 2024

De acuerdo con la ilustración, el suelo de plantación de eucalipto presenta el menor porcentaje de materia orgánica, con un valor de 2,86%. Por otro lado, el suelo bajo el cultivo de aguacate tiene un porcentaje de materia orgánica de 4,74%, lo cual es considerablemente más alto que en el caso del eucalipto. Sin embargo, el porcentaje más elevado de materia orgánica se encuentra en el suelo destinado al cultivo de cítricos, alcanzando un valor de 4,85%.

Estos resultados sugieren que los suelos bajo plantaciones de frutales, como aguacate y cítricos, tienden a tener niveles más altos de materia orgánica en comparación con los suelos bajo plantaciones forestales, como el eucalipto.

La materia orgánica del suelo es un componente clave para la fertilidad y la calidad del mismo, ya que influye en propiedades como la retención de humedad, la aireación y la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Julca-Otiniano et al., 2006).

4.2.5 Nitrógeno presente en el suelo (NH_4)

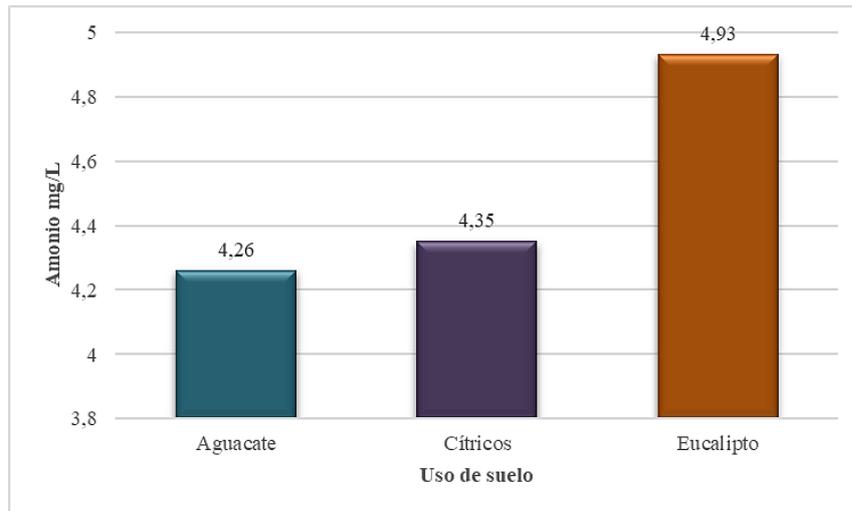


Ilustración 4-5: Nitrógeno en los diferentes suelos.

Realizado por: Piña A., 2024

Según el gráfico, el suelo bajo el cultivo de aguacate presenta el nivel más bajo de nitrógeno, con un valor de 4,26 mg/L. Por otro lado, el suelo destinado al cultivo de cítricos tiene un nivel de nitrógeno ligeramente superior, alcanzando los 4,35 mg/L. Sin embargo, el nivel más alto de amonio se encuentra en el suelo bajo plantaciones de eucalipto, con un valor de 4,93 mg/L.

Estos resultados sugieren que los suelos bajo plantaciones forestales, como el eucalipto, tienden a presentar mayores concentraciones de nitrógeno en comparación con los suelos cultivados con frutales, como aguacate y cítricos. El amonio es una forma de nitrógeno inorgánico que se encuentra en el suelo y proviene de la descomposición de la materia orgánica, la fijación de nitrógeno por microorganismos y la aplicación de fertilizantes nitrogenados (Brady y Weil 2004). Las plantas pueden absorber directamente el amonio del suelo, pero también puede ser transformado en nitrato por los microorganismos del suelo a través del proceso de nitrificación (Havlin et al. 2014).

4.2.6 Fósforo (P)

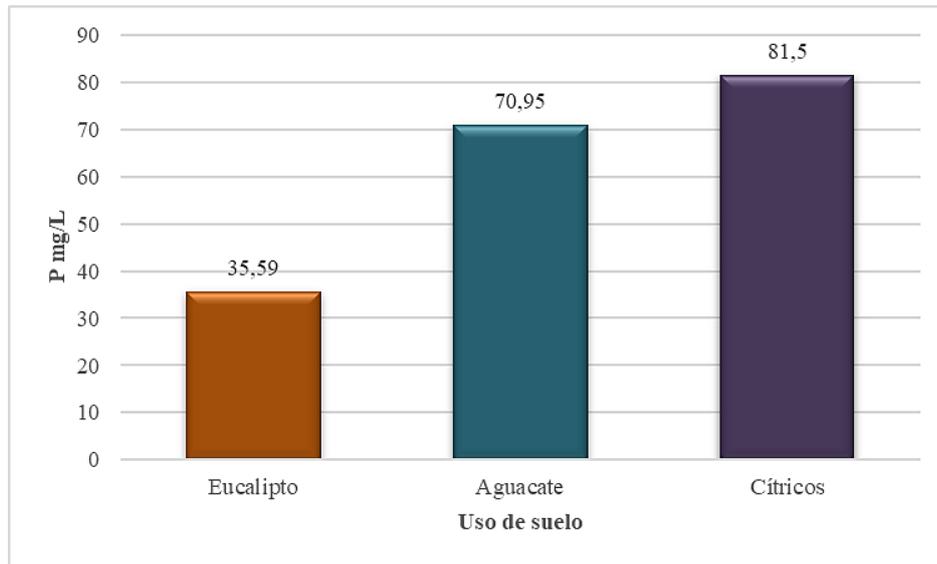


Ilustración 4-6: Fósforo en los diferentes suelos

Realizado por: Piña A., 2024

El suelo destinado a plantación de eucalipto exhibe el nivel más bajo de fósforo disponible, con un valor de 35,59 mg/L. En el caso del suelo bajo cultivo de aguacate, el nivel de fósforo disponible es de 70,95 mg/L, considerablemente más alto que en el suelo de eucalipto. El suelo utilizado para el cultivo de cítricos presenta el nivel más alto de fósforo disponible entre los tres usos de suelo evaluados, alcanzando un valor de 81,5 mg/L.

