



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

**DETERMINACIÓN DE LA MACROFAUNA EDÁFICA EN TRES
AGROECOSISTEMAS DEL CANTÓN PALORA.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA:

LUZ MARÍA ESTRELLA JUANACIO

Macas – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

**DETERMINACIÓN DE LA MACROFAUNA EDÁFICA EN TRES
AGROECOSISTEMAS DEL CANTÓN PALORA.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA: LUZ MARÍA ESTRELLA JUANACIO

DIRECTORA: ING. XIMENA RASHELL CAZORLA VINUEZA

Macas – Ecuador

2023

© 2023, Luz María Estrella Juanacio

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, Luz María Estrella Juanacio, 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.

Macas, 09 de junio de 2023



Luz María Estrella Juanacio

1401305543

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto de Investigación, **DETERMINACIÓN DE LA MACROFAUNA EDÁFICA EN TRES AGROECOSISTEMAS DEL CANTÓN PALORA.**, realizado por la señorita: **LUZ MARÍA ESTRELLA JUANACIO**, 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. Ángel Patricio Flores Orozco PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	2023-06-09
Ing. Ximena Rashell Cazorla Vinueza DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2023-06-09
Ing. Patricio Vladimir Méndez Zambrano ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2023-06-09

DEDICATORIA

Desde lo más profundo de mi corazón dedico el siguiente trabajo de integración curricular a Dios y a todas las personas que me rodean. Especialmente a mis padres; Antonio Estrella y Blanca Juanacio, quienes me brindaron su apoyo y fortaleza a lo largo de mi vida para cumplir las metas que me he propuesto. A mis hermanos por estar presentes y quienes con sus consejos han motivado a no abandonar los estudios para que así tenga una formación académica. A mis amigos que han estado presente en el proceso de este proyecto que, con su ayuda y motivación, dieron ese ánimo que algún momento me hizo falta para que cumpliera mi gran anhelado sueño.

María

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por darme salud y vida, sin el guiándome a lo largo de mi camino nada se cumpliría. A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional, por brindarme amor y sabiduría. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo sede Morona Santiago por su formación profesional. A mi directora de tesis y miembro de tesis por su paciencia y por guiarme en la ejecución del proyecto compartiendo sus conocimientos que me han ayudado a culminar este importante trabajo. A mis amigos que no me dejaron sola y me acompañaron a hacer los muestreos respectivos para así terminar este trabajo de investigación de integración curricular.

María

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	MARCO REFERENCIAL	3
1.1.	Planteamiento del problema.....	3
1.2.	Limitaciones y delimitaciones	3
1.3.	Problema general de investigación	4
1.4.	Problemas específicos de investigación	4
1.5.	Objetivos	4
1.5.1.	<i>Objetivo general</i>	4
1.5.2.	<i>Objetivos específicos</i>	4
1.6.	Justificación	5
1.6.1.	<i>Justificación teórica</i>	5
1.6.2.	<i>Justificación práctica</i>	5
1.7.	Hipótesis	5

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO	6
2.1.	Antecedentes de investigación.....	6
2.2.	Bases conceptuales	7
2.2.1.	<i>Suelo</i>	7
2.2.2.	<i>Calidad del suelo</i>	7
2.2.3.	<i>Agroecosistemas</i>	7
2.2.4.	<i>Fauna del suelo</i>	8
2.2.5.	<i>Macrofauna edáfica</i>	8

2.2.6.	<i>Indicadores del suelo</i>	8
2.2.7.	<i>Muestreo</i>	8
2.3.	Referencias teóricas	9
2.3.1.	<i>Perfiles del suelo</i>	9
2.3.2.	<i>Clasificación de agroecosistemas</i>	9
2.3.3.	<i>Clasificación de la fauna</i>	10
2.3.3.1.	<i>Microfauna</i>	10
2.3.3.2.	<i>Mesofauna</i>	10
2.3.3.3.	<i>Macrofauna</i>	10
2.3.4.	<i>Índice de calidad del suelo</i>	11
2.3.5.	<i>Indicadores físicos</i>	11
2.3.5.1.	<i>Densidad aparente</i>	12
2.3.5.2.	<i>Textura</i>	12
2.3.5.3.	<i>Profundidad del suelo</i>	13
2.3.5.4.	<i>Humedad</i>	13
2.3.6.	<i>Indicadores químicos</i>	14
2.3.7.1.	<i>Potencial de hidrogeno pH</i>	14
2.3.7.2.	<i>Conductividad eléctrica</i>	14
2.3.7.3.	<i>Materia orgánica</i>	15
2.3.7.4.	<i>Nitrógeno</i>	15
2.3.7.5.	<i>Fósforo</i>	16
2.3.7.6.	<i>Potasio</i>	17
2.3.8.	<i>Biológicos (Bioindicadores)</i>	17
2.3.9.	<i>Clasificación de la macrofauna edáfica</i>	17
2.3.9.1.	<i>Detritívoros</i>	17
2.3.9.2.	<i>Herbívoros o depredadores</i>	17
2.3.9.3.	<i>Ingenieros del ecosistema</i>	18
2.3.10.	<i>Grupos que componen la macrofauna edáfica</i>	18
2.3.10.1.	<i>Orden haplotaxida</i>	19
2.3.10.2.	<i>Orden araneae</i>	19
2.3.10.3.	<i>Orden coleóptera</i>	20
2.3.10.4.	<i>Orden dermaptera</i>	20
2.3.10.5.	<i>Clase diplopoda</i>	20
2.3.10.6.	<i>Orden diptera</i>	20
2.3.10.7.	<i>Orden hemiptera</i>	20
2.3.10.8.	<i>Orden hymenoptera</i>	21

2.3.10.9.	<i>Orden isopoda</i>	21
2.3.10.10.	<i>Orden isoptera</i>	21
2.3.10.11.	<i>Orden orthoptera</i>	21
2.3.11.	Índice de diversidad	21
2.3.11.1.	<i>Índice de abundancia relativa</i>	22
2.3.11.2.	<i>Índice de diversidad de Simpson</i>	22
2.3.11.3.	<i>Índice de Shannon- Wiener</i>	22
2.3.11.4.	<i>Índice de riqueza Margalef (D_{Mg})</i>	23
2.3.11.5.	<i>Densidad poblacional</i>	23
2.3.12.	Muestreo del suelo	23
2.3.12.1.	<i>Épocas de muestreo</i>	23
2.3.12.2.	<i>Muestra simple</i>	23
2.3.12.3.	<i>Muestras compuestas</i>	24
2.3.12.4.	<i>Manejo de las muestras</i>	24
2.3.12.5.	<i>Muestreo estadístico: aleatorio simple</i>	24

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	25
3.1.	Enfoque de investigación	25
3.2.	Nivel de investigación	25
3.3.	Diseño de investigación	25
3.3.1.	<i>Según la manipulación o no de la variable independiente (no experimental, casi experimental, experimental)</i>	25
3.3.2.	<i>Según las intervenciones en el trabajo de campo (transversal, longitudinal)</i>	25
3.4.	Tipo de estudio (documental/decampo)	26
3.5.	Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra	26
3.5.1.	<i>Área de estudio</i>	26
3.5.2.	<i>Caracterización de las zonas me muestreo</i>	26
3.5.3.	<i>Determinación de los puntos de muestreo</i>	27
3.5.4.	<i>Tamaño de la muestra</i>	27
3.6.	Métodos, técnicas e instrumentos de investigación	27
3.6.1.	<i>Métodos de recolección de muestras</i>	27
3.6.2.	<i>Técnicas</i>	27
3.6.3.	<i>Equipos e instrumentos de investigación</i>	28
3.6.4.	<i>Recolección de muestras de suelo</i>	28

3.6.5.	<i>Métodos para determinar los parámetros físicos del suelo</i>	29
3.6.5.1.	<i>Textura</i>	29
3.6.5.2.	<i>Densidad aparente</i>	29
3.6.5.3.	<i>Profundidad del suelo</i>	30
3.6.5.4.	<i>Humedad</i>	30
3.6.6.	<i>Métodos para determinar los parámetros químicos del suelo</i>	31
3.6.6.1.	<i>Potencial de hidrogeno</i>	32
3.6.6.2.	<i>Conductividad eléctrica</i>	32
3.6.6.3.	<i>Materia orgánica</i>	32
3.6.6.4.	<i>Nitrógeno, fósforo y potasio</i>	33
3.6.7.	Métodos para determinar los parámetros biológicos del suelo	34
3.6.7.1.	<i>Identificación de la macrofauna</i>	34
3.6.7.2.	<i>Evaluación biológica de la calidad del suelo</i>	35
3.6.7.3.	<i>Índice de abundancia relativa</i>	35
3.6.7.4.	<i>Índice de diversidad de Simpson</i>	35
3.6.7.5.	<i>Índice de Shannon- Wiener</i>	36
3.6.7.6.	<i>Índice de riqueza Margalef (D_{Mg})</i>	36
3.6.7.7.	<i>Densidad poblacional</i>	36
3.6.8.	<i>Determinación del índice de calidad del suelo ICS</i>	37

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	39
4.1.	Análisis de parámetros físicos-químicos de las fincas de té, café y pitahaya ...	39
4.1.1.	<i>Densidad aparente</i>	39
4.1.2.	<i>Profundidad del suelo</i>	40
4.1.3.	<i>Humedad</i>	41
4.1.4.	<i>Potencial de hidrógeno</i>	42
4.1.5.	<i>Conductividad eléctrica</i>	43
4.1.6.	<i>Materia orgánica</i>	44
4.1.7.	<i>Nitrógeno</i>	45
4.1.8.	<i>Fósforo</i>	46
4.1.9.	<i>Potasio</i>	47
4.2.	Índice de calidad del suelo ICS	48
4.3.	Indicadores de la calidad del suelo de cada parámetro	48
4.4.	Análisis de parámetros biológicos	49

4.4.1.	<i>Macrofauna edáfica</i>	49
4.4.2.	<i>Índices de diversidad</i>	51
4.4.2.1.	<i>Índice de abundancia relativa (IAR)</i>	51
4.4.2.2.	<i>Índice de diversidad de Simpson</i>	52
4.4.2.3.	<i>Índice de diversidad de Shannon Wiener e índice de riqueza de Margalef</i>	54
4.4.2.4.	<i>Caracterización de la macrofauna edáfica.</i>	55
CONCLUSIONES		63
RECOMENDACIONES		65
GLOSARIO		
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-2:	Descripción de horizontes del suelo	9
Tabla 2-2:	Índice de calidad del suelo	11
Tabla 2-3:	Valores de densidad aparente en relación con la textura	12
Tabla 2-4:	Clasificación de fracciones del suelo según el sistema internacional y USDA...	12
Tabla 2-5:	Clasificación de la profundidad del suelo.....	13
Tabla 2-6:	Rango de pH: acidez y alcalinidad	14
Tabla 2-7:	Intervalos de conductividad eléctrica	15
Tabla 2-8:	Valores de interpretación para materia orgánica %	15
Tabla 2-9:	Niveles crítico de nitrógeno.....	16
Tabla 2-10:	Niveles críticos de fósforo	16
Tabla 2-11:	Niveles críticos de potasio	17
Tabla 2-12:	Grupo taxonómico y funcional de la macrofauna edáfica	18
Tabla 2-13:	Escala de interpretación de diversidad de Simpson.....	22
Tabla 2-14:	Escala de interpretación del índice de Shannon-Wiener	22
Tabla 2-15:	Cantidad de muestras simples que conforman una muestra compuesta	24
Tabla 3-1:	Datos generales de las fincas	27
Tabla 3-1:	Materiales y equipos de laboratorio.....	28
Tabla 3-3:	Valores máximos y mínimos de cada parámetro de suelo.....	38
Tabla 4-1:	ICS de los agroecosistemas (Pitahaya, té y café)	48
Tabla 4-2:	ICS de cada parámetro en base a los límites permisibles	48
Tabla 4-3:	Datos de la recolección de macrofauna	49
Tabla 4-4:	Calidad del suelo según detritívoros/no detritívoros y lombrices/hormigas.....	50
Tabla 4-5:	Representa el índice de abundancia relativa de los tres agroecosistemas.....	52
Tabla 4-6:	Representa al índice de diversidad Simpson	53
Tabla 4-7:	Diversidad de Shannon y riqueza de Margalef.....	54
Tabla 4-8:	Caracterización de la macrofauna edáfica.	55

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 3-1:	Área de los tres agroecosistemas del cantón Palora.....	26
Ilustración 4-1:	Datos de densidad aparente y el valor promedio de cada agroecosistema..	39
Ilustración 4-2:	Resultados de profundidad.....	40
Ilustración 4-3:	Medición y valor promedio del % de humedad	41
Ilustración 4-4:	Datos de análisis de pH y valor promedio	42
Ilustración 4-5:	Medidas de CE y promedio del suelo de cada agroecosistema.....	43
Ilustración 4-6:	Contenido de materia orgánica y obtención del valor promedio	44
Ilustración 4-7:	Valores de % Nitrógeno y promedio	45
Ilustración 4-8:	Fósforo disponibles en el suelo y su valor promedio.....	46
Ilustración 4-9:	Valores de Potasio y valores promedios presentes en los agroecosistemas	47
Ilustración 4-10:	Distribución de la macrofauna edáfica de tres agroecosistemas de Palora.	51

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 3-1:	Ecuación para obtener densidad aparente.....	30
Ecuación 3-2:	Ecuación para obtener humedad.....	31
Ecuación 3-3:	Ecuación para obtener materia orgánica.....	32
Ecuación 3-4:	Ecuación para obtener nitrógeno.....	33
Ecuación 3-5:	Ecuación para obtener fósforo.....	34
Ecuación 3-6:	Ecuación para obtener potasio.....	34
Ecuación 3-7:	Ecuación para evaluación biológica.....	35
Ecuación 3-8:	Ecuación de abundancia relativa.....	35
Ecuación 3-8:	Ecuación de índice de diversidad Simpson.....	35
Ecuación 3-10:	Ecuación de índice de Shannon-Wiener.....	36
Ecuación 3-11:	Ecuación de riqueza de Margalef.....	36
Ecuación 3-11:	Ecuación para obtener densidad poblacional.....	36
Ecuación 3-13:	Para obtener valor normalizado.....	37

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: AGROECOSISTEMAS DEL CANTÓN PALORA

ANEXO B: MUESTREO DE SUELO Y MACROFAUNA

ANEXO C: PRUEBAS DE LABORATORIO

RESUMEN

A medida que la población mundial aumenta, la demanda de alimentos se incrementa significativamente. Esto, a su vez, conlleva a una intensificación en la producción agrícola, lo que provoca modificaciones en el uso y cobertura del suelo. Por tanto, se planteó como objetivo la determinación de la macrofauna edáfica presente en los tres agroecosistemas del cantón Palora: café, té y pitahaya. Se empleó una metodología de muestreo aleatorio simple para recolectar 15 muestras de suelo a una profundidad de 20 cm en cada agroecosistema. Utilizando un dispositivo GPSMAP 64sx-GARMIN, se identificaron los puntos de muestreo. Las muestras individuales se combinaron para formar muestras compuestas que se enviaron al laboratorio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, sede Morona Santiago. En el laboratorio se realizaron análisis físico-químicos y biológicos de las muestras recolectadas. A su vez se llevaron al laboratorio para identificar la macrofauna edáfica en términos de orden y familia. Se encontró que el agroecosistema de la pitahaya presenta una alta calidad de suelo, clasificado como clase 2. En cambio, los agroecosistemas del café y el té se consideraron de calidad moderada, clasificados como clase 3. En los análisis biológicos, se encontró una alta calidad de macrofauna en los tres agroecosistemas, evaluando grupos funcionales como detritívoros, no detritívoros, lombrices y hormigas. Se utilizó el índice de diversidad de Simpson y Shannon, concluyendo que el agroecosistema del té tiene una diversidad media. Por otro lado, el cultivo de pitahaya presenta una alta densidad poblacional. Se sugiere realizar análisis de especies de macrofauna edáfica según sus grupos funcionales en fincas de café, té y pitahaya.

Palabras clave: <SUELO>, <MACROFAUNA EDÁFICA>, <AGROECOSISTEMAS>, <EDAFOFAUNA>, < INDICADOR QUÍMICO>, <INDICADOR FÍSICO >, <ÍNDICE DE CALIDAD DEL SUELO >, <ÍNDICES DE DIVERSIDAD>.

1264-DBRA-UPT-2023



ABSTRACT

Demand for food is increasing significantly due to world population growth. That is why the need to lead an intensification of agricultural production, which causes changes in land use and land cover. Therefore, the objective of the current research work was to determine the edaphic macrofauna present in the three agroecosystems of the Palora County: coffee, tea, and pitahaya. It used a simple random sampling methodology in order to collect 15 soil samples at a depth of 20 cm in each agroecosystem. Through the use of a GPSMAP 64sx-GARMIN device was possible to identify sampling points. The individual samples were combined to form composite samples that were sent to the laboratory of the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Morona Santiago branch. The physicochemical and biological analyses of the collected samples were carried out in the laboratory to identify the edaphic macrofauna in terms of order and family. On the other hand, the pitahaya agroecosystem has a high soil quality; being classified as class 2. In contrast, the coffee and tea agroecosystems were considered of moderate quality, classified as class 3. In the biological analyses found a high quality of macrofauna in the three agroecosystems, evaluating functional groups such as: detritivores, non-detritivores, earthworms, and ants. The Simpson and Shannon diversity index was used and concluded that the tea agroecosystem has a medium diversity. In addition, the pitahaya crop has a high population density. It is suggested to analyze edaphic macrofauna species according to their functional groups in coffee, tea and pitahaya farms.

Keywords: <SOIL>, <EDAPHIC MACROFAUNA>, <AGROECOSYSTEMS>, <EDAFIFOAUNA>, <CHEMICAL INDICATOR>, <PHYSICAL INDICATOR>, <SOIL QUALITY INDEX>, <DIVERSITY INDEXES>.