El fósforo es un macronutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas, desempeñando funciones clave en procesos como la fotosíntesis, la transferencia de energía y la división celular (Havlin et al. 2014). La disponibilidad de fósforo en el suelo depende de factores como el tipo de suelo, el pH, la presencia de materia orgánica y las prácticas de manejo.

4.2.7 Potasio (K)

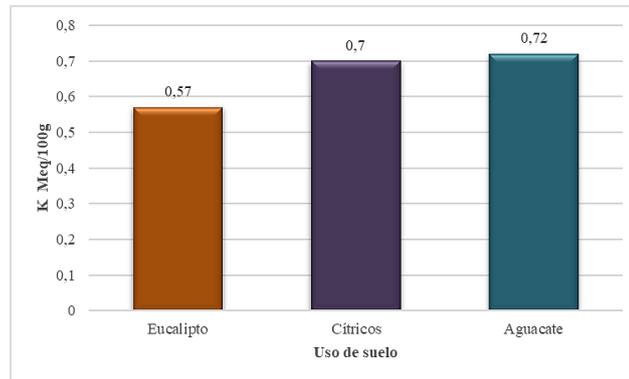


Ilustración 4-7: Potasio en los diferentes suelos

Realizado por: Piña A., 2024

El suelo destinado al cultivo de eucalipto presenta el nivel más bajo de potasio disponible, con un valor de 0,57 meq/100g. En el caso del cultivo de cítricos, el nivel de potasio disponible es de 0,7 meq/100g, superior al observado en el suelo de eucalipto. El suelo bajo cultivo de aguacate exhibe el nivel más alto de potasio disponible entre los tres usos de suelo evaluados, alcanzando un valor de 0,72 meq/100g.

El potasio es un macronutriente esencial para las plantas, desempeñando funciones clave en el metabolismo, la regulación del balance hídrico, la síntesis de proteínas y la activación de enzimas (Mengel y Kirkby, 2004).

4.2.8 Calcio (Ca)

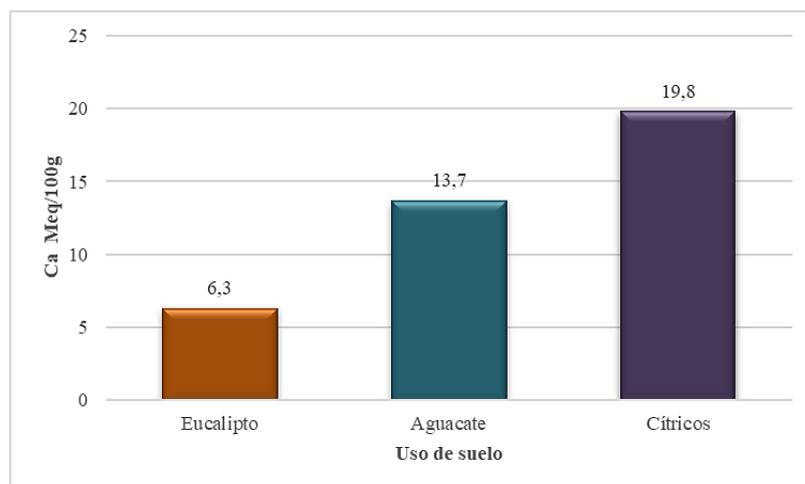


Ilustración 4-8: Calcio en los diferentes suelos

Realizado por: Piña A., 2024

Los eucaliptos, que son árboles muy utilizados en plantaciones forestales, presentan un contenido de calcio de 6,3 meq/100g en el suelo. Este nivel relativamente bajo puede deberse a que los eucaliptos tienden a acidificar el suelo, lo que puede reducir la disponibilidad de calcio para las plantas (Moras Loyarte, 2010). Por otro lado, los aguacates, que son cultivos frutales, se desarrollan en suelos con un contenido de calcio de 13,7 meq/100g. Este valor más alto es beneficioso para los aguacates, ya que el calcio es importante para el crecimiento y la calidad de los frutos. El mayor contenido de calcio se observa en los cítricos, con 19,8 meq/100g. Esto es coherente con las necesidades nutricionales de los cítricos, que son cultivos que requieren buenas cantidades de calcio para un adecuado desarrollo y producción de frutos. (Havlin et al., 2014).