By: Leonardo Mauricio Martínez Paredes

C.I. 0602902504

INTRODUCCIÓN

La intervención de la macrofauna edáfica como indicador de calidad del suelo y fertilidad en los agroecosistemas desempeñan un papel importante en la productividad (Moreno et al., 2021: pp.15). La capacidad del suelo para funcionar correctamente y mantener la productividad de los cultivos es una de las crisis más graves a las que se enfrenta nuestro planeta (Helena et al., 2007: pp.5-71). Ya que se torna insostenible debido a las malas prácticas como es: el uso excesivo de fertilizantes, pesticidas, la inadecuada rotación de cultivo y mala aplicación de los sistemas de riego (Montatixe Sánchez y Eche Enríquez, 2021: p.3). Por lo tanto, es importante estudiar los cambios que se producen en el suelo en el transcurso del tiempo debido a diversas actividades antropogénicas directas o indirectas, que perturban el equilibrio natural de los agroecosistemas al intervenir en ellos (Ramírez et al., 2014: pp.158-165).

La macrofauna edáfica interactúa con las diversas plantas y biotas del agroecosistema, aportando una serie de servicios fundamentales para la sostenibilidad del mismo (Ibáñez, 2007). Estos servicios son un recurso fundamental para la gestión sostenible de los sistemas agrícolas, ya que alteran la estructura física del suelo, regulan la materia orgánica, aumentan la disponibilidad y accesibilidad de los nutrientes para la vegetación y mejoran la salud de las plantas (Ibáñez, 2007; Helena et al., 2007: pp.5-71; Portal de Suelos de la FAO, 2021). La macrofauna del suelo se ven influenciadas por los cambios físicos y químicos que el ser humano provoca en el suelo (Bogado, 2013).

La degradación física perturban el buen funcionamiento del suelo afectando la capacidad de transporte de fluidos y volumen de almacenamiento relacionado con el equilibrio del agua y gases que son esenciales para la degradación de los nutrientes que necesitan las plantas y los microorganismos (Muñoz Iniestra et al., 2013: pp.202; Novillo et al., 2018: pp.178). Mientras que la degradación química se puede definir como la pérdida de nutrientes o la acumulación excesiva de algún nutriente y el aumento de la salinidad o la acidez. La degradación biológica se ve representada por la reducción de la descomposición de la materia orgánica (Cartes, 2013, pp.1-6).

El cantón Palora se encuentra ubicado en el noroccidente de la provincia de Morona Santiago, es conocido como el Edén de la Amazonia con variedad de flora y fauna (Ministerio del turismo, 2013). El progreso del cantón se debe a la ganadería, silvicultura y a la producción agrícola, algunos de los productos relevantes son: la pitahaya, el té, caña de azúcar y café (Ministerio de Turismo, 2020). El desarrollo económico del cantón proporciona alimentos y oportunidades de empleo (Dieguez Santana et al., 2020: pp.113-128). Por este motivo es importante conocer la calidad del suelo para determinar un mejor método de utilización e implementar medidas que ayuden a tener una mejor agricultura y así evitar su degradación.

La investigación tiene como finalidad dar a conocer la calidad del suelo con base a la macrofauna edáfica presente en los tres tipos de agroecosistemas como es la pitahaya, el té y el café en el cantón Palora mediante el análisis de parámetros físicos, químicos y biológicos. Se evaluará la riqueza, la diversidad, la abundancia y la composición funcional de la macrofauna del suelo en los agroecosistemas. Los grupos funcionales que conforman la macrofauna edáfica son los ingenieros del suelo, los detritívoros, los herbívoros y los depredadores estos son los que permiten estar en equilibrio al ecosistema y regular los procesos edáficos (Cabrera et al., 2011a: pp.331-332).

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 Planteamiento del problema

A medida que la población mundial sigue creciendo, también lo hace la demanda de alimentos, donde el sector agrícola depende de los productos agroquímicos, como los fertilizantes, para aumentar el rendimiento (Centeno, 2021). Al ser un sector dinámico, la agricultura ha tenido que intensificar su producción, especialmente en los cultivos destinados a la exportación. Un factor importante es la tecnología y la amplia investigación llevada a cabo por los sectores públicos y privados de todo el mundo (Hidalgo Dávila, 2017, p. 8). Así también, es importante conocer la calidad de suelo ya que debido a los diversos usos y malas prácticas agrícolas, entre las que se encuentran: el uso de fertilizantes, pesticidas, la inadecuada rotación de cultivos, la deforestación y la eliminación de la cubierta vegetal, dan lugar a modificaciones en el uso del suelo y en consecuencia, provocan cambios en su cobertura (Espinosa Ramírez et al., 2011: pp.77-88; Montatixe Sánchez y Eche Enriquez 2021: p.3).

Al ingresar al cantón Palora se puede evidenciar que la principal fuente de desarrollo para los habitantes es la agricultura y la ganadería, especialmente la siembra de té y pitahaya la cual ha tenido un crecimiento significativo en los últimos años (Quezada et al., 2021: pp.114-132). A medida que se prolongan los años de agricultura, se incrementan las prácticas de monocultivo y siembra convencional, por lo que se evidencia el deterioro de la calidad del suelo en relación a los sitios bajo de bosque nativo que son los que presentan el máximo potencial (Bermeo Samaniego y Dioses Castillo 2020: p.17). La agricultura se ha convertido en las causantes del deterioro progresivo y significativo de la calidad del suelo ya que debido a los diversos usos y las prácticas de gestión ineficientes, han provocado una importante degradación del suelo, empezando por los cambios en la composición de las plantas y una pérdida notoria de fertilidad, así como una importante disminución del contenido de materia orgánica (Izquierdo, 2017, p.14).

1.2 Limitaciones y delimitaciones

Ubicación del sitio o área de estudio; es una de las limitaciones más significativas en la siguiente investigación ocasionando que solo se realice la mínima cantidad de monitoreo posible, ya que, esta área se encontraba en el cantón Palora y el traslado desde la ciudad de Macas es muy complicado, debido a que, no se posee un vehículo propio y solo se podía hacer el monitoreo los fines de semana. Coste: La falta de presupuesto para el traslado al área de estudio también afectó en la investigación ya que no se logró hacer los monitoreos previstos y en el área de laboratorio se realizó los análisis de

los indicadores más importantes para determinar la calidad del suelo utilizando los equipos que proporcionan en el laboratorio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo sede Morona Santiago.

1.3 Problema general de investigación

¿Cómo puede los agroecosistemas afectar a los diversos macroorganismos del suelo?

1.4 Problemas específicos de investigación

- ¿Las actividades agrícolas efectuadas en el cantón Palora alteran el hábitat de la macrofauna edáfica?
- ¿Las fincas productoras de pitahaya, té y café del cantón Palora presentan un cambio en la calidad del suelo?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

- Determinar la macrofauna edáfica en tres agroecosistemas agrícolas del cantón Palora.

1.5.2 Objetivos específicos

- Identificar la densidad poblacional de la macrofauna en los tres agroecosistemas agrícolas.
- Evaluar la macrofauna presente en los tres agroecosistemas del cantón Palora mediante la caracterización biológica.
- Determinar la calidad del suelo en los tres tipos de agroecosistemas agrícolas mediante propiedades fisicoquímica.
- Correlacionar los resultados de las propiedades fisicoquímicas frente a las propiedades biológicas.

1.6 Justificación

1.6.1 Justificación teórica

La presente investigación se centra en análisis físicos, químicos y biológicos de tres sistemas agrícolas: pitahaya, té y café. En el cantón Palora el suelo ha sufrido el deterioro y pérdida de macrofauna edáfica debido a las actividades antropogénicas como la agricultura. Al no tener una gran cantidad de estudios relacionados a este tema es lo que impulsa a la ejecución del siguiente trabajo investigativo y experimental con el objetivo de identificar la macrofauna edáfica, el estado en que se encuentran los suelos y el grado de alteración de los macroorganismos en los agroecosistemas. Ya que los organismos del suelo son importantes en la transformación de las propiedades del suelo como es en la formación de poros, la infiltración de agua, la humificación, la descomposición de restos vegetales y mineralización de la materia orgánica (Cabrera, 2012, p.350).

1.6.2 Justificación práctica

El análisis del suelo en los tres sistemas agrícolas mediante indicadores, permitirá detectar las condiciones desfavorables que pueden ser perjudiciales para los cultivos y el suelo, como la salinidad y la acidez excesiva de determinados elementos. Este análisis también determina el grado de fertilidad del suelo, que es vital para la producción, es decir, el potencial productivo del suelo viene determinado por sus características físicas y químicas (Vistoso Gacitúa y Martínez Lagos, 2021: pp.1-4). En base a esta investigación en un futuro se podría diseñar un plan de acción del recurso suelo y también se podría crear un manual sobre las buenas prácticas para la gestión y uso del suelo.

1.7 Hipótesis

Las actividades antropogénicas desarrollados en el cantón Palora alteran el hábitat de la macrofauna edáfica disminuyendo la fertilidad y por ende la calidad del suelo.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de investigación

En Ecuador hay suelos de distintos orígenes, que también deben gestionarse de forma diferente la mayoría de sus propiedades están controladas por la relación química entre los coloides del suelo minerales (arcillas) y materia orgánica (humus) (Espinosa et al., 2022: pp.330). En la Amazonia ecuatoriana se puede encontrar suelos de origen volcánico que se han formado en depósitos de ceniza y materiales volcánicos fragmentados o también suelos que se forman a partir de rocas solidas (Maldonado, 2006) citado por (Vargas et al., 2018: pp. 62).

Por otro lado de acuerdo al estudio de los microorganismos del suelo se conoce que son sensibles a procesos de contaminación y mal manejo de suelo (Acuña et al.,2006) citado por (Paucar et al., 2008a: pp.1), es por ello que los efectos de las prácticas agrícolas pueden ser evaluados en base a la biomasa microbiana y el conteo de macrofauna más importante del suelo (Paucar et al., 2008b: pp.1).

El estudio de la macrofauna ejerce importantes acciones de alteración de los materiales edáficos como por ejemplo; los organismos modifican la composición del suelo, transforman la materia orgánica y obtienen los nutrientes que necesitan para su ciclo vital (Pereira et al., 2011: pp.18). La evaluación de la calidad del suelo es importante porque ayuda a determinar la sostenibilidad de los distintos sistemas agrarios, es decir, los suelos con la máxima calidad son capaces de mantener una productividad elevada y tener el menor impacto posible en el medio ambiente (Carla Moreno et al., 2015a: pp.2). En el país, también existen investigaciones que han determinado la macrofauna edáfica, evaluando el tipo de uso, manejo de suelos y cultivos (Carla Moreno et al., 2015b:pp. 1-8; Barrezueta et al., 2017: pp 17-24; Zambrano, 2021, p.19).

En Ecuador la calidad y cantidad de la información acerca de los suelos sirve de fundamento para la toma de decisiones en los procesos de producción forestal y agrícola (García y Schlatter, 2012: pp 456). Los suelos de Ecuador se utilizan más en actividades agropecuarias, y los estudios realizados son más referidos a la comparación de sistemas de producción, el suelo a cargo de los productores a nivel nacional es de 5,1 millones de hectáreas estas se encuentran bajo labor agropecuaria (permanentes, transitorios, pastos cultivados y naturales) y 7,2 millones sin uso agropecuario (montes, bosques, páramos, descanso y otros usos no agropecuarios) (INEC, 2020, p.5). Según Roberth Samaniego en el cantón Palora la producción más relevante es la pitahaya ya que, en el cantón existen 1.500 hectáreas

establecidas, de las cuales 700 se encuentra en producción y alrededor de 650 productores están inmersos en esa actividad (Ministerio de Agricultura y Ganadería 2019).

2.2 Bases conceptuales

2.2.1 Suelo

Es un elemento natural dinámico y vivo, es decir, un recurso frágil no renovable puesto que su velocidad de formación y regeneración es muy lenta mientras que los procesos que contribuyen a su degradación, deterioro y destrucción son mucho más rápidos (Ortiz Silla, 2015, p.59). Los suelos se forman a partir de una roca madre que se degrada por los procesos de meteorización y se conforman en la parte superior de la superficie terrestre una fina capa llamada pedosfera. Esta capa es un recurso natural muy valioso y afecta tan profundamente a cada parte del ecosistema que a menudo se le llama el gran integrador (Globe, 2005, p.5). También se los conoce como importantes filtros de contaminantes químicos o biológicos, amortiguadores físicos en el ciclo global del agua y un medio para las transformaciones biológicas/bioquímicas de compuestos orgánicos tóxicos (Baveye et al., 2016: pp.1-49).

2.2.2 Calidad del suelo

Es la capacidad de los suelos para funcionar dentro de un ecosistema natural o gestionado, para mantener la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire, del agua, y para apoyar la salud humana (Nishioka y Hattori, 2007a: p. 91). La calidad del suelo se puede evaluar tanto para agroecosistemas como para ecosistemas naturales donde el objetivo es mantener la calidad ambiental y conservación de la biodiversidad (Bünemann et al., 2018: pp.105-125).

2.2.3 Agroecosistemas

Se denominan agroecosistemas a los sistemas naturales o ecosistemas, que son utilizados por el hombre para producir y obtener alimentos, son unidades geográficas más o menos complejas, con diversos componentes que interactúan, es decir, son ecosistemas modificados por el hombre para el desarrollo de agricultura se trata de sistemas abiertos que reciben insumos del exterior, dando como resultado productos que generalmente pasan a sistemas externos (Sans, 2007, pp.44-49).

2.2.4 Fauna del suelo

La fauna terrestre solo constituye el 10% de esta biota e incluye organismos que pasan toda o una parte de su vida en el interior del suelo, en las hojarascas, en troncos en descomposición y en otros ambientes denominados suelos suspendidos (Brown et al., 2001) citado por (Cabrera Dávila et al., 2017a: pp.254-283).

2.2.5 Macrofauna edáfica

Es el grupo de organismos de mayor tamaño, entre 2-20 mm, tienen un ciclo biológico largo, movimientos lentos, poca capacidad de dispersión y es imprescindible en la productividad del suelo, debido a su capacidad de perturbar el ambiente edáfico en el que se desarrollan las plantas (INIA, 2015, p.15). Los grupos funcionales de macrofauna varían en abundancia y diversidad dependiendo el uso del suelo, el nivel de perturbación del medio edáfico, lo que permite valorar estas comunidades como bioindicadores de calidad o alteración ambiental (Cabrera et al., 2011b: pp. 331-332). Además, los macroinvertebrados intervienen en los procesos de infiltración, aireación e incorporación de la materia orgánica en el suelo (Huerta et al., 2008; citados en Ramírez et al., 2014: p.159).

2.2.6 Indicadores del suelo

Es una herramienta de medición de calidad del suelo que brinda información de estrategias para la toma de decisiones, aprovechamiento y conservación del recurso suelo. También se debe considerar que sean fáciles de medir y tomen en cuenta las propiedades físicas, químicas y biológicas y deben ser aplicables en condiciones de campo (Navarrete Segueda et al., 2011: pp-29-37).

Son características medibles que reflejan la respuesta a la productividad o funcionalidad del suelo, el medio ambiente, y se utilizan para evaluar si la calidad del suelo está mejorando, permanece constante o disminuye. Estas características pueden evaluarse mediante diversos índices, como el índice de sostenibilidad (SI), basado en los niveles de umbral de rendimiento del suelo, y la clasificación acumulativa (RC), basada en las limitaciones de producción de los cultivos (Ghaemi et al., 2014: pp-987-1004).

2.2.7 Muestreo

Muestreo de suelo es la actividad de colecta en determinado tiempo y lugar para realizar análisis de laboratorio, en general, la muestra representa condiciones puntuales del suelo en el momento que fue colectada, por otra parte, la calidad de un muestreo maximiza la selección de la cantidad de muestras de acuerdo al propósito de estudio (Mendoza y Espinoza, 2017a: p.11).

2.3 Referencias teóricas

2.3.1 *Perfiles del suelo*

El perfil del suelo representa un corte transversal en donde las diferentes capas o niveles se denominan horizontes y no todos los horizontes se encuentran presentes en un suelo. En condiciones naturales los suelos correctamente desarrollados presentan tres horizontes principales denominados con letras A, B y C (FAO, 2014a, pp.69-72).

Tabla 2-2: Descripción de horizontes del suelo

HORIZONTES	DESCRIPCIÓN
A	Hojas y residuos orgánicos sin descomponer Acumulación de materia orgánica humificada Presencia de materia orgánica (color oscuro)
E	Se diferencia del B por el color y la textura más gruesa. Elevada concentración de minerales resistentes en las fracciones arena y limo. Pérdida de arcilla silicato, hierro o aluminio.
B	La estructura de la roca es evidente débilmente. Evidencia de remoción de carbonatos Se produce una estructura edáfica granular, en bloques o prismática.
C	Horizonte mineral de material no consolidado que está por debajo del solum, y que ha sido alterado, pero conserva la estructura de la roca de procedencia.
D	Roca madre sin alterar
R	Estos consisten de lechos de roca dura que subyacen al suelo

Fuente: (FAO, 2014b, pp.69-72)

Realizado por: Estrella L., 2023

2.3.2 *Clasificación de agroecosistemas*

- Sistema intensivo; sistema de producción agrícola que hace usos de mayor parcelación, para actividades agrícolas (Reyes et al., 2022: pp.53-64).
- Sistema extensivo: se caracteriza por contener diversidad de especies que además limita el uso de maquinaria, y productos químicos, maximizan la producción respetando el ecosistema tienen necesidades pequeñas de insumos externos (Anagan, 2022).

2.3.3 Clasificación de la fauna

2.3.3.1. Microfauna

Son organismos que viven en películas de agua o agua contenida en las partículas del suelo, tienen una longitud de 0,2mm y 0,1 mm de diámetro estos incluyen a los nematodos, protozoos y rotíferos (Cabrera Dávila et al., 2017b: pp.254-283). El movimiento de estos organismos depende de la textura del suelo, la disponibilidad de poros y la distribución del agua, debido a su pequeño tamaño tienen habilidad limitada para modificar directamente la estructura del suelo (Zerbino y Altier, 2006: pp.1-2).

2.3.3.2. Mesofauna

Agrupación de individuos de longitud de 4mm y entre 0,2 a 2 mm de diámetro, son individuos de tamaño mediano, viven en la hojarasca, en el interior del suelo y entre sus integrantes están los ácaros, colémbolos, proturos, dipluros, psocópteros, tisanopteros y sínfilos (Cabrera Dávila et al., 2017c: pp.254-283). Son importantes ingenieros que ayudan a fragmentar los desechos y procesarlos a este proceso se le conoce como bioturbación, también regulan las comunidades bacterianas y algareas del suelo (Osorio, 2022, p.1). En el suelo, las principales actividades de estos organismos son: descomposición de la materia orgánica, producción de humus, ciclo de nutrientes y energía, y producción de complejos que provocan la agregación del suelo, entre otras (Hoffmann et al., 2009: pp. 121-125).

2.3.3.3. Macrofauna

Son organismos que miden más de 2mm de diámetro, viven en la superficie del suelo, en los poros, zonas próximas a raíces de plantas y regulan la fertilidad del suelo. Los grupos funcionales que regulan el funcionamiento y equilibrio del medio edáfico son; ingenieros del suelo, detritívoros, herbívoros, omnívoros y depredadores (Ruiz et al., 2008; Cabrera Dávila et al., 2017d: pp.254-283; Cabrera Dávila et al., 2018).

2.3.4 Índice de calidad del suelo

Son variables numéricas que se obtienen de los indicadores físicos, químicos y biológicos, al usar métodos estadísticos los índices se vuelven más exactos y confiables de la calidad del suelo (Wilson, 2017, pp.1-20).

Tabla 2-2: Índice de calidad del suelo

Índice de calidad del suelo (ICS)	Escala	Clase
Muy alta calidad	0,80 – 1,00	1
Alta calidad	0,60 – 0,79	2
Moderada calidad	0,40 – 0,59	3
Baja calidad	0,20 – 0,39	4
Muy baja calidad	0,00 – 0,19	5

Fuente: (Cantú et al. 2009) citado por (Prieto et al. 2013)

Realizado por: Estrella L., 2023

Cuando el valor máximo del indicador (I_{max}) corresponde a la mejor situación de calidad del suelo donde el valor normalizado del indicador ($V_n=1$) y el cálculo es ($V_n= \frac{I_m - I_{min}}{I_{max} - I_{min}}$) y cuando el valor I_{max} corresponde la peor situación de calidad del suelo ($V_n=0$) y se calcula con ($V_n= 1 - \frac{I_m - I_{min}}{I_{max} - I_{min}}$) (Cantú et al., 2009: pp.203-214). Donde;

- I_{max} : Valor máximo del indicador
- I_m : medida del indicador
- I_{mi} : valor mínimo del indicador

2.3.5 Indicadores físicos

Los indicadores físicos del suelo son necesarios para la evaluación de calidad ya que ayudan a dar un pronóstico para mejorar fácilmente este recurso ya que se relacionan con el uso eficiente del agua que retiene y transmite a las plantas a través del crecimiento de la raíz o el movimiento del agua dentro del perfil arreglando los poros y partículas (Nishioka y Hattori, 2007b: pp.93). Las características físicas del suelo que forman parte de indicadores de calidad son; la estructura, color, la densidad aparente, profundidad, la estabilidad de los agregados, la infiltración, la textura, la capacidad de almacenamiento del agua y la conductividad hidráulica saturada. Los indicadores que se van a estudiar en esta investigación son:

2.3.5.1. Densidad aparente

Es el peso del suelo seco dividido entre el volumen del suelo total incluyendo los poros, básicamente es la muestra de suelo de un volumen conocido que se pasa a secar en la mufla a 105 °C y luego se calcula peso seco entre volumen de cilindro (Rubio Gutiérrez, 2010, pp.1-96). Los valores altos de densidad aparente indican un ambiente pobre para el crecimiento de las raíces de las plantas, reducción en la infiltración del agua y aireación reducida (FAO, 2014c: pp51-53). En cambio los valores bajos indican que es un suelo poroso, bien aireado, con buena penetración de raíces y buen drenaje (Rubio Gutiérrez, 2010, pp.1-96). Los valores medios en función a las propiedades del suelo como la textura y materia orgánica se tienen a los siguientes;

Tabla 2-3: Valores de densidad aparente en relación con la textura

Textura	Densidad aparente
Arcilloso (fina)	1.4 – 1.6 gr/cm ³
Franco (Media)	1.3 – 1.4 gr/cm ³
Arenoso (Gruesa)	1.1 – 1.3 gr/cm ³

Fuente: (Cisneros 2018)

Realizado por: Estrella L., 2023

2.3.5.2. Textura

Hace énfasis a la clase de tamaño de partícula en un volumen de suelo, estas clases corresponden a fracciones de grano, limo, y arcillas (FAO, 2014d: pp26-30). La textura se agrupa según los porcentajes de cada grupo de partículas o granos de una masa de suelo es decir el porcentaje de limo, arcilla y arenas de menos 2mm de diámetro, si es mayor a 2 mm se refiere a gravoso o pedregoso (Cisneros, 2018, pp.16-18). En la edafología dos sistemas granulométricos son los más utilizados: El Sistema Internacional, propuesto por Atterberg, y el sistema usado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (U.S.D.A.).

Tabla 2-4: Clasificación de las fracciones del suelo según el sistema internacional y USDA

Fracciones	USDA	SI (Atterbeg)
	Diámetro (mm)	Diámetro (mm)
Arena muy gruesa	2.0-1,0	
Arena gruesa	1.0-0.5	2.0-0.20
Arena media	0.5-0,25	
Arena fina	0.25-0.10	0.20-0.02

Arena muy fina	0.10-0.05	
Limo	0.05-0.002	0.02-0.002
Arcilla	<0.002	<0.002

Fuente: (Cisneros 2018).

Realizado por: Estrella L., 2023

2.3.5.3. Profundidad del suelo

Se refiere al espacio donde las raíces ingresan sin mayor obstáculo, la mayoría ingresa a más de un metro, si las condiciones del suelo lo permiten, para que el suelo sea apto en recibir y almacenar agua debe tener una profundidad de por lo menos un metro ya que en suelo profundo las plantas resisten a climas desfavorables y tienen mayor capacidad de retención de humedad. La forma de medir la profundidad es mediante un barreno con una longitud conocida e ir observando los cambios de color en el suelo o con una pala cavar un agujero e ir midiendo con un flexómetro la profundidad (García, 2017, pp.9-10). De acuerdo con los valores, la profundidad se clasifica de la siguiente manera;

Tabla 2-5: Clasificación de la profundidad del suelo

Profundidad del suelo	Unidad de medida (cm)
Muy profundo	> de 150
Profundo	150 – 100
Moderadamente profundo	100 – 50
Superficial	50 – 25
Moderadamente superficial	< de 25

Fuente: (García 2017).

Realizado por: Estrella L., 2023

2.3.5.4. Humedad

Es la cantidad de agua contenida en una cantidad conocida de suelo para esto existe tres tipos de humedad; gravitacional (se encuentra en macroporos de movimiento rápido), capilar (se encuentra en microporo) y la higroscópica (película delgada difícil de eliminar) (Caicedo Rosero et al., 2021: pp.1-18).

2.3.6 Indicadores químicos

(García et al., 2012a: p.131), manifiesta que los indicadores químicos propuestos se refieren a condiciones que afectan a la relación suelo-planta, calidad del agua, capacidad amortiguadora del suelo y la disponibilidad de agua y nutrientes a las plantas y microorganismos. Algunos indicadores son:

2.3.7.1. Potencial de hidrogeno pH

Es una propiedad química de gran importancia porque indica el grado de acidez o alcalinidad de una solución de suelo, la escala de medición es de 0 a 14 con un valor intermedio o neutro de 7 (Osorio, 2012, pp.1-4).

Tabla 2-6: Rango de pH: acidez y alcalinidad

Rango	pH
< 4.5	Muy fuertemente Ácido
4.6 a 5.5	Fuertemente ácido
5.6 a 6	Medianamente ácido
6.1 a 6.5	Ácido
6.6 a 7.3	Neutro
7.4 a 7.8	Ligeramente alcalino
7.9 a 8.4	Moderadamente alcalino
8.5 a 9	Fuertemente alcalino
>9.1	Muy fuertemente alcalino

Fuente: (TULSMA 2017)

Realizado por: Estrella L., 2023

2.3.7.2. Conductividad eléctrica

Hacen referencia a la capacidad que tiene un suelo de pasar corriente eléctrica, es decir, a las condiciones que afectan la relación suelo-planta, a la calidad, la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas y los microorganismos en donde los valores aceptables para el crecimiento de las plantas es de 0-0,8 dS/m (0-800 μ S/cm) (Romero et al., 2009a: pp.67-74).

En la siguiente tabla se establece los intervalos de conductividad eléctrica y las clases de suelo al que pertenecen.

Tabla 2-7: Intervalos de conductividad eléctrica

Salinidad del suelo	Conductividad del extracto CE; (dS/m)	Efectos
No salino	0 – 2	Casi nulos
Ligeramente salino	2 – 4	En cultivo sensible pueden verse limitados.
Moderadamente salino	4 – 8	Rendimiento limitado en mayoría de cultivos.
Fuertemente salino	8 – 16	Prosperan cultivos tolerantes.
Extremadamente salino	>16	Solo cultivos muy tolerantes.

Fuente: (Gallart 2017)

Realizado por: Estrella L., 2023

2.3.7.3. *Materia orgánica*

Es un parámetro importante de un suelo que se encuentra en función de la propiedades físico-químicos y biológicas, favoreciendo a la estructura del suelo, estabilidad, porosidad, capacidad de infiltración y retención del agua (Kolmans y Vasquez, 1999, p.163). La materia orgánica está compuesta por el resto de los residuos de los animales y vegetales, actúan como amortiguadores, es decir, regulan la disponibilidad de nutrientes. En la siguiente tabla se identifica la disponibilidad de la materia orgánica.

Tabla 2-8: Valores de interpretación para materia orgánica %

Nivel de disponibilidad	%Materia Orgánica
Bajo	<2
Medio	2 – 5
Optimo	5 – 10
Alto	>10

Fuente: (Muñoz Araque 1978)

Realizado por: Estrella L., 2023

2.3.7.4. *Nitrógeno*

Es el principal motor para el desarrollo y crecimiento de las plantas porque forma parte de las enzimas, clorofila y proteínas esenciales para la fotosíntesis, también para el aceleramiento de

división celular y elongación de la radícula (Agromatica, 2020, pp.1-2). Un buen suministro de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los otros nutrientes (IFA, 1993, pp.1-80).

Tabla 2-9: Niveles crítico de nitrógeno

Nitrógeno (%)	Nivel de disponibilidad
0.00 – 0.10	Muy pobre
0.10 – 0.15	Pobre
0.15 – 0.25	Mediano
0.25 – 0.30	Rico
Mayor de 0.30	Muy rico

Fuente: (Villasanti et al., 2013: pp.1-33)

Realizado por: Estrella L., 2023

Las plantas con deficiencia de nitrógeno crean la clorosis que es la decoloración amarillenta en las hojas, si el nivel de nitrógeno es alto puede llegar a producir desbalance en el crecimiento radicular y el área foliar (Villasanti et al., 2013a: pp.1-33).

2.3.7.5. Fósforo

Es de gran importancia en la absorción y utilización de este elemento por las plantas, el exceso de fósforo provoca trastornos fisiológicos en plantas como malformaciones de raíces, retraso en la formación de semillas y de raíces (Fernandez, 2007, pp.51-57). Cultivos con deficiencia de fósforo demuestran un retraso en el crecimiento del tallo, las frutas se deforman y las hojas quedan oscuras y moradas, esta deficiencia usualmente es debido al pH del suelo (Villasanti et al., 2013b: pp.1-33).

Tabla 2-10: Niveles críticos de fósforo

Nivel de disponibilidad	Fósforo P (%)
Bajo	< 12%
Medio	12 – 30 %
Alto	>30%

Fuente:(Villasanti et al., 2013: pp.1-33)

Realizado por: Estrella L., 2023

2.3.7.6. *Potasio*

Influyen en la firmeza del tallo, resistencia y calidad del fruto. La deficiencia de este elemento provoca inestabilidad a la planta, pérdida del producto, necesidad de agua y poca resistencia a las plagas (Kolmans y Vasquez, 1999, p.163).

Tabla 2-11: Niveles críticos de potasio

Potasio K (%)	Nivel de disponibilidad
< 0,12 %	Bajo
0,12 – 0,3 %	Medio
>0.30 %	Alto

Fuente: (Villasanti, Román y Pantoja 2013)

Realizado por: Estrella L., 2023

2.3.8 *Biológicos (Bioindicadores)*

Los indicadores biológicos actúan en la solubilidad y disponibilidad de nutrientes para las plantas donde el suelo es un recurso vivo en la que se encuentran micro-macro organismos, en estos componentes microbianos se encuentran nematodos, levaduras, hongos, microalgas y bacterias (Romero et al., 2009b: pp.67-74). Los indicadores integran gran cantidad de factores que afectan a la calidad edáfica, como la degradación, el aporte de materia orgánica, producción de CO₂, fraccionamiento de rocas por raíces y la intervención de los ciclos biogeoquímicos de los elementos (García et al., 2012b: pp.125-137).

2.3.9 *Clasificación de la macrofauna edáfica*

2.3.9.1. *Detritívoros*

Este grupo funcional se encuentran en las hojarascas e interior del suelo, estos individuos se encargan de descomponer la materia orgánica y proporcionan suministros a individuos más pequeños (bacteria y hongos), los macroinvertebrados pertenecientes a este grupo son; (caracoles, cochinillas, lombriz de tierra, termitas, milpiés) (Cabrerá, 2014).

2.3.9.2. *Herbívoros o depredadores*

Los herbívoros se alimentan de material vegetal y se encuentran en el interior y superficie del suelo, estos organismos son; Trips, chinches, salta hojas, orugas, larvas de escarabajos), en cambio los

depredadores (dipluros, ciempiés, arañas, escorpiones, escarabajos adultos) consumen invertebrados y pequeños vertebrados vivos, manteniendo el equilibrio de sus poblaciones con respecto a los recursos disponibles en el ecosistema (Cabrera Dávila et al., 2017e: pp.254-283).

2.3.9.3. Ingenieros del ecosistema

Son organismos que causan un impacto físico mayor en el suelo mediante su transporte, construcción de estructuras agregadas y formación de poros, incluyendo el reciclaje de nutrientes, pueden incluir predadores; por ejemplo, muchas hormigas, lombrices y termitas) ya que ayudan a la oxigenación, transformación de M.O, infiltración de agua y formación de estructuras biogénicas que modifican la abundancia o estructura de otras comunidades (Belén, 2015).

2.3.10 Grupos que componen la macrofauna edáfica

Tabla 2-12: Grupo taxonómico y funcional de la macrofauna edáfica

NOMBRE	GRUPO TAXONÓMICO RECONOCIDO (CLASE, ORDEN O FAMILIA)	GRUPO FUNCIONAL
Lombrices de tierra	<i>Haplotaxida</i>	Detritívoros e ingenieros del suelo
Babosa y caracoles	<i>Gastropoda</i>	Detritívoros depredadores
Cochinillas	<i>Isopoda</i>	Detritívoros
Milpiés	<i>Diplopoda</i>	Detritívoros
Ciempiés	<i>Chilopoda</i>	Depredadores
Arañas	<i>araneae</i>	Depredadores
Arañas patonas	<i>Opiliones</i>	Depredadores
Falsos escorpiones	<i>Pseudoscorpionida</i>	Depredadores
Cucarachas	<i>Insecta dictyoptera, blattodea</i>	Detritívoros Herbívoros Omnívoros
Escarabajos	<i>Insecta Coleoptera</i>	Detritívoros Herbívoros Depredadores
Tijeretas	<i>Insecta Dermaptera</i>	Detritívoros Depredadores
Moscas y mosquitos	<i>Insecta Diptera</i>	Detritívoros

		Depredador
Chinchas y salta hojas	<i>Insecta Hemiptera</i>	Herbívoros
Hormigas	<i>Insecta Hymenoptera Formicidae</i>	Omnívoros Depredadores e ingenieros del suelo
Termitas o comejenes	<i>Insecta Isoptera</i>	Detritívoros e ingenieros del suelo
Mariposas y orugas	<i>Insecta Lepidoptera</i>	Herbívoros
Grillos y salta montes	<i>Insecta Orthoptera</i>	Herbívoros

Fuente: (Cabrera Davila, 2014)

Realizado: Estrella L., 2023

2.3.10.1. Orden haplotaxida

Son los más dominantes en algunos sistemas y son importantes en el reciclaje del suelo (Sánchez et al., 2003: pp.131-136). En los sistemas donde son abundantes pueden procesar 250 toneladas de suelo por hectárea al año a través de sus cuerpos, produciendo amplias galerías que representan la macroporosidad, por tal motivo se les conoce como excavadores activos en la modificación de su estructura y en la descomposición de la materia orgánica (Sánchez y Hernández, 2011: pp.359-366).

Las lombrices de tierra son consideradas ingenieros del sistema, existen tres categorías ecológicas: epígeas (superficie del suelo), anécicas y endógenas (interior del suelo) se encuentran divididas de acuerdo al nicho ecológico y alimentación (Bouché 1977) citado por (Domínguez J. 2009, pp.20-31).

Las especies anécicas son de gran tamaño, de color pardo oscuro a edad adulta y sus excrementos los depositan en la superficie también emergen para alimentarse de hojarasca, heces y materia orgánica en descomposición (Domínguez et al., 2010: pp.309-320). En cambio, las especies epigeas viven en el horizonte orgánico cerca de la superficie y son de tamaño pequeño.

2.3.10.2. Orden araneae

Las arañas son un grupo de depredadores buenos para el control de especies plagas en diferentes cultivos, tienen hábitos diurnos y nocturnos (Almada et al., 2016: pp.55-65). Tiene una gran capacidad de elaborar telarañas, trampas y madrigueras mediante seda, además el veneno de ciertas especies es tóxico para el ser humano (Orozco Gil y Desales Lara, 2021: pp.1-23).

2.3.10.3. *Orden coleóptera*

Los coleópteros o escarabajos son fáciles de reconocer, debido a que, presentan un fuerte caparazón esclerotizado con una reducción de áreas membranosas, las piezas bucales masticadoras son de estructura ortopteroide estas se pueden estar reducidas en adultos o no presentar si es una especie de tipo chupadora y en la superficie del cuerpo poseen sedas y tubérculos que evitan una posible infección fúngica (Ángel, 2015, pp.1-18).