4.2.9 *Magnesio (Mg)*

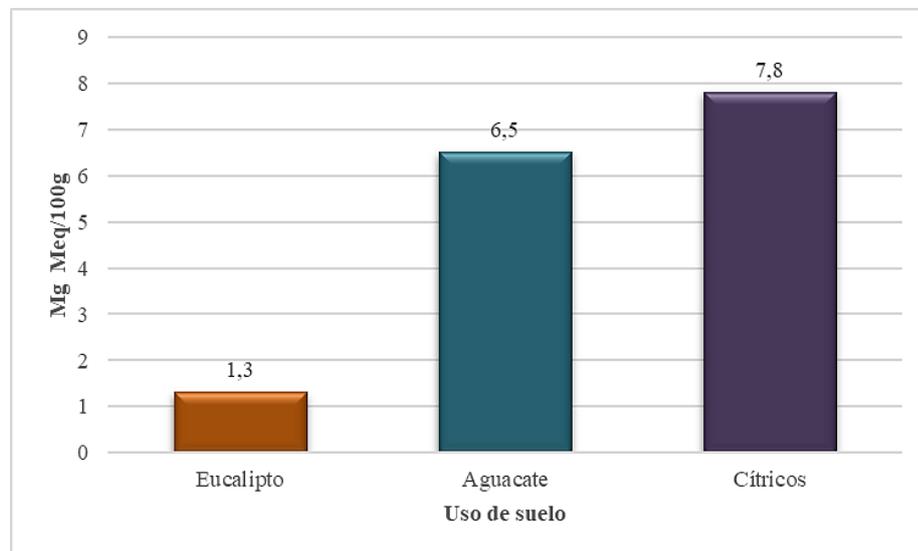


Ilustración 4-9: Magnesio en los diferentes suelos

Realizado por: Piña A., 2024

El suelo de plantación de eucalipto tiene 1,3 meq/100g. El bajo contenido de magnesio en el suelo de eucalipto puede estar relacionado con la necesidad de una fertilización adecuada para garantizar un crecimiento saludable de estos árboles. La falta de magnesio puede afectar negativamente la producción y la salud general del eucalipto. El cultivo de aguacate con un contenido de 6,5 meq/100g moderado de magnesio en el suelo de aguacate es esencial para el desarrollo adecuado de este cultivo. La presencia suficiente de magnesio contribuye a funciones vitales en las plantas, como la formación de clorofila y el almacenamiento de nutrientes, lo que puede influir positivamente en la producción y calidad del fruto. El suelo en los cítricos tiene un

valor de 7,8 meq/100g, aquí el alto contenido de magnesio en los suelos de cítricos es crucial para el crecimiento y desarrollo óptimo de estos árboles frutales.

El magnesio desempeña un papel fundamental en la producción de clorofila, el cuajado del fruto y el mantenimiento del tamaño y calidad del mismo, lo que puede traducirse en una mayor productividad y calidad de los cítricos (Brady y Weil 2004).

4.3 Análisis estadístico de la relación entre la mesofauna y las propiedades fisicoquímicas.

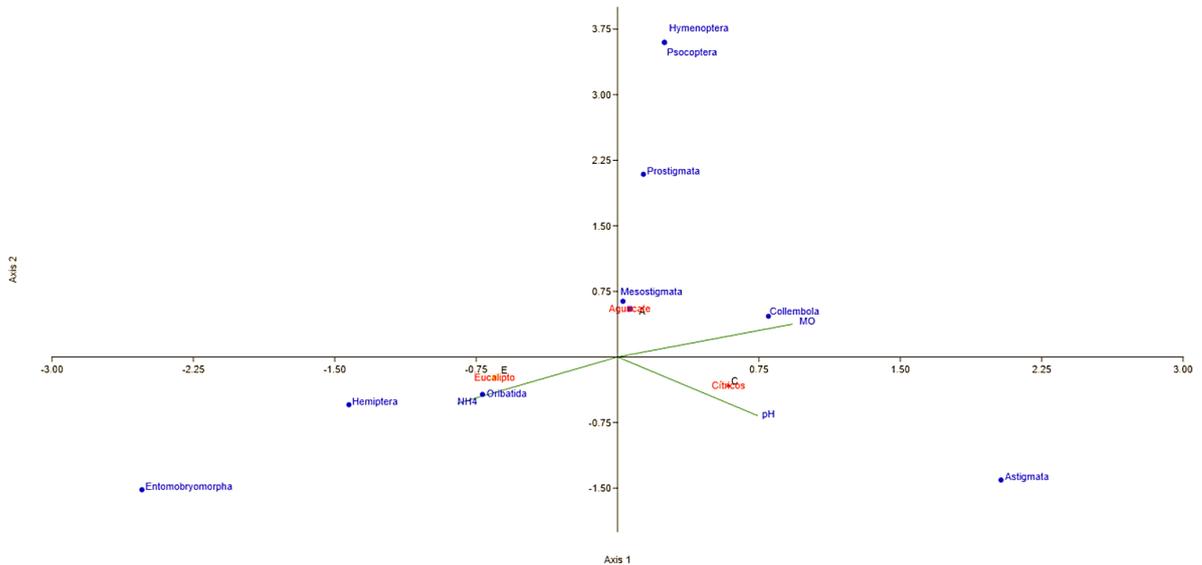


Ilustración 4-10: Gráfica de análisis de correlación canónica (ACC)

Realizado por: Piña A., 2024

La Ilustración 4-2 muestra la ordenación de los usos de suelo (aguacate, cítricos y eucalipto) y los grupos taxonómicos de la mesofauna edáfica en relación con los parámetros químicos del suelo en un biplot. El eje horizontal (Axis 1) representa el gradiente principal de variación en la estructura de la mesofauna, mientras que el eje vertical (Axis 2) representa el segundo gradiente más importante.

Los usos de suelo se encuentran cercanos entre sí, lo que sugiere que comparten características similares en cuanto a la composición y abundancia de la mesofauna. Sin embargo, se observa una ligera separación de la plantación de eucalipto respecto a los cultivos de aguacate y cítricos, lo que podría indicar ciertas diferencias en la estructura de la mesofauna asociada a este uso de suelo.

Los vectores más largos, que representan los parámetros químicos del suelo, indican una mayor influencia en la estructuración de la mesofauna. En este caso, el pH y el contenido de materia

orgánica MO, parecen ser los factores más determinantes, ya que tienen los vectores más largos y casi perpendiculares al eje principal (Axis 1).

En cuanto a los grupos taxonómicos de la mesofauna, su posición en el biplot indica su relación con los parámetros químicos del suelo. Por ejemplo, Hymenoptera y Psocoptera se encuentran en la dirección del vector de pH, lo que sugiere que su abundancia está fuertemente influenciada por este factor. Por otro lado, Mesostigmata y Collembola se asocian más con el contenido de materia orgánica, ya que se encuentran en la dirección de este vector.

4.4 Discusión

Identificar la estructura de la mesofauna, permite inferir sobre los beneficios directos o indirectos que estos aportan a un ecosistema. Esto lo podemos hacer mediante la clasificación taxonómica de los individuos, que nos permite sintetizar los datos obtenidos. La tabla 4-1 y la tabla 4-2 proporcionan información detallada sobre la identificación taxonómica de la mesofauna edáfica en áreas específicas, como plantación de eucalipto, cultivo de aguacate y cítricos. Los datos muestran la distribución de diferentes familias y órdenes de organismos en cada área de estudio, lo que nos permite comprender la diversidad y abundancia relativa de la mesofauna en estos entornos. (Palacios-Vargas et al. 2009).

Observamos que las especies de Oribatida son sobresalientes en todas las áreas de estudio, con una presencia significativa en cada tabla. Esto sugiere que los Oribatida son un grupo importante de organismos en los suelos de eucalipto, aguacate y cítricos. Además, otras familias y especies también están presentes, aunque en menor medida, lo que indica una diversidad de la mesofauna en cada entorno (SÁNCHEZ 2021).

Calcular los índices de diversidad, como el índice de Shannon, el índice de Simpson y el índice de riqueza de Margalef, revela diferencias en la diversidad de la mesofauna entre las áreas de estudio. Por ejemplo, el área de aguacate muestra una alta diversidad según el índice de Shannon y el índice de Simpson, mientras que la plantación de eucalipto tiene una diversidad más baja según estos índices. Esto sugiere que la estructura de la comunidad de la mesofauna puede variar según el tipo de cultivo y las condiciones del suelo.

El análisis de las características fisicoquímicas del suelo proporciona información sobre los factores ambientales que pueden influir en la composición y abundancia de la mesofauna. Por ejemplo, se observa que el pH del suelo varía entre las áreas de estudio, con valores más bajos en

la plantación de eucalipto y valores ligeramente más altos en las áreas de aguacate y cítricos. Esto sugiere que las diferencias en el pH del suelo pueden afectar la estructura de la comunidad de la mesofauna.

Además, se observan diferencias en el contenido de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio entre las áreas de estudio. Estos nutrientes son importantes para el crecimiento de las plantas y pueden influir en la disponibilidad de recursos para la mesofauna. Por ejemplo, se observa que el suelo de aguacate tiene un mayor contenido de materia orgánica y nitrógeno en comparación con la plantación de eucalipto, lo que puede proporcionar un hábitat más favorable para la mesofauna (Brady y Weil, 2004).

Estos resultados sugieren que la composición y abundancia de la mesofauna edáfica pueden estar influenciadas por una variedad de factores ambientales, incluidas las características fisicoquímicas del suelo y el tipo de cultivo. La comprensión de estas relaciones es fundamental para la conservación y manejo sostenible de los ecosistemas agrícolas y forestales.

4.5 Comprobación de la hipótesis

Para comprobar si la calidad del suelo en Ganshi es aceptable se plantea que debe haber una relación fuerte entre la mesofauna encontrada y los parámetros químicos del suelo presentados en el análisis de correlación canónica (ACC).

4.5.1 Hipótesis nula

La mesofauna edáfica o los parámetros químicos de los suelos en Ganshi deben explicar la calidad del suelo en un porcentaje menor o igual al 50%.

4.5.2 Hipótesis alterna

La mesofauna edáfica o los parámetros químicos de los suelos en Ganshi deben explicar la calidad del suelo un porcentaje mayor al 50%.

$$H_0: p \leq 50\%$$

$$H_1: p > 50\%$$

4.5.3 Valor p

El análisis realizado por PAST4 respecto al valor p es 0,159.

4.5.4 Regla de decisión

Si el valor p es menor o igual que $\alpha = 0,05$ se rechaza la hipótesis nula.

4.5.5 Decisión y conclusión

A partir del valor p obtenido en PAST4, se toma la decisión de no rechazar H_0 , pues el valor p es mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$ es decir que la mesofauna edáfica o los parámetros químicos de los suelos en Ganshi explican la calidad del suelo un porcentaje del 62,78%.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La identificación taxonómica de la mesofauna edáfica en las áreas de eucalipto, aguacate y cítricos revelan diferencias significativas en la composición y abundancia de las especies presentes en cada entorno. Se observa una mayor diversidad y abundancia de especies en el cultivo de aguacate (2,23 – alta), seguido por cítricos (1,95 – moderada) y eucalipto (1,47 – baja) según la diversidad de Shannon. Además de la obvia predominancia del orden Oribatida. Este patrón es influenciado por las características específicas de cada ambiente, como la acidez del suelo, la presencia de materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes. Además, se identificaron relaciones entre ciertos grupos taxonómicos y los tipos de suelo, lo que sugiere una interacción compleja entre la mesofauna y las propiedades fisicoquímicas del suelo.

Los índices de diversidad, como el de Shannon, Simpson y Margalef, proporcionan información sobre la estructura y equitatividad de las comunidades de la mesofauna en cada área de estudio. Se observa una mayor diversidad en el cultivo de aguacate, seguido por cítricos y eucalipto. Estos resultados manifiestan la importancia de considerar la diversidad biológica al evaluar la salud y el funcionamiento de los ecosistemas edáficos.