2.3.10.4. *Orden dermaptera*

Conocidos como tijeretas o cortatijeras debido a que poseen en la parte final de su cuerpo unas pinzas, son de tamaño mediano a pequeño, de color negro a castaño oscuro, normalmente viven bajo piedras, en las frutas o en la corteza de los árboles, la alimentación es de tipo omnívoro se alimentan de materia orgánica como también de los pétalos de las flores, son conocidos como detritívoros o fitófagos (Herrera Mesa, 2015: pp.1-10).

2.3.10.5. *Clase diplopoda*

Son artrópodos conocidos como milpiés, junto a los quilópodos o ciempiés son detritívoros los cuales se alimentan de materia orgánica de restos vegetales y se convierte en factores importantes en la descomposición del material orgánico, lo que estimula la actividad microbiana. La mayoría son de hábitos nocturnos sobreviven en los restos vegetales en descomposición, troncos, hojarasca o bajo piedras (Melic, 2015, pp.1-15).

2.3.10.6. *Orden diptera*

Los dípteros incluyen las moscas y mosquitos, se distinguen por sus alas las cuales son pequeñas y tienen hábitos diurnos, pero también hay nocturnos se les puede encontrar también dentro de cuevas, siendo algunos de ellos troglobios, por lo que han sufrido transformaciones en su morfología (Tolrá Hjorth, 2015, pp.1-22).

2.3.10.7. *Orden hemiptera*

La alimentación es variada se caracterizan por su aparato chupador labial tetraqueta donde emiten saliva introduciendo con el pico la comida, la mayoría viven en el medio terrestre, ya sea sobre plantas o bien en el suelo entre la hojarasca, bajo piedras, o en las grietas. Las especies más conocidas de esta orden son chinches, saltamontes y pulgones (Goula y Mata, 2015: pp.1-30)

2.3.10.8. *Orden hymenoptera*

Su nombre proviene del griego hymen = membrana y pteron = ala, “alas membranosas” Son importantes polinizadores de plantas con flores sirven como control biológico y muy pocas se consideran como plagas, se encuentran en todos los hábitats terrestres, pero son poco frecuentes en ambientes acuáticos. Las especies que conforman a este grupo son las abejas, avispa mariposas y larvas (Zumado y Azoifeifa, 2018a, p. 133).

2.3.10.9. *Orden isopoda*

Los isópodos o conocidos también como cochinillas de la humedad (Crustacea Isopoda) estos habitan varios bosques, agroecosistemas, montañas y cavernas subterráneas; juegan un papel en el reciclaje de nutrientes al ser detritívoros son fundamentales como componentes de fauna edáfica, son herbívoros alimentándose de hortalizas, de las raíces y hojas (Martínez et al., 2014, p.55).

2.3.10.10. *Orden isoptera*

Las termitas viven en colonias son de color blanco con aparato masticador pueden tener vidas largas entre 30 y 50 años en las colonias existe un rey y una reina cuya función es producir nuevas ninfas y las otras son obreras, soldados con ambos sexos a diferencia de himenópteros que son solo hembras, se alimentan de la celulosa de los troncos y actúan como descomponedores de la materia orgánica (Zumado y Azoifeifa, 2018b: pp.53-54).

2.3.10.11. *Orden orthoptera*

Los orthópteros presentan cuerpos endurecidos y su tamaño oscila entre 5 y 150 mm, son de color verde o café, también, son brillantemente coloreados, estos pueden ser grillos cavadores y grillos camellos, son depredadores y cazadores, sin embargo algunos son omnívoros (María et al. 2006). Se encuentran en todas las regiones del mundo excepto en la Antártida. Las langostas (*Schistocerca* spp., *Locusta* spp.) son un grupo importante por las devastaciones ocasionales que causan en cultivos en diversas partes del mundo (Zumado y Azoifeifa, 2018c: pp.48-50).

2.3.11 *Índice de diversidad*

Son herramientas para analizar el equilibrio ecológico entre las especies presentes en los ecosistemas en donde el número de especies es la medida más utilizada en análisis de biodiversidad (Marcelo et al., 2018: pp.77-88). Entre los índices que más se utilizan en la calidad del suelo a base de indicadores

biológicos son los índices de Shannon-Weaver y el de dominancia de Simpson (López et al., 2017: pp. 457-466).

2.3.11.1. Índice de abundancia relativa

Permite identificar especies sensibles a perturbaciones ambientales debido a la escasa representatividad en la comunidad, además, identifica un cambio en la diversidad de especies, dominancia y abundancia de especies (Moreno, 2001a, pp.23-27).

2.3.11.2. Índice de diversidad de Simpson

Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie (Moreno, 2001b, pp.23-42). En la siguiente tabla se expresa la escala de interpretación para el cálculo de diversidad;

Tabla 2-13: Escala de interpretación de diversidad de Simpson

Valores	Significancia
0 – 0,33	Diversidad baja
0,34 – 0,66	Diversidad media
>0,67	Diversidad alta

Fuente: (Mendoza Aguirre 2013)

Realizado por: Estrella L., 2023

2.3.11.3. Índice de Shannon- Wiener

Es el índice más usado, expresa la uniformidad de los valores a través de todas las especies de la muestra, es decir, mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Moreno, 2001c, pp.23-45).

Tabla 2-14: Escala de interpretación del índice de Shannon-Wiener

Rangos	Significado
0 – 1,35	Diversidad baja
1,36 – 3,5	Diversidad media
>3,5	Diversidad alta

Fuente: (Mendoza Aguirre 2013)

Realizado por: Estrella L., 2023

2.3.11.4. Índice de riqueza Margalef (D_{Mg})

Determina la biodiversidad de una comunidad en base a la proporción de muestras, en función al número total de individuos y el número total de especies existentes en la muestra analizada (Valdez Marroquín et al., 2018: pp.1674-1682).

2.3.11.5. Densidad poblacional

Es la cantidad de especies presentes en un área de terreno.

Se aplica la siguiente formula:

$$D = \frac{N}{A}$$

2.3.12 Muestreo del suelo

Para el muestreo de suelo se realiza un recorrido en zigzag o aleatorio simple en cultivos intensivos con labranza convencional (Mendoza y Espinoza, 2017b, p.11). En la cual las muestras se deben tomar con cuidado para formar una muestra compuesta y llevar al laboratorio, para los respectivos análisis el peso ideal de muestra es de 0,5 a 1 kg de suelo. Según (Schweizer, 2011, pp.7-19), un aspecto fundamental es que la muestra sea representativa del área que quiere analizarse, ya que la exactitud y la precisión de los resultados en los análisis, dependen de la homogeneidad y representatividad de la muestra analizada.

2.3.12.1. Épocas de muestreo

En base a que los organismos del suelo responden a las estaciones climáticas es recomendable realizar los muestreos de suelo tanto en época de lluvia como en época seca ya que en la época lluviosa aparecerán más lombrices de tierra y en la época seca aparecerán más diversidad de organismos pero poca cantidad de lombrices (Moreira et al., 2012).

2.3.12.2. Muestra simple

Son muestras que se obtienen de una sola extracción en un lugar particular representando las condiciones puntuales de un población en el tiempo que fue colectado, este tipo de muestras se aplican para determinar la presencia de (COV's), hidrocarburos y bencenos (Prado Oeste et al., 2014a, p.4).

2.3.12.3. Muestras compuestas

Son muestras que componen varias muestras simples que podrían ser de seis a doce sub muestras dependiendo el área de estudio, como se muestra en la tabla 15-2 reunidas en un recipiente de las cuales solo 1 kg de muestra será llevado al laboratorio con su respectivo código (Prado Oeste et al., 2014b, p.4). La cantidad de muestras simples que formarán la muestra compuesta podrá variar de acuerdo con el área representada.

Tabla 2-15: Cantidad de muestras simples que conforman una muestra compuesta

Tamaño del área	Número de muestras simples
1 a 3 Hectáreas	15
3 – 5 Hectáreas	20
5 – 7 Hectáreas	25 – 30

Fuente: (Villasanti, Román y Pantoja 2013)

Realizado por: Estrella L., 2023

2.3.12.4. Manejo de las muestras

- El material para guardar y transportar la muestra debe ser resistente y evitar reacciones químicas con la muestra.
- El etiquetado debe ser de un tamaño que no sobre pase el recipiente, debe contar con información como: Lugar de muestreo, código, fecha y hora de muestreo.
- El traslado de las muestras al laboratorio deberá ser realizado con cuidado para evitar su deterioro.
- Para recolectar la macrofauna se usa pinzas, guantes y recipientes con alcohol al 70% para que no se deteriore los microorganismos y poder identificar en el laboratorio.

2.3.12.5. Muestreo estadístico: aleatorio simple

El muestreo aleatorio simple se realiza en áreas homogéneas menores a 5 hectáreas, delimitado en toda la extensión del área de estudio en la cual se puede combinar puntos de muestreo es decir se puede muestrear de diferentes formas y distribuir los puntos en todo el área del terreno (Prado Oeste et al., 2014c, p.40). Estos patrones de muestreo son:

- Aleatorios
- Aleatorio en una rejilla regular y desalineados

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque de investigación

La presente investigación es de tipo mixto, cuantitativo y cualitativo: es cuantitativo, debido a que, se obtendrán datos al realizar los análisis físicos, químicos y biológicos en el laboratorio de cada monitoreo de suelo; es cualitativo, ya que, se realiza una caracterización de la macrofauna edáfica obtenida en cada muestreo, también, se basa en el análisis visual de la estructura y consistencia del suelo. Por consiguiente, el objeto de estudio es descriptivo para que en la manipulación de variables sea no experimental y se logre llegar a una conclusión confiable en un periodo de tiempo transversal.

3.2. Nivel de investigación

Es una investigación descriptiva ya que se realizó análisis físicos, químicos y biológicos para determinar si la calidad del suelo del cantón Palora es bueno o malo comparando los tres sistemas de producción como es el café, el té y la pitahaya. También, se realizó una caracterización de la macrofauna edáfica encontrada en estos agroecosistemas.

3.3. Diseño de investigación

3.3.1. *Según la manipulación o no de la variable independiente (no experimental, casi experimental, experimental)*

La siguiente investigación es no experimental debido a que no se va a manipular variables que afecten a un objeto de estudio, se va a realizar análisis comparativos de los tres monitores de suelo de cada finca de la cual se obtendrán datos en el laboratorio de parámetros físicos-químicos y biológicos de los tres agroecosistemas del cantón Palora.

3.3.2. *Según las intervenciones en el trabajo de campo (transversal, longitudinal)*

Esta investigación es transversal porque se analizará datos recopilados en un periodo de tiempo corto sobre un conjunto de muestras de suelo en la cual se analizará si la calidad del suelo de los tres agroecosistemas será buena o mala según los datos proporcionados en el laboratorio y la caracterización de la macrofauna.

3.4. Tipo de estudio (documental/decampo)

La siguiente investigación es de carácter documental y de campo; documental ya que se indago en libros, artículos científicos, revistas científicas y tesis con el objetivo de reunir toda la información sobre el tema de estudio. Es de campo debido a que la toma de las muestras se realizó en el área de estudio, para llevar a cabo se realizó un recorrido de exploración y se procedió a tomar las coordenadas geográficas de las tres fincas utilizando el GPSMAP 64SX GARMIN.

3.5. Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra

3.5.1. Área de estudio

El presente estudio se realizó en el cantón Palora en la parroquia urbana Palora (Metzera), perteneciente a la Provincia de Morona Santiago. Para delimitar los puntos de muestreo de los tres agroecosistemas se utilizó el software ArcMap versión 10.5 y se graficó el mapa de ubicación del área de estudio.

Los puntos de los tres agroecosistemas fueron tomadas por el GPSMAP 64sx- GARMIN.

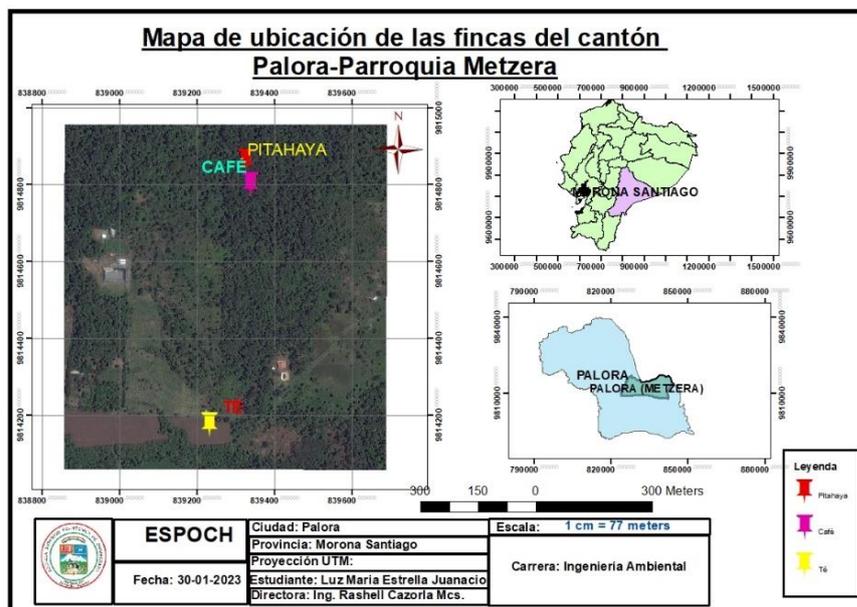


Ilustración 3-1: Área de los tres agroecosistemas del cantón Palora

Realizado por: Estrella L., 2023

3.5.2. Caracterización de las zonas de muestreo

Tabla 3-1: Datos generales de las fincas

N°	Fincas	Propietario	Sector	Coordenadas	
				X	Y
1	Pitahaya	Maira Arguello	Palora (Metzera)	171651.91	9814877.75
2	Café	Maira Arguello	Palora (Metzera)	171664.14	9814814.90
3	Té	CETCA	Palora (Metzera)	171560.39	9814190.30

Realizado por: Estrella L., 2023

3.5.3. Determinación de los puntos de muestreo

Se determinó 15 puntos de muestreo simple que luego formo una muestra compuesta en base al texto propuesto por los autores (Villasanti et al., 2013c: pp.1-33) en la cual mencionan que a partir de tres hectárea de terreno se toman 15 muestras compuestas de suelo, en este caso el estudio se realizó a partir de una hectárea de terreno de cada finca con sus respectivos agroecosistemas.

3.5.4. Tamaño de la muestra

En el siguiente trabajo de investigación se obtuvo 3 muestras compuestas por cada agroecosistema del sector Metzera (Palora), cada muestra se tomó en una hectárea de área de estudio en la cual se utilizó fundas ziploc para conservar y llevar al laboratorio con un peso de 1 kg por cada muestra para realizar los análisis respectivos.

3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

3.6.1. Métodos de recolección de muestras

El método que se utilizó para la recolección de muestras es el muestreo aleatoria simple que menciona en la guía para muestreo de suelos de (Prado Oeste et al., 2014d: pp.25-27). Y para la recolección de macrofauna se utilizó el manual de (Cabrera, 2014) en la cual se encuentra un protocolo de rápida evaluación de macrofauna.

3.6.2. Técnicas

El trabajo de integración curricular se llevó a cabo de acuerdo a la guía para muestreo de suelo de (Prado Oeste et al., 2014e: pp.1-47), con la finalidad de recolectar de forma correcta el suelo y conservar debidamente etiquetado para que no exista confusiones en el momento de hacer los análisis respectivos.

3.6.3. Equipos e instrumentos de investigación

Tabla 3-1: Materiales y equipos de laboratorio

Material de campo	Material de oficina	Reactivos	Equipos de laboratorio	Material de laboratorio
Palin	Esferos	Alcohol al 70 %	Estufa	Mortero
Barreno	Etiqueta		Mufla	Pistilo
Machete	Pinzas		Desecador	Crisol
GPS	Libreta de apuntes		Balanza analítica	Embudo corto
Fundas ziploc	Cinta scotch grande		pHmetro	Vaso de precipitado
Frascos	Lápiz		Agitador Magnético	Cilindros
Flexómetro	Marcador permanente			Placa Petri
Saquillo	Regla			Pinza para crisol
				Probeta

Realizado por: Estrella L., 2023

3.6.4. Recolección de muestras de suelo

1. Por medio del software ArcGis 10.5 se geo-referenció el área de estudio.
2. De cada finca se determinaron 15 puntos representativos por hectárea con ayuda del GPSMAP 64sx marca Garmin,
3. Para los análisis físicos químicos se extrajeron muestras compuestas de suelo a una profundidad de 20 cm con un barreno que proporcione el laboratorio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo sede Macas.
4. Las respectivas muestras se colocaron en fundas ziploc y se etiqueto con su respectivo código para luego transportar hasta el laboratorio.
5. Para el muestreo de macrofauna se procedió a recolectar las hojarasca y colocar en un saco para luego cavar una calicata de 25x25 de dimensiones y 20 cm de profundidad.
6. Al extraer la hojarasca y el suelo se procedió a recolectar los organismos visibles utilizando pinzas.
7. Se colocó los insectos y artrópodos en frascos con alcohol al 70% y se les etiqueto para no tener confusiones al momento de la identificación.

8. Al acabar de recolectar la macrofauna se coloca el suelo a la calicata.
9. Las muestras de suelo y de macrofauna fueron llevadas al laboratorio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo sede Macas para los análisis físicos-químicos y biológicos.

3.6.5. Métodos para determinar los parámetros físicos del suelo

Para estos análisis se siguió la metodología descrita en: (Fernández Linares et al. 2006), (Villaseñor 2016), (Bazán 2017), (Cisneros 2018).

3.6.5.1. Textura

Se determinó por el método de sedimentación que se realiza de la siguiente forma:

1. Agregar agua a una probeta hasta por encima de la medida de 1205 ml.
2. Agregar 60 gr de sal y disolver en un vaso de agua para luego pasar a la probeta.
3. Secar el suelo durante 24h en una estufa a 105°C.
4. En una botella de vidrio de boca ancha agregar el suelo seco hasta la mitad y llenar de agua. El suelo debe estar previamente tamizado.
5. La botella con tierra agitar por 15 minutos.
6. Pasar la botella con el suelo a la probeta y dejar reposar durante 24 horas.
7. Medir con una regla la muestra sedimentada.
8. Anotar los cm de las muestras.
9. Utilizar el triángulo de textura para determinar el porcentaje de cada partícula de suelo.