El análisis de las características fisicoquímicas del suelo revela diferencias significativas entre los tres tipos de cultivo. Se observa una mayor acidez y menor contenido de materia orgánica en el suelo de eucalipto en comparación con aguacate y cítricos. Estas discrepancias pueden influir en la composición y abundancia de la mesofauna, ya que ciertas especies pueden ser más tolerantes a condiciones específicas del suelo. Además, se identificaron correlaciones entre ciertos parámetros químicos del suelo y grupos taxonómicos de la mesofauna, lo que sugiere una interacción compleja entre el suelo y la biota.

El análisis estadístico revela patrones claros de asociación entre la mesofauna y las propiedades químicas del suelo. Se observa una separación de los tipos de cultivo en función de la composición de la mesofauna y ciertos parámetros químicos del suelo. Además, se identificaron variables clave, como el pH y el contenido de materia orgánica, que influyen significativamente en la estructuración de la comunidad de la mesofauna. Siendo la mesofauna, el parámetro que mejor explica la calidad del suelo en la comunidad.

La investigación brinda una comprensión completa de cómo la mesofauna del suelo se relaciona con las propiedades físicas y químicas en plantaciones de eucalipto, aguacate y cítricos. Los hallazgos subrayan la necesidad de tener en cuenta tanto la diversidad biológica como los aspectos ambientales al desarrollar estrategias para el cuidado de suelos y cultivos.

5.2 Recomendaciones

Aplicar métodos de gestión y manejo del suelo sostenibles utilizando estrategias agrícolas que reduzcan al mínimo la alteración del suelo, con el fin de conservar la integridad estructural del suelo y crear un entorno propicio para el desarrollo óptimo de la mesofauna.

Monitorear regularmente las propiedades del suelo realizando análisis periódicos de las propiedades físicas y químicas para comprender mejor cómo influyen en la mesofauna y ajustar las prácticas de manejo de ser necesarias.

Se recomienda mejorar las técnicas para la observación y validación de los organismos, por ejemplo, aplicar el software de Labscope Zeizz más actual, que permita incluso hacer las mediciones de los organismos y también permita tener una base de datos de cada observación.

Se recomienda que este trabajo de investigación se tome en consideración para futuros estudios que presenten rasgos similares.

BIBLIOGRAFÍA

- 1. ASCHKAR, Gabriela.** Alteraciones físicas, químicas y biológicas en suelos afectados por desmonte en el noreste rionegrino: contribución a la conservación de suelos de regiones semiáridas. [En línea]. (Tesis de posgrado) (maestría) Universidad Nacional del Sur. Bahía blanca, Argentina. 2022. págs. 13-15 [Consulta: 30 julio 2023]. Disponible en: <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/6250>
- 2. BARREZUETA, S; et al.** “Evaluación del método de ignición para determinar materia orgánica en suelos de la provincia el oro-ecuador”. *Fave. Sección ciencias agrarias* [en línea], 2020, (Ecuador), vol. 19, (2), págs. 26-27. [Consulta: 05 marzo 2024]. ISSN 1666-7719. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1666-77192020000200025&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- 3. BEDANO, José Camilo.** “El rol de la mesofauna edáfica en la evaluación de la calidad del suelo”. *Thuar, A., F. Cassán y C. Olmedo. De la biología del suelo a la agricultura* [en línea], 2007 (Argentina), págs. 251-253. [Consulta: 03 enero 2024]. Disponible en: https://www.academia.edu/download/36993281/2007-Bedano-Capitulo_libro_Biologia_de_Suelos.pdf
- 4. BOHN, Hinrich L; et al.** *Soil chemistry*. 3^a ed. United States of America: John Wiley & Sons, 2002, págs. 43-44.
- 5. BRADY, N. & WEIL, R.** “Elements of the Nature and Properties of Soils”. *Journal of Chemical Information and Modeling*, vol. 53, (9), 2004, (United State of America). págs. 98-100.
- 6. BURBANO, Hernán.** “El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria”. *Revista de Ciencias agrícolas* [en línea], 2016 (Colombia), vol. 33, (2), págs. 117-124. [Consulta: 30 julio 2023]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-01352016000200011&script=sci_arttext
- 7. CABRERA, Héctor; et al.** “Impacto del uso del suelo sobre la meso y macrofauna edáfica en caña de azúcar y pasto”. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* [en línea], 2019 (México), vol. 22, págs. 33-43. [Consulta: 03 enero 2024]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Felix-Murillo/publication/333117700_IMPACTO_DEL_USO_DEL_SUELO_SOBRE_LA_MESO_

Y_MACROFAUNA_EDAFICA_EN_CANA_DE_AZUCAR_Y_PASTO_IMPACT_OF_LAN
D_USE_ON_THE_EDAPHIC_MESO_AND_MACROFAUNA_IN_SUGARCANE_AND_PA
STURE/links/5cdc4bf092851c4eaba3501d/IMPACTO-DEL-USO-DEL-SUELO-SOBRE-LA-
MESO-Y-MACROFAUNA-EDAFICA-EN-CANA-DE-AZUCAR-Y-PASTO-IMPACT-OF-
LAND-USE-ON-THE-EDAPHIC-MESO-AND-MACROFAUNA-IN-SUGARCANE-AND-
PASTURE.pdf

8. CABRERA, Héctor; et al. “Oribátidos, colémbolos y hormigas como indicadores de perturbación del suelo en sistemas de producción agrícola”. *Ecosistemas y recursos agropecuarios* [en línea] 2019 (México), vol. 6, (17), págs. 231-241. [Consulta: 05 marzo 2024]. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-90282019000200231&script=sci_arttext

9. CARABALÍ, Arturo; et al. *Insectos polinizadores del aguacate (Persea americana Mill.) cv. Hass en Colombia*. Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-CORPOICA, 2017, págs. 18-20.