3.6.5.2. Densidad aparente

Se aplicó el método del cilindro para esto se siguió el siguiente procedimiento:

1. Insertar un cilindro de diámetro y longitud conocida en el sitio de muestreo representativo.
2. De manera cuidadosa, excavar alrededor del cilindro y extraerlo sin que se pierda el suelo del interior del cilindro.
3. Cuidadosamente envolver en papel aluminio y guardar con su respectiva etiqueta para transportar al laboratorio.
4. Una vez en el laboratorio pesar el cilindro con suelo.
5. Verter el contenido del cilindro en un vaso de precipitado de peso conocido.
6. Llevar el vaso de precipitado con el suelo a una estufa a 105 °C por 24 horas.
7. Pesar el vaso de precipitado con el suelo seco.

Cálculos

1. Volumen del suelo en el cilindro (cm³):

$$V_s = \pi r^2 h$$

2. Densidad aparente en (g/cm³):

$$Da = \frac{M_{ss}}{V_s}$$

$$M_{ss} = ((Mr + ss) - Mr)$$

Ecuación 3-1: Ecuación para obtener densidad aparente.

Donde:

- V_s : volumen del suelo en el cilindro
- r^2 : diámetro del cilindro
- h : altura o longitud del cilindro.
- Da : densidad aparente
- M_{ss} : masa del suelo seco
- Mr : Masa del recipiente
- $Mr+ss$: Masa del recipiente con el suelo seco

3.6.5.3. Profundidad del suelo

Procedimiento:

1. Con un barreño introducir en el punto de muestreo
2. Medir la profundidad que penetra el barreño de forma suave
3. Ver el cambio de color que existe en el suelo e interpretar en base a la tabla 5.2.

3.6.5.4. Humedad

Para determinar el siguiente parámetro se utilizó el método gravimétrico o diferencia de pesos, con el siguiente procedimiento:

1. Pesarse un crisol vacío, W_1 .

2. Pasar una muestra de suelo húmedo de 1 g al crisol. Donde el peso de suelo húmedo más el peso del crisol es W_2 .
3. Colocar el crisol con suelo húmedo a la estufa a 105°C durante 24 horas
4. Retirar la muestra de la estufa y enfriar en un desecador.
5. Pesarse en una balanza la muestra de suelo. Donde el peso del crisol más el suelo seco es W_3 .

Cálculos

1. Peso del suelo seco

$$S_s = W_3 - W_1$$

2. Peso de agua (peso del suelo húmedo)

$$S_h = W_2 - W_3$$

3. Porcentaje de humedad

$$\% \text{de humedad del suelo} = \left(\frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \right) \times 100$$

Ecuación 3-2: Ecuación para obtener humedad

Donde:

- W_1 : peso del crisol vacío
- W_2 : Peso de suelo húmedo más crisol
- W_3 : Peso del suelo seco más crisol

3.6.6 Métodos para determinar los parámetros químicos del suelo

Para determinar los parámetros químicos en el laboratorio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo sede Morona Santiago se basó en los métodos descritos por: (Fernández Linares et al. 2006), (Bazán 2017).

3.6.6.1. *Potencial de hidrogeno*

Para determinar el pH se utiliza el método del potenciómetro mediante una pasta de suelo.

1. Extraer una muestra de suelo de 1 g y colocar en un vaso de precipitado.
2. Agregar 10 ml de agua destilada.
3. Agitar por 10 min y dejar reposar.
4. Calibrar el potenciómetro con las soluciones amortiguadoras 4, 7 y 10.
5. Esperar unos 30 segundos para medir el pH de la muestra de suelo.

3.6.6.2. *Conductividad eléctrica*

Para determinar la conductividad eléctrica se utilizó un conductímetro en base a suelo-agua ½

1. Pesar 20 g de suelo y pasar a un vaso de precipitado de 250ml.
2. Agregar 40ml de agua destilada al recipiente con la muestra de suelo.
3. Proceder a poner en un agitador por 30 min.
4. Filtrar en un embudo mediante papel filtro y recibir el filtrado en vasos de precipitado.
5. Insertar el conductímetro en la mezcla.
6. Registrar el valor del CE cuando el valor se estabilice.

3.6.6.3. *Materia orgánica*

El siguiente método es por diferencia de peso o calcinación

1. Pesar un crisol vacío.
2. Secar 10 g de suelo en una estufa a 105°C por 24 h.
3. Luego llevar la muestra seca para calcinar a 550°C por 5 horas.
4. Enfriar en un desecador para luego pesar la muestra calcinada.

$$\%MO = \frac{(P_{ss \text{ a } 105^{\circ}C} - P_{sc \text{ a } 550^{\circ}C})}{P_{ss \text{ a } 105^{\circ}C}} \times 100$$

Ecuación 3-3: Ecuación para obtener materia orgánica

Donde:

- P_{ss}: Peso del suelo seco
- P_{sc}: Peso del suelo calcinado

3.6.6.4. Nitrógeno, fósforo y potasio

Método espectrofotómetro:

Determinación de nitrógeno (Kjeldahl)

1. Colocar 1 g de muestra suelo en un balón Kjeldahl de 100 ml.
2. Agregar 1 g de muestra catalizadora y 3 ml de H₂SO₄ concentrado, para luego calentar hasta que el color cambie o se haga claro.
3. Dejar enfriar y adicionar agua destilada.
4. Llevar a la unidad de destilación donde se agregó NaOH fenolftaleína para que cambie de color a rojo claro. El tiempo de espera para la destilación es de 3 a 5 min.

Cálculos

$$\%N = meq \text{ de } N \times 0,014 \times 10$$

Ecuación 3-4: Ecuación para obtener nitrógeno

Determinación de fósforo

Procedimiento:

1. Pesar 2 g de TFSA en un frasco de precipitado de 250 mL.
2. Adicionar 30 ml HClO₄ al 60 % y homogenizar para luego calentar a 100 °C e incrementar la temperatura a 180 °C hasta que aparezca humos blancos de ácido.
3. Continuar con el calentamiento hasta una ebullición de 15 a 20 min en ese estado se vuelve de un color claro como la arena.
4. Para que la digestión con HClO₄ se complete se requiere de 40 a 60 min.
5. Enfriar la mezcla y adicionar agua destilada para tener volumen de 250 ml.
6. Homogenizar y filtrar.

Lectura del fósforo:

1. En un frasco volumétrico de 50 ml pasar una alícuota de 20 ml.
2. Agregar 10 ml de la solución molibdo, vanadato de amonio y diluir a volumen de 50 ml de agua destilada.
3. Para las series estándares se tomaron alícuotas de 5 ml de cada una y llevar un blanco.

4. Después de 10 min leer el blanco, estándares y muestras a $\lambda = 410$ nm.
5. Prepara la curva de calibración de los estándares: absorbancia vs las concentraciones de P.

Cálculos

$$\text{Total de P } \left(\frac{\text{mg}}{\text{kg}} \right) = \text{mg P} \left(\frac{A}{Wt} \right) \left(\frac{50}{v} \right)$$

Ecuación 3-5: Ecuación para obtener fósforo.

Donde;

- A: Volumen total digestión
- Wt: Peso TFSA (g)
- V: Alícuota (ml) usados para el desarrollo de color

Determinación de Potasio en el suelo

1. Colocar en un tubo de centrifuga de 50 ml, 5 g de suelo, adicionar 33 ml de acetato de amonio y agitar por 5 min en el agitador mecánico.
2. Centrifugar hasta que el líquido sea de un color claro y coleccionar en un frasco volumétrico de 100 ml previamente filtrado, este proceso repetir por dos veces.
3. Llevar a volumen final de 100 ml.
4. Medir el potasio en el espectrofotómetro y expresar en mg/kg.

Calculo

$$K = \frac{\text{Lectura en equipo mg} \times \text{volumen extracto}}{\text{Peso de suelo}}$$

Ecuación 3-6: Ecuación para obtener potasio

3.6.7. *Métodos para determinar los parámetros biológicos del suelo*

3.6.7.1. *Identificación de la macrofauna*

Para la identificación de la macrofauna se lleva las muestras al laboratorio con sus respectivas etiquetas y se procedió a identificar las especies mediante un estetoscopio para guardar registros fotográficos de la macrofauna.

3.6.7.2. Evaluación biológica de la calidad del suelo

Para determinar la calidad del suelo en base a macrofauna se usó las ecuaciones tomadas de (Cabrera 2014).

$$Cs = \frac{\text{total de individuos detritivoros}}{\text{Total de no detritivoros (omnivoros + herbivoros + depre)}}$$

$$Cs = \frac{\# \text{ de lombrices de tierra}}{\# \text{ de individuos hormigas}}$$

Ecuación 3-7: Ecuación para evaluación biológica

Donde:

- Alta calidad: se refiere a suelos que presentaron mayor cantidad de macrofauna, con resultados >1.
- Baja calidad: se refiere a suelos con menor cantidad de macrofauna, con valores <1.

3.6.7.3. Índice de abundancia relativa

Para calcular la abundancia relativa (IAR) se aplica la siguiente formula:

$$IAR = \frac{\# \text{ de individuos de una especie}}{\text{total de individuos de todas las especies}} \times 100$$

Ecuación 3-8: Ecuación de abundancia relativa

3.6.7.4. Índice de diversidad de Simpson

La diversidad puede calcularse:

$$Ds = 1 - \frac{\sum n(n-1)}{N(N-1)}$$

Ecuación 3-8: Ecuación de índice de diversidad Simpson

Donde:

- Ds: Diversidad de Simpson
- N: Número total de individuos

- n: número de individuos según la especie

3.6.7.5. Índice de Shannon- Wiener

Es el índice más usado, se expresa por la siguiente formula:

$$H' = - \sum_{i=1}^s (p_i) \ln(p_i)$$

Ecuación 3-10: Ecuación de índice de Shannon-Wiener.

Donde:

- H': índice de Shannon Wiener
- S: # de especies
- Pi: # de individuos de la especie entre el total de individuos.

3.6.7.6. Índice de riqueza Margalef (D_{Mg})

Para determinar el D_{Mg} se usa la siguiente formula.

$$D_{Mg} = \frac{(S - 1)}{\ln(N)}$$

Ecuación 3-11: Ecuación de riqueza de Margalef.

3.6.7.7. Densidad poblacional

Se aplica la siguiente formula:

$$D = \frac{N}{A}$$

Ecuación 3-11: Ecuación para obtener densidad poblacional

Con las fórmulas presentadas anteriormente se calcula la calidad del suelo en base a la macrofauna presente en el área de estudio.

3.6.8. Determinación del índice de calidad del suelo ICS

Para evaluar la calidad del suelo se realiza el cálculo del ICS, en la que se considera tres componentes primordiales como es la materia orgánica, pH y densidad aparente. Estos indicadores no deben faltar en una evaluación de suelo así también el autor o investigador propone otros parámetros que para la investigación son necesarios. Para cada indicador seleccionado se establecieron valores máximos y mínimos a partir de criterios teóricos (Wilson, 2017).

Una vez obtenidos los valores máximos y mínimos, se realiza una normalización de esos indicadores para que cada uno de ellos esté en valores de 0 a 1 representando, la peor y la mejor condición desde el punto de vista de la calidad ambiental de suelos (Cantú et al., 2007).

Para la obtención del valor normalizado se aplican las siguientes ecuaciones:

Si el suelo presenta situaciones estables ($V_n=1$).

$$V_n = \frac{(I_m - I_{min})}{(I_{max} - I_{min})}$$

Ecuación empleada si el suelo presenta peor calidad de suelo ($V_n=0$).

$$V_n = 1 - \frac{(I_m - I_{min})}{(I_{max} - I_{min})}$$

Ecuación 3-13: Para obtener valor normalizado.

Donde:

V_n : Valor normalizado

I_m : Medida del indicador

I_{max} : Valores máximos del indicador

I_{min} : Valores mínimos de indicador

En la siguiente tabla se presenta el valor normalizado de cada indicador con sus respectivas unidades de medidas:

Tabla 3-3: Valores máximos y mínimos de cada parámetro de suelo.

Indicador	Unidades de medida	Pitahaya		Café		Té	
		Valor máx.	Valor mín.	Valor máx.	Valor mín.	Valor máx.	Valor mín.
pH	---	6	5,5	5,5	5	5	4
Densidad aparente	g/cm ³	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05
Conductividad eléctrica	dS/m	0,2	0,1	0,1	0,01	0,2	0,05
Materia orgánica	%	1,74	1,4	1,7	1,5	2	1,5
Humedad	%	1	0,5	1,5	0,5	1,1	1
Nitrógeno	%	1	0,1	1	0,5	0,5	0,1
Fósforo	ppm	17	14	34	30	23	21
Potasio	ppm	100	97	120	113	152	126

Realizado por: Estrella L., 2023

Los valores utilizados para hallar el valor normalizado se basan en valores máximos y mínimos, por lo que algunos parámetros se determinaron utilizando criterios basados en la teoría y otros utilizando condiciones óptimas: para el valor máximo de pH se utilizó pH 6, ya que es el valor máximo obtenido en el análisis de laboratorio, mientras que el valor mínimo de pH se determinó utilizando la tabla (6-2) y los resultados obtenidos en el laboratorio. En cuanto a la materia orgánica, se determinó un valor máximo de 1,7 % a partir de la media de los valores obtenidos en el análisis del suelo. Los valores de cada uno de los parámetros se determinaron a partir de los valores obtenidos en los análisis del suelo y de las condiciones óptimas correspondientes.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis de parámetros físicos-químicos de las fincas de té, café y pitahaya

4.1.1 Densidad aparente

Este parámetro permite evaluar la resistencia del suelo a la elongación de las raíces, es decir, indica el grado de compactación del suelo, la porosidad y la capacidad de infiltración, donde, el aumento de densidad aparente afecta a las condiciones de retención de humedad. Suelos con valores altos de densidad aparente determinan un ambiente pobre para el crecimiento de raíces, debido a la poca aireación y una baja infiltración del agua en el suelo (Antúnez et al., 2015: pp.31-50).

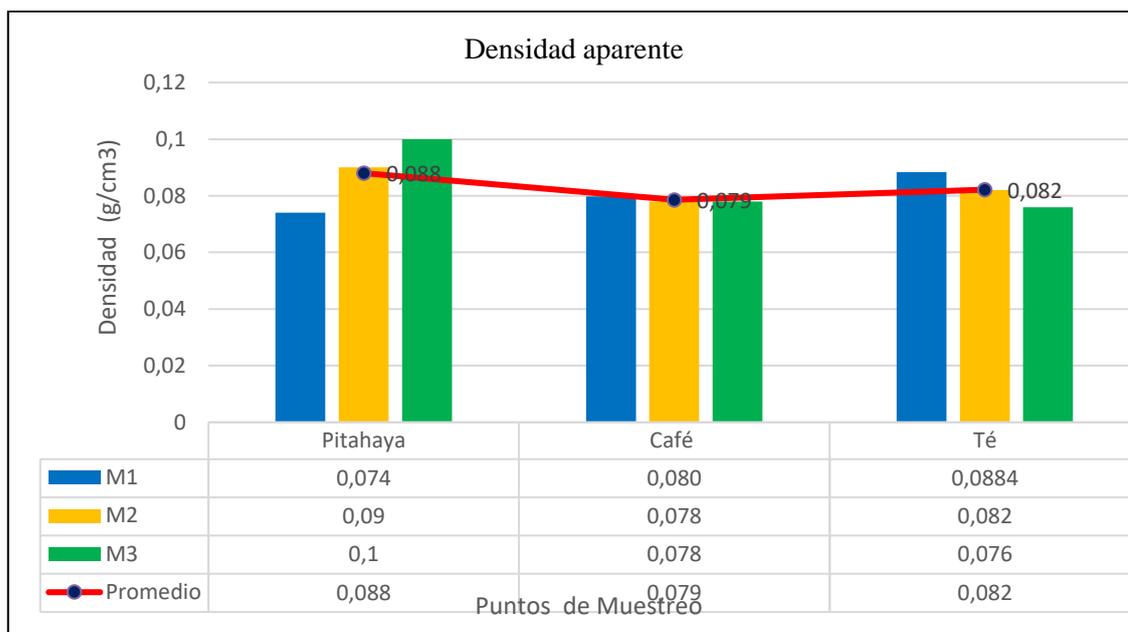


Ilustración 4-1: Datos de densidad aparente y el valor promedio de cada agroecosistema.

Realizado por: Estrella L., 2023

Los resultados de densidad aparente en las fincas de té, café y pitahaya indicados en la ilustración 1-4 no se evidencian cambios significativos en el valor promedio de los tres agroecosistemas que al encontrarse por debajo de 1,5 g/cm³ se considera que los suelos tienen un buen drenaje y excelente elongación de raíces con un sistema airado (FAO, 2014, pp.51-53; Rubio Gutiérrez, 2010, pp.1-96). Hay que tomar en cuenta que la penetración de las raíces no solo se encuentra influenciadas por la densidad aparente, sino, también por la textura del suelo (FAO, 2014, pp.51-53).

4.1.2 Profundidad del suelo

La profundidad de un suelo está expresada por el espesor en centímetros del suelo hasta el lecho de roca, en unos casos, hasta el horizonte. La profundidad es un factor determinante del desarrollo y productividad de los cultivos, al condicionar el desarrollo radicular y el volumen de agua disponible para las plantas (Pereira et al., 2011: pp. 49-50).

Mediante los análisis de profundidad se puede evidenciar el espacio que tienen las raíces para penetrar y conseguir nutrientes indispensables para sobrevivir.

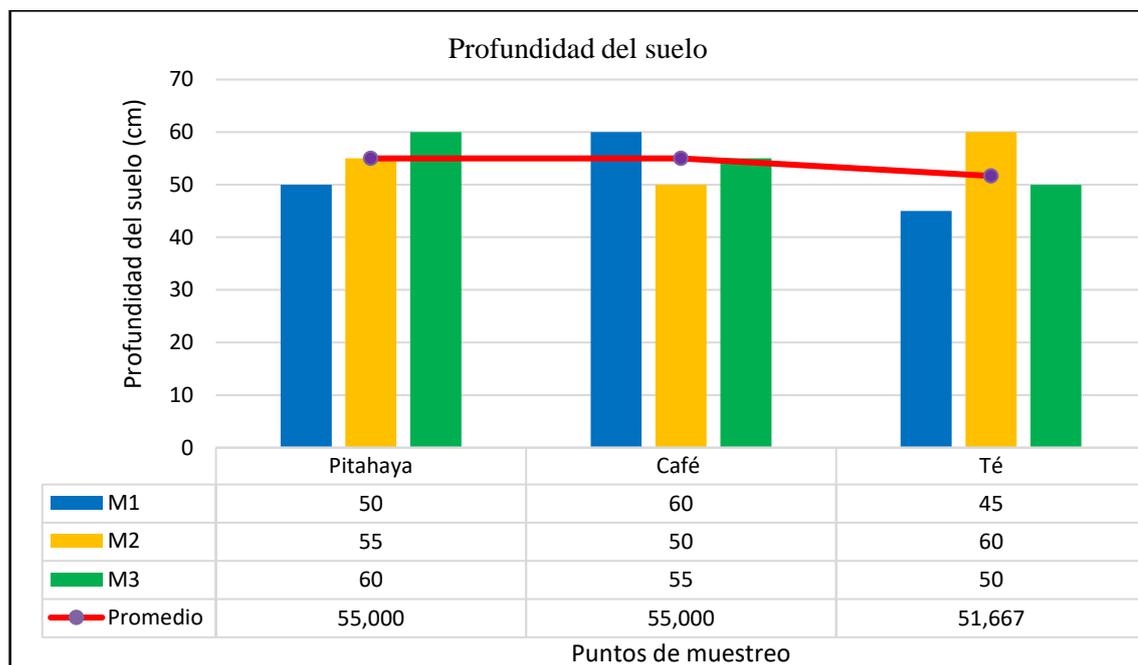


Ilustración 4-2: Resultados de profundidad

Realizado por: Estrella L., 2023

Los resultados de profundidad de la ilustración 4-2 en los tres agroecosistemas presenta una profundidad moderada ya que se encuentran en el rango 50 cm-100 cm, sin embargo mientras más profundo sea la penetración de las raíces de plantas mejor se estabiliza ya que absorbe nutrientes almacenados en los horizontes profundos del suelo (García, 2017, pp.9-10).

4.1.3 Humedad

El contenido de humedad del suelo es un parámetro ampliamente usado en las ciencias ambientales y específicamente dentro de la ciencia del suelo, uno de sus usos está orientado hacia el establecimiento de balances de agua para necesidades de riego (Quichimbo et al., 2016: pp.1-6). El porcentaje de humedad más alto favorece la actividad de los microorganismos en el suelo, se puede evidenciar de manera clara que a porcentajes de humedad bajos, la actividad microbiana es menor y está fuertemente influenciada por el potencial hídrico (Ramos Vásquez y Dávila Zúñiga, 2008: pp.1-8).

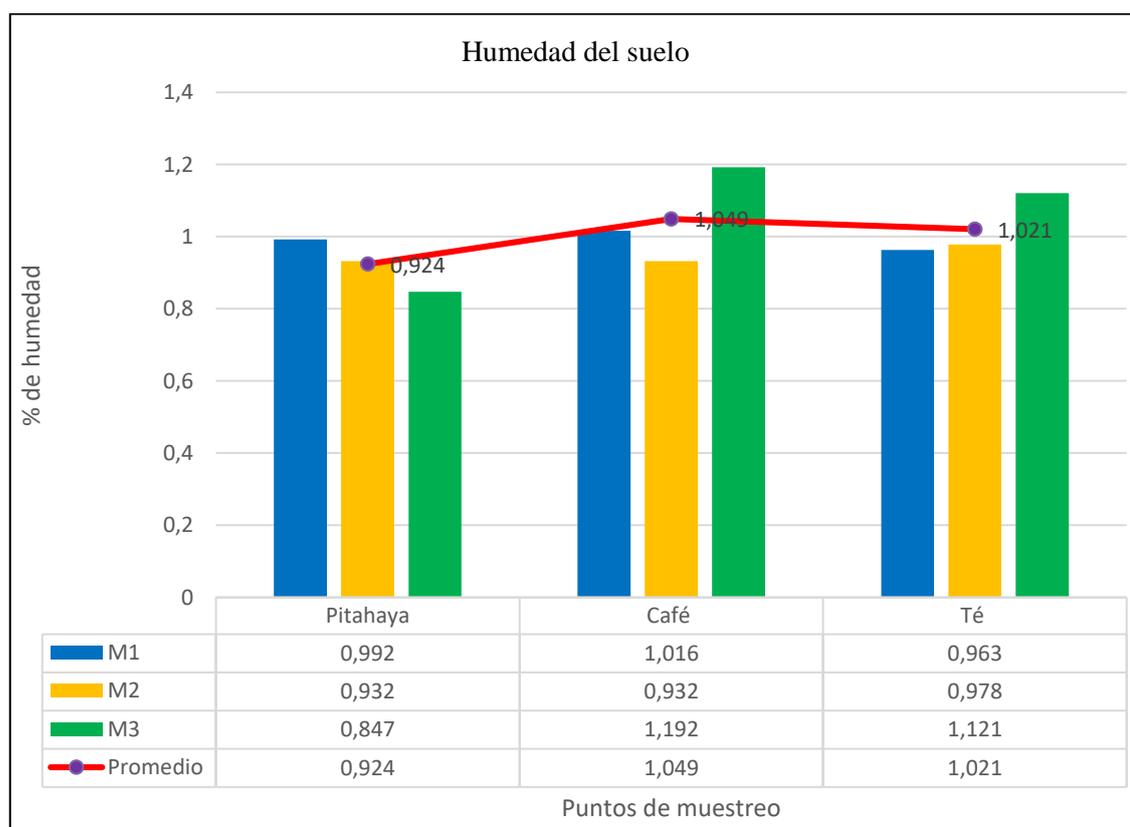


Ilustración 4-3: Medición y valor promedio del % de humedad

Realizado por: Estrella L., 2023

Las mediciones de humedad de la zona de muestreo indicada en la ilustración (4-3) muestran una pequeña variación en cada punto de muestreo. La humedad media oscila entre el 92 y el 100%. lo que indica la presencia de un suelo arcilloso o con alta cantidad de materia orgánica en la cual presentan baja permeabilidad al agua y por consiguiente una elevada retención de nutrientes (De la torre, 2022, pp.1-4).

4.1.4 Potencial de hidrógeno

El pH nos da la concentración de hidrógeno en la solución del suelo, cuando el pH está por abajo de siete, el suelo es ácido y en medida que el pH descende, el suelo se va volviendo aún más ácido. Cuando el pH está por arriba de siete, el suelo es alcalino o básico y se volverá más alcalino a medida que el pH se incrementa (Toledo, 2016a, pp.35-37). Es decir, representa el grado de acidez y basicidad, donde la acidez influye directamente en la capacidad de las plantas de asimilar los nutrientes la cual contribuye en la descomposición de sustancias orgánicas y metales.

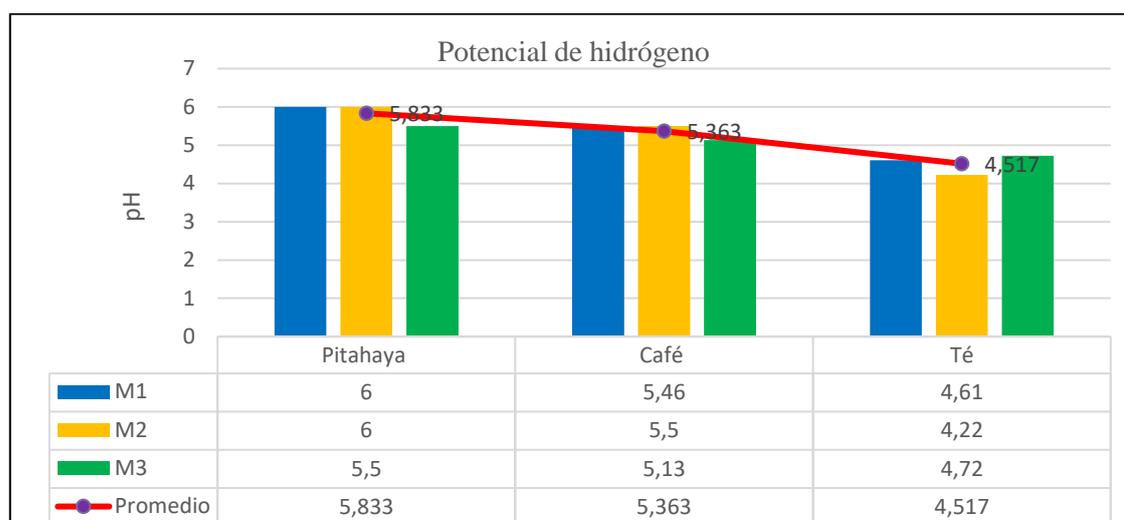


Ilustración 4-4: Datos de análisis de pH y valor promedio

Realizado por: Estrella L., 2023

En la Ilustración 4-4 se muestran los valores de pH medidos en los tres agroecosistemas del cantón Palora, donde los valores medios varían ampliamente de 4-6 según el tipo de cultivo, definiendo valores de pH ácidos. El cultivo del té es muy fuertemente ácido, mientras que el cultivo de la pitahaya es medianamente ácido y el café presentan valores fuertemente ácidos según la tabla (6-2). Para que los agroecosistemas tengan una buena producción el pH debe estar entre 6.5 y 7.

Muy fuertemente ácido: significa un $\text{pH} < 4$ la cual representa toxicidad por Al o Mn, debido a la acidez genera problemas en las plantas como el daño en sus raíces y evitar que absorba los nutrimentos de manera eficiente (Osorio, 2012, pp.1-4), en cambio, si el pH es demasiado alto hay peligro de toxicidad por salinidad, no permiten la absorción de nutrimentos de las plantas experimentando deficiencia de Mn, B y Fe.

Uno de los factores de mayor importancia que causa acidez en los suelos, es la lluvia. El peso de la capa de agua dejada por una fuerte lluvia, eliminan Ca, Mg y K dejando espacios en el suelo los

cuales son ocupados por el hidrógeno el cual se acumula y provoca que el suelo se vuelva más ácido (Toledo, 2016b, pp. 35-37).

4.1.5 Conductividad eléctrica

La Conductividad Eléctrica se encuentra influenciada por el contenido de agua, arcilla e iones intercambiables del suelo que inciden en características de nutritivas y se asocian a la estimación de la salinidad (Cortéz Diego, et al., 2013: pp.401-408).

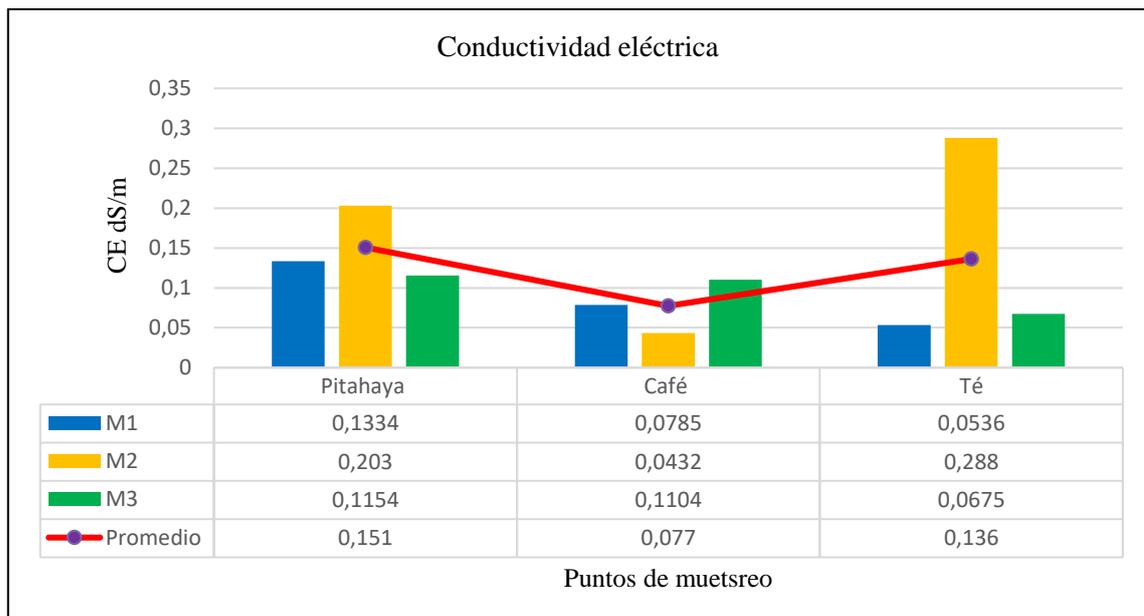


Ilustración 4-5: Medidas de CE y promedio del suelo de cada agroecosistema

Realizado por: Estrella L., 2023

En la ilustración 4-5 se muestran variación en los valores de CE, donde se evidencia que el cultivo de té tiene el valor más bajo obtenidos en los sitios de muestreo en el área de estudio, sin embargo, estos valores se encuentran en un rango menor a 2 dS/m que indican suelos no salinos según la Tabla (2-7), estos suelos son favorables para la fertilización y promover el crecimiento de las plantas (Gallart, 2017, p. 1-34). La CE también está influenciada por el contenido de humedad, el contenido de arcilla y la presencia de iones intercambiables en el suelo, que son capaces de conducir la electricidad y afectar las propiedades nutritivas del suelo (Gallart, 2017, p. 1-34).

4.1.6 Materia orgánica

La materia orgánica es un parámetro importante, que se utiliza como indicador de calidad del suelo y está relacionado directamente con las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Además, su cuantificación se requiere para recomendar la cantidad y el tipo de enmiendas que se debe aplicar al suelo (Izquierdo Bautista y Arévalo Hernández, 2021: pp.20-28).

El contenido de materia orgánica facilita la absorción de sustancias peligrosas como plaguicidas (Julca Otiniano et al., 2006: pp.49-61).

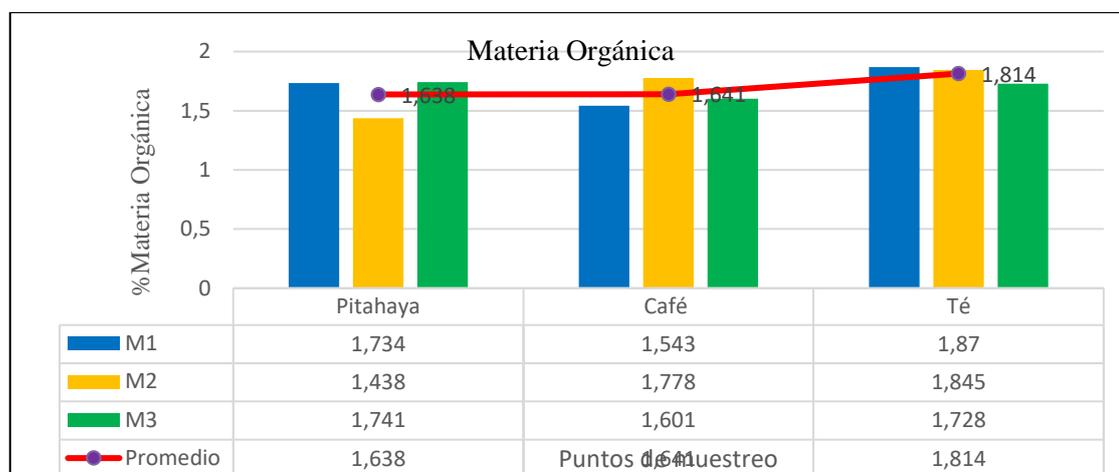


Ilustración 4-6: Contenido de materia orgánica y obtención del valor promedio

Realizado por: Estrella L., 2023

Como se muestra en la ilustración (4-6), el contenido de materia orgánica analizado en las muestras de suelo de la zona de estudio no fue muy variable, oscilando entre el 1,6% y el 1,8%. Según (Julca Otiniano et al., 2006: pp.49-61) menciona que la materia orgánica muy pocas veces excede el 2 % que sería el nivel deseable en suelos arcillosos, 1,65 en suelos pesados y llegar a un 2,5 en suelos arenosos. Los valores por debajo de 2% de materia orgánica en los suelos, provoca incrementos en la acidez, probablemente debido a la disminución de la actividad microbiana que afecta la mineralización de la materia orgánica (Cruz Macías et al., 2020: pp.475-480).

La materia orgánica afecta a la naturaleza física, química y biológica de los suelos al aumentar la presencia y actividad de organismos beneficiosos que contribuyen a un entorno más sano y equilibrado, en donde controlan algunos patógenos, aumenta la porosidad del suelo, la retención de agua, mayor capacidad de retención de elementos esenciales y a un entorno más favorable para el crecimiento del sistema radicular de las plantas (Sadeghian, 2010, p.8).

4.1.7 Nitrógeno

La importancia del estudio del N en los sistemas orgánico y convencional se debe a que el N es uno de los elementos más limitantes en la producción de cultivos. Recientemente el N ha tomado importancia por su incidencia en los problemas de impacto ambiental, pues el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados provoca desnitrificación que contribuye a las emisiones terrestres de N₂O (Acevedo, 2011, pp.475-480). El N da color verde a la planta la cual realiza fotosíntesis, usando energía solar para transformar elementos simples en orgánicos, al pigmento de color verde se le conoce como clorofila. El N es el principal factor limitante en el crecimiento de las plantas ya que su deficiencia provoca fluctuaciones en producción vegetal (Soledad y Victoria, 2022: pp.36-40).