10. CASTELLANOS, Leónides; et al. “Abundancia y diversidad de la mesofauna del suelo en seis municipios de Norte de Santander, Colombia”. *INGE CUC* [en línea] 2021 (Colombia), vol. 17, (1), págs. 303-314. [Consulta: 05 marzo 2024]. Disponible en: <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/10311>

11. CASTILLO, Ximena; et al. “Evaluación de la calidad de suelo: generación e interpretación de indicadores”. *Terra Latinoamericana* [en línea] 2021 (México), vol. 39, pág. 2. [Consulta: 03 enero 2024]. ISSN 0187-5779. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792021000100103&script=sci_arttext

12. CASTRO, David. *Clase Collembola*. [Blog]. (s.f.) [Consulta: 05 de marzo de 2024]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/David-Gerena-Castro/publication/343453020_Clase_Collembola/links/5f2b375c299bf13404a5c219/Clase-Collembola.pdf

13. CASTRO, R; et al. “Diversidad y estructura trófica de la comunidad de mesofauna edáfica de artrópodos presentes en agroecosistemas del centro-sur de Chile”. *Presentando al II Congreso Nacional de Ecología y Biología de Suelos*, 2011, (Chile). págs. 18-20.

14. **CEPAL, N. U.** *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. Objetivos, metas e indicadores mundiales.* [Blog] 2019. [Consulta: 18 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.sidalc.net/search/Record/dig-cepal-11362-40155/Description>
15. **CIANCAGLINI, Nicolás.** “Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico”. *San Juan: Inta EEA* [en línea], 2010, (Ecuador), págs. 2-10. [Consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20_R001_Gu%C3%ADa%20para%20la%20determinaci%C3%B3n%20de%20textura%20de%20suelos%20por%20m%C3%A9todo%20organol%C3%A9ptico.pdf
16. **COFRÉ, Hernán. & ATALA, Cristian.** “¿ Qué es la Biodiversidad?: patrones, teorías y amenazas. revista de innovación en enseñanza de las ciencias”. *Revista de Innovación en Enseñanza de las Ciencias* [en línea], 2019, (Chile), vol. 3, (1), págs. 104-106. [Consulta: 30 julio 2023]. ISSN 0719-9007. Disponible en: <http://reinnec.cl/index.php/reinnec/article/view/58>
17. **CRUZ, A; et al.** “La calidad del suelo y sus indicadores”. *Ecosistemas* [en línea], 2004, (México), vol. 13, (2), págs. 90-91. [Consulta: 03 enero 2024]. ISSN 1697-2473. Disponible en: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/572/541>
18. **FAO.** *Guía para la descripción de suelos* [en línea]. 4ª ed. Roma-Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2009. [Consulta: 18 noviembre 2023]. Disponible en: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/b54d0348-dfce-413c-bd5d-142b3a14a049/content>
19. **FAO.** *La contaminación de los suelos está contaminando nuestro futuro.* [blog]. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 02 mayo 2018. [Consulta: 21 enero 2024]. Disponible en: <https://www.fao.org/newsroom/story/Polluting-our-soils-is-polluting-our-future/es#:~:text=La%20contaminaci%C3%B3n%20del%20suelo%20afecta%20a%20la%20seguridad%20alimentaria%20al,alimentos%20para%20alcanzar%20el%2023HambreCero>
20. **FONSECA, G; et al.;** “Cadena Agroproductiva Del Cultivo De Mora En La Parroquia El Altar, Chimborazo-Ecuador”/Blackberry Crop Agroproductive Chain in El Altar Parish, Chimborazo-Ecuador. *KnE Engineering* [en línea], 2020, (Ecuador), págs. 576–596-576–596.

[Consulta: 17 noviembre 2023]. ISSN 2518-6841. Disponible en: <https://knepublishing.com/index.php/KnE-Engineering/article/view/6280>

21. **GARBISU, C; et al.** “Bioindicadores de la calidad del suelo: herramienta metodológica para la evaluación de la eficacia de un proceso fitorremediador”. *Ecosistemas* [en línea], 2007, (España), vol. 16, (2), págs. 45-46. ISSN 1697-2473. Disponible en: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/127/124>

22. **GISBERT, J; et al.** “La textura de un suelo”. *Universidad Politécnica de Valencia*, vol. 4, (1), 2008, (España).

23. **GRIJALVA, Martha.** *Importancia de los ácaros en diferentes hábitats ácaros de vida libre*, 2012, págs. 29-36.

24. **HAVLIN, John; et al.** *Soil Fertility and Fertilizer*. 8ª ed. Published by Pearson Education India, 2014, págs. 39-40.

25. **JULCA, Alberto; et al.** “La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura”. *Idesia (Arica)*, 2006, vol. 24, (1), págs. 49-61. [Consulta: 06 diciembre 2023] ISSN 0718-3429. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292006000100009

26. **KARBASIAN, Maryam; et al.** “Edaphic Mesostigmata mites in central Iran: Twelve new country and local records” [en línea]. *Iranian Journal of Animal Biosystematics (IJAB)*, 2022, vol. 18, (2), págs. 109-120. [Consulta: 07 marzo 2024]. ISSN 1735-434X. Disponible en: https://ijab.um.ac.ir/article/view/37496/article_43009_ffddbaf55afb2c65018f9a664f3804c.pdf

27. **MENGEL, K. & KIRKBY, E.** *Principles of plant nutrition*. 5ª ed. Bingen, Alemania. Annals of Botany, 2004. ISSN 0305-7364, pág. 25.