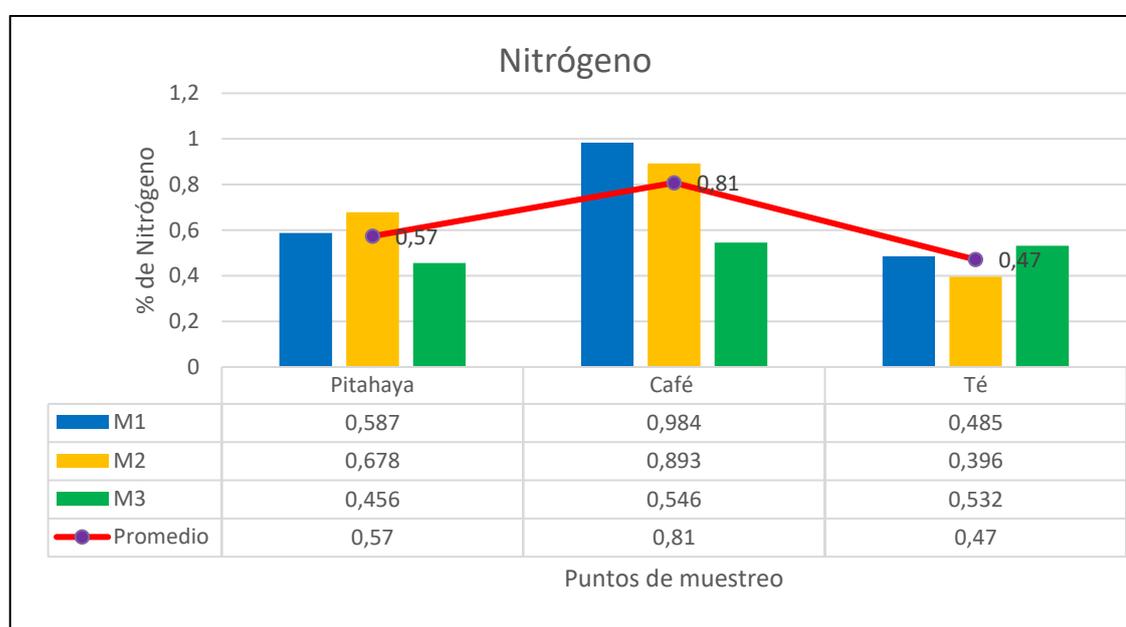


Ilustración 4-7: Valores de % nitrógeno y promedio

Realizado por: Estrella L., 2023

La ilustración 4-7 muestra los valores de N obtenidos de muestras de suelo de campos de té, café y pitahaya, que oscilan entre 0,4% y 0,8%. Estos son valores promedio para el suelo y, como se muestra en la Tabla 9-2, los valores de nitrógeno disponible se consideran muy ricos o muy altos. Se evidencia que en el cultivo de café existe mayor cantidad de nitrógeno con un 0,81% ya que este nutriente es exigido por la planta, los agricultores lo incluyen en todas las aplicaciones conjuntamente con la materia orgánica para obtener mayor fruto y área foliar (Sadeghian, 2008, pp.19-20). Tanto el exceso como la deficiencia afectan al sistema radicular, retraso en la productividad plantas y crecimiento lento, en este caso el N puede ser evidenciado con el desbalance en el crecimiento radicular y el área foliar (Villasanti et al., 2013d: pp.1-33).

4.1.8 Fósforo

Las concentraciones de fósforo en el suelo son importantes para la nutrición vegetal ya que las raíces de plantas absorben la solución (Munera y Meza, 2012, p. 7). Son un componente primario de los sistemas responsables del almacenamiento y transferencia de energía, también es un componente básico en las estructuras de macromoléculas, tales como ácidos nucleicos y fosfolípidos, por lo que se puede decir que su papel está generalizado en todos los procesos fisiológicos (Fernandez, 2007, pp.51-57).

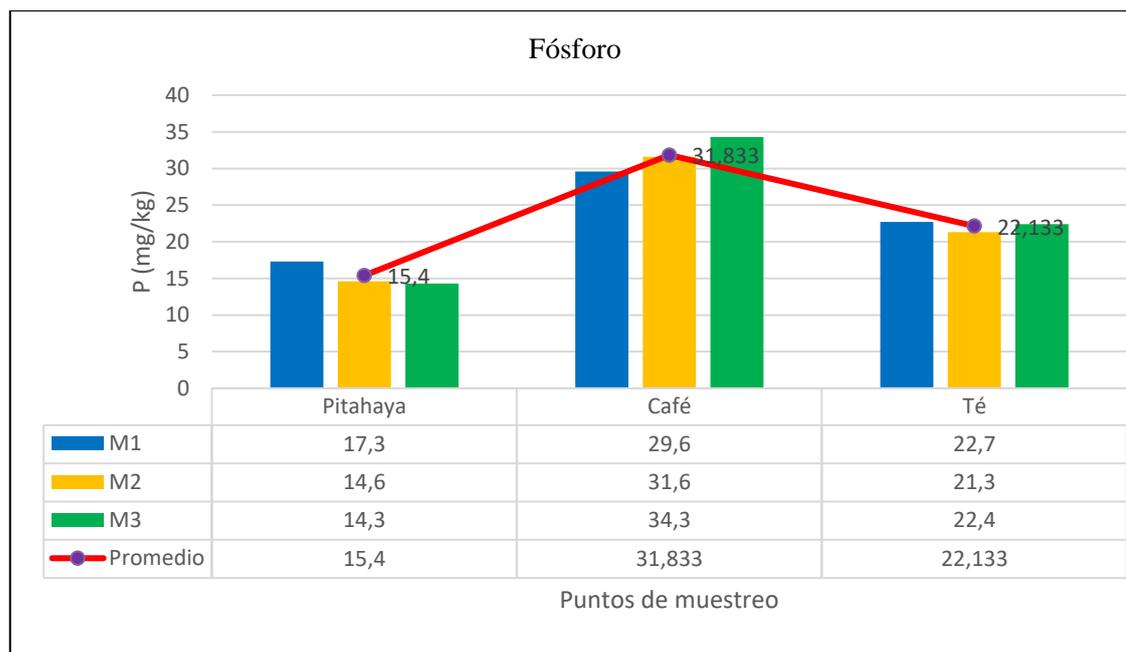


Ilustración 4-8: Fósforo disponibles en el suelo y su valor promedio

Realizado por: Estrella L., 2023

En la ilustración 4-8 indica los valores presentes del P disponible en los muestreos de los tres agroecosistemas, los rangos promedios van desde 15mg/kg a 31 mg/kg estos valores califican un nivel de medio a alto de P según la tabla: (2-10), este elemento es uno de los 17 nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas y a su vez es el nutrimento más limitante para el crecimiento de las plantas debido a la baja velocidad de difusión y a la alta velocidad de absorción del P en las plantas, situaciones que rápidamente crean una zona de agotamiento libre de fosfato, alrededor de la raíz (Mixquititla Casbis y Villegas Torres, 2016: pp.56).

4.1.9 Potasio

El potasio (K) en el suelo está presente como componente estructural de minerales primarios como micas y feldspatos, disponible solamente cuando estos minerales son descompuestos; atrapado temporalmente entre las arcillas expansibles; intercambiable; y soluble en la solución del suelo (Rincón Castillo, 2011, p.2).

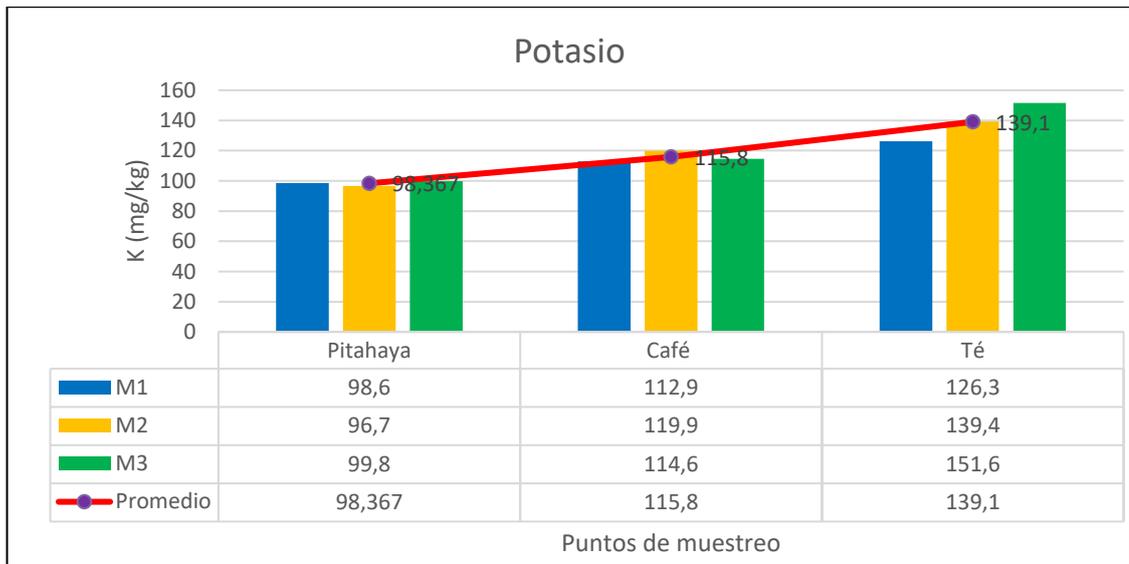


Ilustración 4-9: Valores de potasio y valores promedios presentes en los agroecosistemas

Realizado por: Estrella L., 2023

En la ilustración 4-9 los valores de K oscilan de 98 mg/kg a 139mg/kg analizados en las muestras de suelos de las fincas de té, café y pitahaya. De acuerdo con la tabla (2-11) de la escala de interpretación del K se evidencia que los agroecosistemas presentan un alto contenido de K lo que indica que los suelos mantienen grandes reservas de dicho elemento en todas sus formas sin embargo un excesivo K puede hacer que las plantas no absorban nutrientes como el Ca, Fe y zinc. Y una deficiencia de K las plantas muestran hojas de manchas claras, provocan crecimiento lento

4.2 Índice de calidad del suelo ICS

Tabla 4-1: ICS de los agroecosistemas (pitahaya, té y café)

ICS			
Indicador	Pitahaya	Café	Té
pH	0,67	0,55	0,51
Densidad aparente (g/cm ³)	0,76	0,58	0,64
Conductividad eléctrica (dS/m)	0,51	0,74	0,57
Materia orgánica %	0,70	0,58	0,63
Humedad %	0,85	0,55	0,2
Nitrógeno %	0,52	0,62	0,93
Fósforo (ppm)	0,47	0,46	0,57
Potasio (ppm)	0,46	0,4	0,5
Índice de calidad del suelo	0,62	0,56	0,57
ICS	Alta calidad	Moderada calidad	Moderada calidad

Realizado por: Estrella, Luz, 2023

En la tabla (4-1) se evidencia los valores normalizados (Vn) de cada indicador y como resultado el índice de calidad del suelo que se basa en la tabla (2-2), en la que se evidencia las clases y la escala del índice, en este caso el cultivo de pitahaya presenta una alta calidad del suelo ya que el rango es de 0,60-0,79 perteneciente a la clase 2. En cambio, los cultivos de Café y de té, se encuentran en la clase 3 que significa moderada calidad con un rango de 0,40-0,59.

4.3 Indicadores de la calidad del suelo de cada parámetro

Tabla 4-2: ICS de cada parámetro en base a los límites permisibles

Indicador	Pitahaya	Café	Té
pH	Alta calidad	Moderada calidad	Moderada calidad
Densidad aparente	Alta calidad	Moderada calidad	Alta calidad
Conductividad eléctrica	Moderada calidad	Alta calidad	Moderada calidad
Materia orgánica	Alta calidad	Moderada calidad	Alta calidad

Humedad	Alta calidad	Moderada calidad	Baja calidad
Nitrógeno	Moderada calidad	Alta calidad	Alta calidad
Potasio	Moderada calidad	Moderada calidad	Moderada calidad
ICS (0-1)	0,80-1,00	0,60-0,79	0,40-0,59
	Muy alta calidad	Alta calidad	Moderada calidad

Realizado por: Estrella L., 2023

En la tabla (4-2) se evidencia que los parámetros de los tres agroecosistemas (té, pitahaya y café), se encuentran en una calidad de moderada a alta, pero solo en el parámetro de humedad en el agroecosistema té, se encuentra en una calidad baja.

4.4 Análisis de parámetros biológicos

4.4.1 Macrofauna edáfica

En la tabla (4-3) se evidencia el resumen de los datos, donde se recolectó un total 17 especies con 36 familias y 590 individuos de macrofauna edáfica, en el agroecosistema de pitahaya, siendo esta la más abundante en comparación con los cultivos de té y café, donde se evidencia que el cultivo de té tiene la menor cantidad tanto de especies como de familia de macrofauna edáfica con un total de 188 individuos. Además, en cada agroecosistema existe gran cantidad de lombrices de tierra.

Tabla 4-3: Datos de la recolección de macrofauna

Orden – Especie	Nombre común	Pitahaya		Café		Té	
		Organismo	# Ind	Organismos	# Ind	Organismo	# Ind
Haplotaxida	Lombriz		228		125		108
Gastropoda	Caracoles		45		38		2
Gastropoda	Babosas		11		16		0
Isópoda	Cochinillas		12		11		12
Diplopoda	Milpiés		9		1		0
Blattodea	Cucarachas		11		7		5
Coleoptera	Escarabajos		17		4		1
Dermaptera	Tijeretas		11		9		0
Diptera	Moscas		2		1		0

Isoptera	Termitas		168		70		36
Total de detritívoros		10	514	10	282	6	164
Formycidae	Hormigas		16		40		18
Total de omnívoros		1	16	1	40	1	18
Hemiptera	Chinches y salta hojas		4		6		
Orthoptera	Grillos y saltamontes		14		13		
Lepidoptera	Orugas- mariposa		11		3		
Total de herbívoros		3	29	3	22	0	0
Araneae	Arañas		12		10		5
Opiliones	Arañas patonas		4		1		1
Chilopoda	Ciempíes		15		13		
Total depredadores		3	31	3	24	2	6
Organismos no identificados							
Total de Macrofauna (Densidad poblacional)		17	590	17	368	9	188

Realizado por: Estrella L., 2023

Los indicadores biológicos para valorar la calidad del suelo se basan en las dos fórmulas:

Tabla 4-4: Calidad del suelo según detritívoros/no detritívoros y lombrices/hormigas.

Indicador	Pitahaya	Café	Té	Diagnóstico de calidad
Detritívoros/no detritívoros	6,76	3,28	6,83	Alta calidad >1
Lombrices/ Hormigas	14,25	3,12	6	Alta calidad >1

Realizado por: Estrella L., 2023

En la tabla (4-4), se registran datos de los tres agroecosistemas: en el de pitahaya en detritívoros y no detritívoros da un valor de 6,76 que según (Cabrera, 2014, p.30), los suelos con mayor cantidad de especies y de individuos aplicados en la ecuación (7-3) si se obtienen como resultado valores > 1 indica una alta calidad del suelo y de la misma forma en lombrices/ hormigas para cada agroecosistema.

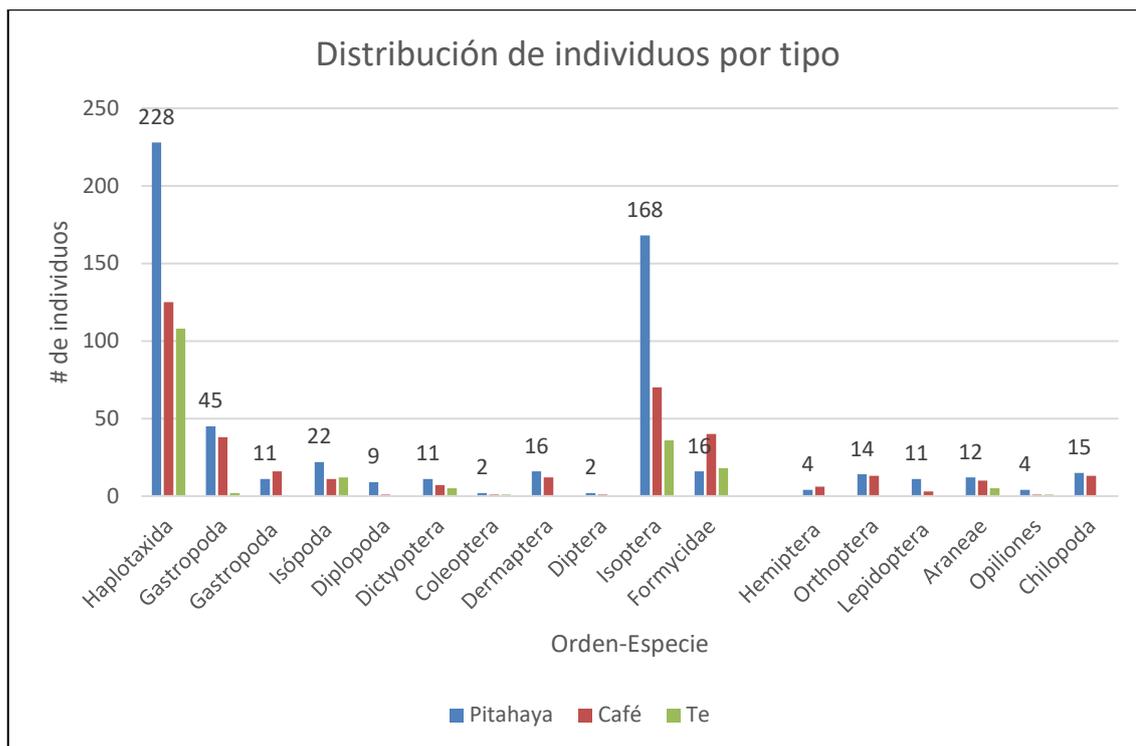


Ilustración 4-10: Distribución de la macrofauna edáfica de tres agroecosistemas de Palora
Realizado por: Estrella L., 2023

La macrofauna edáfica determina la sensibilidad de los suelos a las perturbaciones por influencias naturales o antropogénicas y son importantes indicadores de la calidad del suelo porque varían en composición, abundancia y diversidad. Los análisis cualitativos y cuantitativos permitió evaluar la calidad del medio edáfico en tres agroecosistemas, mostrando el predominio de especies de Haplotaaxida (Tabla 4-3) e Ilustración (4-10), que corresponden a lombrices de tierra su función detritívora ayuda en la descomposición de la materia orgánica, estimulan el crecimiento extensivo de las raíces y fácil penetración por los canales existentes que dejan estos individuos (L. Rodriguez, 2011: pp.1-18). Desde un punto de vista funcional, se clasifican como ingenieros del ecosistema porque su función principal es modificar las propiedades físicas del suelo; compactación, porosidad, estado de humedad y control de la macroagregación (Cabrera, 2014, p.9).