28. **MORALES, Nafer.** ¿Qué es un bioindicador? Aprendiendo a partir del ciclo de indagación guiada con macroinvertebrados bentónicos. Propuesta Metodológica. [En línea]. (Tesis de posgrado) (maestría), Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias. (Colombia). 2011. págs. 3-5. [Consulta: 30 julio 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/19984/naferedivarmoralessalinas.2011.pdf>

29. **MORAS, Guillermo.** Tablas de volumen de eucalyptus globulus ssp. Globulus al sur del río negro. [En línea]. (Tesis de posgrado) (maestría), Universidad de la República, facultad de agronomía. (Montevideo, Uruguay). 2010. Págs. 1-4. [Consulta: 07 marzo 2024]. Disponible en: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/1822/1/0064mor.pdf>
30. **NICOSIA, Salvador; et al.** “Estructura de la comunidad de la mesofauna edáfica en dos suelos con distinta intensidad de uso”. *Ciencia del suelo* [en línea], 2020, (Argentina) vol. 38 (1), págs. 72-80. [Consulta: 30 julio 2023]. ISSN 1850-2067. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672020000100007&script=sci_arttext
31. **NÚÑEZ, Franklin; et al.** “Cuantificación del carbono orgánico y materia orgánica en suelos no rizosféricos o cubiertos por *Avicennia germinans* (L.) y *Conocarpus erectus* (L.) emplazados en Boca de Uchire, laguna de Unare, Estado de Anzoátegui, Venezuela”. *Revista Geográfica de América Central* [en línea], 2021, (Venezuela) (66), págs. 340-366. [Consulta: 05 marzo 2024]. ISSN 2215-2563. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S2215-25632021000100340&script=sci_arttext
32. **OSORIO, N.** “pH del suelo y disponibilidad de nutrientes”. *Manejo integral del suelo y Nutrición vegetal* [en línea], 2012, (Colombia) vol. 1, (4), págs. 1-4. [Consulta: 05 marzo 2024]. Disponible en: <https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/pH-del-suelo-y-nutrientes.pdf>
33. **PALACIOS, J & MEJÍA, B.** *Técnicas de colecta, montaje y preservación de microartrópodos edáficos.* [En línea]. México: Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, 2007. [Consulta: 05 marzo 2024]. Disponible en: <http://www.mexicancaves.org/other/arthropods.pdf>
34. **PALACIOS, José; et al.** “Microartrópodos edáficos”. *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel* [en línea], 2009, (México) *Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF*, págs. 203-211. [Consulta: 05 marzo 2024]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Jose-Palacios-Vargas/publication/283571468_Microarthropods_from_the_Ecological_Reserve_of_the_Pedregal/links/56403bae08aec6f17ddb8861/Microarthropods-from-the-Ecological-Reserve-of-the-Pedregal.pdf

35. **POORE, E & FRIES, C.** *Efectos ecológicos de los eucaliptos*. Italia: FAO, 1987. Págs. 58-59.
36. **REYES, Erika; et al.** “Índices de calidad del suelo. Una revisión sistemática”. *Ecosistemas* [en línea], 2018, (Colombia) vol. 27, (3), págs 130-139. [Consulta: 05 marzo 2024]. ISSN 1697-2473. Disponible en: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/1598/1154>
37. **RUBIO, Daniel.** Cálculo del índice de biodiversidad de especies faunísticas en el Bosque Protector Aguarongo. [En línea]. Tesis de Licenciatura. Universidad Politécnica Salesiana, carrera de ingeniería ambiental. (Cuenca, Ecuador). 2016. Págs. 6-8. [Consulta: 01 febrero 2024]. Disponible en : <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/11895/1/UPS-CT005647.pdf>
38. **SÁNCHEZ, Dafne.** Composición de ácaros oribátidos acari: cryptostigmata y colémbolos hexápoda: entognatha de la reserva estatal sierra monte negro, Morelos, México. [En línea]. (Tesis de posgrado) (maestría). Universidad Autónoma del Estado de Morelos. (Cuernavaca, México). 2021. Págs. 5-8. [Consulta: 07 marzo 2024]. Disponible en: <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/1683/FISDNF09T.pdf?sequence=1>
39. **SCHWEIZER, Susana.** “Muestreo y análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad”. *San Jose, Costa Rica: Inta*, (2011), (Costa Rica). Págs. 9-12.
40. **SOCARRÁS, Ana.** “Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo”. *Pastos y forrajes* [en línea], 2013, (Cuba) vol. 36 (1), págs. 5-13. [Consulta: 30 julio 2023]. ISSN 0864-0394. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942013000100001&script=sci_arttext
41. **SOCARRÁS, Ana & ROBAINA, N.** “Caracterización de la mesofauna edáfica bajo diferentes usos de la tierra en suelo Ferralítico Rojo de Mayabeque y Artemisa”. *Pastos y Forrajes*, [en línea], 2011, (Cuba) vol. 34 (2), págs. 185-197. [Consulta: 29 de noviembre de 2023]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942011000200006&script=sci_arttext
42. **SORIANO, María.** “Conductividad eléctrica del suelo”. *Universidad Politécnica de Valencia* [en línea], 2018, (España) vol. 1, págs. 4-6. [Consulta: 05 marzo 2024]. Disponible en:

<https://riunet.upv.es/handle/10251/105110>

43. **UTOMO, Muhajir; et al.** “Long-term tillage and nitrogen fertilization effects on soil properties and crop yields”. *Journal of Tropical Soils* [en línea], 2013, vol. 18 (2), págs. 131-139. [Consultado: 05 marzo 2024]. Disponible en: <https://journal.unila.ac.id/index.php/tropicalsoil/article/view/179>

44. **VÁSQUEZ, Carlos; et al.** Diversidad de ácaros (Acari: Prostigmata, Mesotigmata, Astigmata) asociados a la hojarasca de formaciones vegetales del Parque Universitario de la UCLA, Venezuela. *Iheringia. Série Zoologia* [en línea], 2007, (Venezuela) vol. 97, págs. 466-471. [Consultado: 07 marzo 2024]. ISSN 0073-4721. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/isz/a/tZLysX46HzygWVwRX3jGxXz/?lang=es>

45. **VAZQUEZ, Carmen, et al.** “Assessing multifunctionality of agricultural soils: Reducing the biodiversity trade-off”. *European Journal of Soil Science* [en línea], 2021, (Netherlands) vol. 72 (4), págs. 1624-1639. [Consultado: 30 julio 2023]. ISSN 1351-0754. Disponible en: <https://bsssjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1111/ejss.13019>

46. **WALL, Luis.** “La salud del suelo y las personas”. *Nuestro suelo* [en línea], 2023, (Argentina) [Consultado: 03 enero 2024]. ISSN 2618-5571. Disponible en: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/219629>

ANEXOS

ANEXO A: MUESTREO PARA MESOFAUNA Y ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO



ANEXO B: INSTALACIÓN DE EMBUDOS DE BERLESE-TULLGREN



ANEXO C: PREPARACIÓN MUESTRAS PARA ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO



ANEXO D: OBSERVACIÓN DE MESOFAUNA EN ESTEREOMICROSCOPIO



ANEXO E: RESULTADOS DEL ANALISIS FÍSICO QUÍMICO



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE SUELOS



Nombre del Propietario: Srta. Ana María Piña Quezada Fecha de ingreso: 07/02/2024
Fecha de salida: 23/02/2024

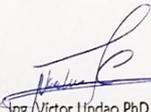
TEMA TIC: "ESTRUCTURA DE LA MESOFAUNA EDÁFICA Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DEL SUELO EN LA COMUNIDAD GANSHI, PARROQUIA EL ALTAR, CANTÓN PENIPE"
CARRERA: RECURSOS NATURALES RENOVABLES PAO: OCTAVO

Ubicación: Comunidad Ganshi, El Altar, Penipe, Chimborazo
Nombre de la granja Parroquia Cantón Provincia

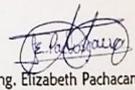
RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DEL ANALISIS FISICO-QUIMICO DE SUELOS

# M	Ident.	pH	(uS/cm)	%	Textura	mg/L			Meq/100g	
			C.E.	M.O		NH4	P	K	Ca	Mg
1	SUELO AGUACATE	4.69 Ac.	342.0 NS	4.74 M	Franco arenoso	4.26 B	70.95 A	0.72 A	13.7 M	6.5 N
2	SUELO EUCALYPTO	4.87 Ac.	251.0 NS	2.86 B	Arena franca	4.93 B	35.59 A	0.57 M	6.3 B	1.3 B
3	SUELO CITRICOS	6.06 LAc	393.0 NS	4.85 M	Arena franca	4.35 B	81.50 A	0.70 A	19.8 M	7.8 E

CODIGO	
NS: No salino	A: alto
Ac: Ácido	M: medio
L. Ac. Ligeramente ácido	B: bajo
N:Notable	E: Excelente



Ing. Víctor Lúndao PhD.
JEFE DE LAB. SUELOS

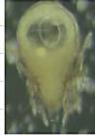
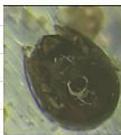
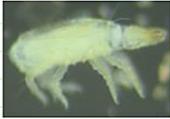


Ing. Elizabeth Pachacama Ch.
TECNICO DOCENTE

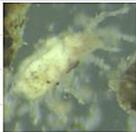
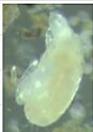
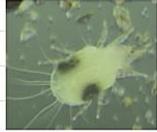
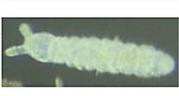
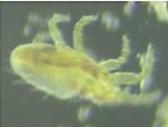
Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km 1 1/2, Facultad de Recursos Naturales, Teléfono 2998220 Extensión 418
"Apoyando a la producción sana, rentable y amigable con la naturaleza"



ANEXO F: ÓRDENES DE ORGANISMOS – MUESTREO 1

Oribatida 	Oribatida 	Oribatida 	Oribatida 	Oribatida 
Oribatida 	Oribatida 	Prostigmata 	Prostigmata 	Mesostigmata 
Astigmata 	Prostigmata 	Prostigmata 	Oribatida 	Mesostigmata 
Entomobryomorpha 	Hemiptera 	Hymenoptera 	Psocoptera 	Collembola 

ANEXO G: ÓRDENES DE ORGANISMOS – MUESTREO 2

Prostigmata 	Oribatida 	Oribatida 	Mesostigmata 	Mesostigmata 
Oribatida 	Prostigmata 	Mesostigmata 	Mesostigmata 	Astigmata 
Oribatida 	Prostigmata 	Hemiptera 	Collembola 	Collembola 
	Mesostigmata 	Prostigmata 	Collembola 	



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

Fecha de entrega: 08/ 03 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: ANA MARIA PIÑA QUEZADA
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: RECURSOS NATURALES
Carrera: RECURSOS NATURALES RENOVABLES
Título a optar: INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
 Ing. Andrea Patricia Guapi Auquilla, Mgs. Directora del Trabajo de Integración Curricular
 Lic. Sulaya Betsabé Bayancela Delgado, Msc. Asesora del Trabajo de Integración Curricular