4.4.2 Índices de diversidad

4.4.2.1 Índice de abundancia relativa (IAR)

El índice de abundancia relativa se refiere al porcentaje de un organismo en la cual un 100% representa el número total de los organismos es decir se hace una comparación con otras especies. Con base en los datos presentados en la Tabla 4-5, es claro que el orden Haplotaaxida tiene la mayor proporción de lombrices de tierra, entre 33 y 57%. La presencia de estas especies indica un alto nivel

de descomposición de materia orgánica, indicando la presencia de detritívoros (Mendoza Aguirre, 2013, pp. 37-40).

Tabla 4-5: Representa el índice de abundancia relativa de los tres agroecosistemas.

Orden- Especie	Pitahaya		Café		Té	
	Individuos	IAR	Individuos	IAR	Individuos	IAR
Haplotaxida	228	38,64	125	33,97	108	57,45
Gastropoda	45	7,63	38	10,33	2	1,06
Gastropoda	11	1,86	16	4,35	0	0
Isopoda	12	2,03	11	2,99	12	6,38
Diplopoda	9	1,53	1	0,27	0	0
Dityoptera	11	1,86	7	1,90	5	2,66
Coleóptera	17	2,88	4	1,09	1	0,53
Dermáptera	11	1,86	9	2,45	0	0
Díptera	2	0,34	1	0,27	0	0
Isóptera	168	28,47	70	19,02	36	19,15
Formycidae	16	2,71	40	10,87	18	9,57
Hemiptera	4	0,68	6	1,63	0	0
Orthoptera	14	2,37	13	3,53	0	0
Lepidóptera	11	1,86	3	0,82	0	0
Araneae	12	2,03	10	2,72	5	2,66
Opiliones	4	0,68	1	0,27	1	0,53
Chilopoda	15	2,54	13	3,53		
Total	590	100	368	100	188	100

Realizado por: Estrella L., 2023

4.4.2.2. Índice de diversidad de Simpson

El índice de diversidad de Simpson en los tres agroecosistemas se encuentra representada en la tabla (4-6), donde se evidencia que en base a la macrofauna existe un alta y media calidad de diversidad de especies.

Tabla 4-6: Representa al índice de diversidad Simpson

Orden- Especie	Pitahaya		Café		Té	
	Individuos	IDS	Individuos	IDS	Individuos	IDS
Haplotaxida	228	0,85	125	0,89	108	0,67
Gastropoda	45	0,99	38	0,99	2	1
Gastropoda	11	1	16	1	0	0
Isopoda	12	1	11	1	12	1
Diplopoda	9	1	1	1	0	0
Dityoptera	11	1	7	1	5	1
Coleóptera	17	1	4	1	1	1
Dermáptera	11	1	9	1	0	0
Díptera	2	1	1	1	0	0
Isóptera	168	0,92	70	0,96	36	0,96
Formycidae	16	1	40	0,99	18	0,99
Hemiptera	4	1	6	1	0	0
Orthoptera	14	1	13	1	0	0
Lepidóptera	11	1	3	1	0	0
Araneae	12	1	10	1	5	1
Opiliones	4	1	1	1	1	1
Chilopoda	15	1	13	1		0
Total	590	16,76	368	16,82	188	8,62
Total de diversidad Simpson		1	1		0,51	
Diversidad		Alta	Alta		Media	

Realizado por: Estrella L., 2023

Los valores obtenidos en la diversidad de Simpson o índice de dominancia indican la riqueza de especies encontradas en los respectivos muestreos. Los distintos usos del suelo, así como el grado de perturbación e intensidad del manejo, influyen en la composición y la abundancia de la macrofauna edáfica donde las comunidades presentes representan las practicas del buen o mal manejo del suelo (Lagos Burbano et al., 2020: pp.117-128).

4.4.2.3. Índice de diversidad de Shannon Wiener e índice de riqueza de Margalef

Tabla 4-7: Diversidad de Shannon y riqueza de Margalef

Orden-Especie	Pitahaya		Café		Té	
	Individuos	H'	Individuos	H'	Individuos	H'
Haplotaxida	228	-0,37	125	-0,38	108	-0,32
Gastropoda	45	-0,20	38	-0,23	2	-0,05
Gastropoda	11	-0,07	16	-0,14	0	0
Isopoda	12	-0,88	11	-0,11	12	-0,18
Diplopoda	9	-0,06	1	-0,02	0	0
Dityoptera	11	-0,07	7	-0,08	5	-0,10
Coleóptera	17	-0,10	4	-0,05	1	-0,03
Dermáptera	11	-0,07	9	-0,09	0	0
Díptera	2	-0,02	1	-0,02	0	0
Isóptera	168	-0,04	70	-0,32	36	-0,32
Formycidae	16	-0,10	40	-0,24	18	-0,23
Hemiptera	4	-0,03	6	-0,07	0	0
Orthoptera	14	-0,09	13	-0,12	0	0
Lepidóptera	11	-0,07	3	-0,04	0	0
Araneae	12	-0,08	10	-0,10	5	-0,10
Opiliones	4	-0,03	1	-0,02	1	-0,03
Chilopoda	15	-0,09	13	-0,12		
Total	590	-(-1,9)	368	-(-2,09)	188	-(-1,33)
Índice Shannon	Media		Media		Media	
Índice de riqueza Margalef	2,51		2,71		1,53	

Realizado por: Estrella L., 2023

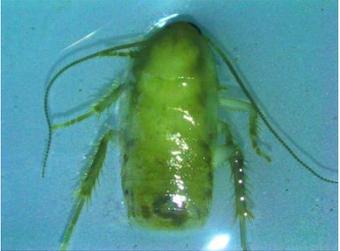
El Índice de Shannon mide la biodiversidad de especies que se encuentran distribuidas en el espacio. En el cultivo de café y pitahaya se obtuvo valores que se encuentran en el rango de 1,36 a 3,5 lo que indica que la diversidad en el ecosistema estudiado es media (Tabla 2-8), mientras que para el cultivo de té da una diversidad baja ya que está en el rango de 0 a 1,5. La diversidad se encuentra baja, debido a que, en el cultivo de té utilizan agroquímicos para mantener el plantío libre de plagas y mejorar el cultivo mientras que para el café y pitahaya son cultivos orgánicos. Y en el índice de

riqueza de Margalef solo el agroecosistema del té se encuentra con un 1,53 haciendo énfasis en la relación de especies e individuos de una muestra, según (Mora Donjuán et al., 2017: pp.70-71) menciona que un índice con valores menores a 2,00 denotan una baja riqueza de especies y por el contrario valores cercanos a 5,00 o superiores reflejan una riqueza de especies alta.

4.4.2.4. *Caracterización de la macrofauna edáfica.*

Tabla 4-8: Caracterización de la macrofauna edáfica.

Descripción	Imagen
Orden: Haplotaxida Familia: Lumbricidae Nombre común: Lombriz de tierra	
Orden: Gastropoda Familia: Clausiliidae Nombre común: Caracol	
Orden: Gastropoda Familia: Veronicellidae Nombre: Babosa	

<p>Orden: Gastropoda Familia: Pulmonata Nombre común: Babosa</p>	
<p>Orden: Isopoda Familia: Oniscidea Nombre común: Cochinillas</p>	
<p>Orden: Diplopoda Familia: Polidesmida Nombre común: Milpiés</p>	
<p>Orden: Diplopoda Familia: Spirostreptidae Nombre: Milpiés</p>	
<p>Orden: Blattodea Familia: Blaberidae Nombre común: Cucaracha</p>	

<p>Orden: Blattodea Familia: Blattidae Nombre común: Cucarachas</p>	
<p>Orden: Blattodea Familia: Laboptera Nombre común: Cucaracha</p>	
<p>Orden: Blattodea Familia: Blaberidae Nombre común: Cucaracha</p>	
<p>Orden: Coleoptera Familia: Trogidae Nombre común: Escarabajo</p>	
<p>Orden: Coleoptera Familia: Dytiscidae Nombre común: Escarabajo</p>	

<p>Orden: Coleoptera Familia: Carabidae Nombre común: Escarabajo</p>	
<p>Orden: Coleoptera Familia: Tenebrionidae Nombre común: escarabajo</p>	
<p>Orden: Coleóptera Familia: Staphylinidae Nombre común: Escarabajo</p>	
<p>Orden: Coleóptera Familia: Cyclocephala Nombre común: Escarabajo</p>	
<p>Orden: Coleóptera Familia: `Passalidae Nombre común: Escarabajo</p>	

<p>Orden: Dermáptera Familia: Anisolabididae Nombre común: Tijeretas</p>	
<p>Orden: Diptera Familia: Diptera Nombre común: Moscas y mosquitos</p>	
<p>Orden: Isoptera Familia: Mastotermitidae Nombre común: Termitas</p>	
<p>Nombre: Isoptera Familia: Termopsidae Nombre común: Termitas</p>	
<p>Nombre: Isoptera Familia: Rhinotermitidae Nombre común: Termitas</p>	

<p>Orden: Formicidae Familia: Hymenoptera Nombre común: Hormigas</p>	
<p>Orden: Formicidae Familia: Messorini Nombre común: Hormiga</p>	
<p>Orden: Formicidae Familia: Cephalotes Nombre común: Hormiga tortuga</p>	
<p>Orden: Hemiptera Familia: Reduviidae Nombre común: Chinchas y salta hojas</p>	
<p>Orden: Orthoptera Familia: Gryllidae Nombre común: Grillos y salta montes</p>	

<p>Orden: Orthoptera Familia: Acrididae Nombre común: Salta montes</p>	
<p>Orden: Orthoptera Familia: Gryllotalpidae Nombre común: Grillo y saltamonte, perrito</p>	
<p>Orden: Lepidóptera Familia: Lepidópteros- Sphingidae Nombre común: Orugas y Mariposas Oruga serpiente</p>	
<p>Orden: Lepidóptera Familia: Noctuidae Nombre común: Oruga y mariposas</p>	
<p>Orden: Araneae Familia: Theraphosidae Nombre común: Arañas</p>	

<p>Orden: Araneae Familia: Lycosidae Nombre común: Araña</p>	
<p>Orden: Opiliones Familia: Opiliones Nombre común: Arañas patonas</p>	
<p>Orden: Chilopoda Familia: Scolopendridae Nombre: Ciempiés</p>	

Realizado por: Estrella L., 2023

CONCLUSIONES

- Se identificó la densidad poblacional de la macrofauna edáfica en los agroecosistemas agrícolas (Pitahaya, Café y Té) del Cantón Palora mediante 15 muestras simples aleatorias distribuidas en 1 hectárea para cada cultivo. En el cultivo de pitahaya se identificó 17 especies con una densidad poblacional de 590 ind/m², en el café 368 ind/m² y para el cultivo de té se encontró 9 especies y 188 ind/m², por lo que se evidencia mayor densidad poblacional de macrofauna en el cultivo de pitahaya. Se realizó el análisis de poblaciones y especies, mediante los índices de diversidad, Simpson y Shannon – Wiener las cuales indican que los suelos de cultivo de pitahaya y café son diversidad ALTA mientras que el cultivo de té es de diversidad MEDIA.
- Se caracterizó un total de 17 especies, con (32 familias de macrofauna en la finca de pitahaya y 27 familias en las fincas de café) y 9 especies en la finca de té con 11 familias distribuidas en el espacio, entre la más representativa o con mayor diversidad es la especie Coleóptera, también llamados escarabajos cuya labor es de triturar y descomponer la materia orgánica proveniente de vegetales o animales. Sin embargo, en base a los individuos la más representativa es la especie Haplotaxida (lombriz de tierra); en los agroecosistemas de pitahaya se encontraron 228 individuos, en el café hubo 125 individuos y 108 individuos en el té. La lombriz de tierra contribuye en el transporte de nutrientes y mediante los túneles que cava oxigena el suelo permitiendo el paso de las raíces de las plantas.
- Se determinó las propiedades físicas, químicas y biológicas de los tres agroecosistemas del cantón Palora por medio de 15 muestras aleatorias simples de suelo para luego formar 1 kg/ha de muestra compuesta. Para obtener el (ICS), se basó en los parámetros fisicoquímicos como; el pH, conductividad eléctrica, densidad aparente, materia orgánica, Nitrógeno, Fósforo disponible, Potasio asimilable y humedad; cuyo valor resultante en el cultivo de pitahaya es de 0,62 correspondiente a la Clase 2 lo que representa una ALTA CALIDAD del suelo, mientras que, en los cultivos de café y té, dio como resultado una MODERADA CALIDAD del suelo, el café con 0,56 y el té con 0,57, pertenecientes a la clase 3.
- Se correlacionó los resultados de las propiedades fisicoquímicas frente a las propiedades biológicas. Mediante el ICS se reportó un nivel de calidad del suelo entre ALTO y MODERADO de los agroecosistemas del cantón Palora. De acuerdo a la macrofauna edáfica (método biológico) en el diagnóstico de calidad dio una CALIDAD ALTA según la evaluación de los grupos funcionales (detritívoros/ no detritívoros, lombrices/ hormigas) siendo el grupo más abundante en las tres zonas de estudio los organismos detritívoros (514, 282 y 164 individuos) frente a los organismos no

detritívoros (76, 86 y 24 individuos). En base a los resultados obtenidos se comprueba que la macrofauna edáfica son buenos indicadores del estado en que se encuentra el suelo ya que mantienen las condiciones fisicoquímicas del suelo.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda profundizar el estudio en el cantón Palora especialmente en los cultivos de té y pitahaya ya que estos son comercializados a gran escala a otros países, provocando un monocultivo en el cantón lo que provocara perdida de nutriente en el suelo. Así mismo se recomienda el uso de abono orgánico para los respectivos cultivos ya que mejoran la calidad del suelo y a su vez son buenos como nutrimentos de la macrofauna.
- Mantener los cultivos con cercos verdes (arboles) para equilibrar las poblaciones de insectos, aparte cumplen la función importante como es evitar que el agua arrastre nutrientes dejando estéril al suelo. Evitar el monocultivo sembrando diversos productos para mantener un equilibrio con el suelo.
- Incrementar el número de muestreos para la recolección de la macrofauna en diferentes meses del año para conocer la dinámica de las poblaciones de macroinvertebrados y su variación en las distintas estaciones climáticas y realizar los muestreos en diferentes profundidades del suelo.
- Capacitar a los agricultores sobre la importancia de los organismos biológicos en el estado del suelo, y el uso de materia orgánica como fertilizantes para el cultivo.
- Analizar las especies de macrofauna edáfica de acuerdo a sus grupos funcionales en fincas de café, té y pitahaya a fin de preservar aquellas que son benéficas para el cultivo, mediante proyectos de capacitación a agricultores.

GLOSARIO

CE: Conductividad eléctrica

Detritívoros: Descomponen la materia orgánica y proporciona suministros a los individuos más pequeños, los organismos que pertenecen a estos grupos son las cochinillas, caracoles, termitas y milpiés.

D_{Mg}: Índice de diversidad de Margalef

dS/m: Decisiemens por metro

H': Índice de Shannon

Haplotaxida: Son conocidas como lombrices de tierra siendo dominante en algunos sistemas y se les considera ingenieros del suelo.

ICS: Índice de calidad de suelo

IDS: Índice de diversidad de Simpson

IAR: Índice de abundancia relativa

Ind: Individuos

K: Potasio

Macrofauna: Grupo de organismos de mayor tamaño, son visibles a la vista y viven en las hojarascas como en el interior del suelo.

Mesofauna: Son organismos de tamaño mediano que habitan el suelo y contribuyen a la descomposición de la materia orgánica.

N: Nitrógeno

P: Fósforo

SI: Sistema Internacional

USDA: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO, Cristóbal; et al. "Concentración de Nitrógeno en Suelo por Efecto de Manejo Orgánico y Convencional". *Terra Latinoamericana*, 29, 3 (2011), (Chapingo) pp. 325-332. ISSN 1870-9982.

AGROMATICA. *La gran importancia del nitrógeno en las plantas. Vitra al servicio de la Agricultura* [Página web]. 2020. [Consulta: 02 febrero 2023]. Disponible en: <http://www.agromatica.es/importancia-del-nitrogeno-en-las-plantas/>

ALMADA, Melina Soledad; et al. "Cambios en la comunidad de arañas (Arachnida : Araneae) en períodos de barbecho y de cultivos de soja en el Norte de Santa Fe". *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 115, 1 (2016), (Argentina) pp. 55-65.

ANAGAN. *Agricultura Extensiva: Definición, Importancia y Usos* [Página web], 2022. [Consulta: 12 agosto 2022]. Disponible en: <https://anagan.com/agricultura-extensiva/>

ÁNGEL, Alonso. "Clase Insecta Orden Coleoptera". *Revista IDE@-SEA* [en línea], 2015, 55, pp. 1-18. [Consulta: 26 enero 2023]. ISSN 2386-7183. Disponible en: http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_55.pdf

ANTÚNEZ, Alejandro; et al. "Propiedades físico -hídricas del suelo en el cultivo del maíz grano". *Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias* [en línea]. 312, 2015, pp. 31-50. [Consulta: 12 diciembre 2023]. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/7894>

BARREZUETA, Salomón; et al. "Determinación de indicadores para calidad de suelos cultivados con cacao en provincia de El Oro-Ecuador ". *Revista CUMBRES* [en línea], 2017, 3, 1, pp. 17-24. [Consulta: 21 octubre 2022]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6550727.pdf>

BAVEYE, Philippe; et al. "Soil «ecosystem» services and natural capital: Critical appraisal of research on uncertain ground". *Frontiers in Environmental Science*, (2016), 4, pp. 1-49. ISSN 2296665X. DOI 10.3389/fenvs.2016.00041

BAZÁN, R. "Manual De Procedimientos De Los Análisis De Suelos y Agua con Fines de Riego". *Ministerio de agricultura y riego* [en línea], 2017, pp. 18-89. [Consulta: 12 febrero 2023]. Disponible en: https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/504/1/Bazan-Manual_de_procedimientos_de_los.pdf

NÚÑEZ, Belén Alonso. Biodiversidad, Materia Orgánica y Estructura del Suelo: Ciencia, Técnica e Ingeniería (Trabajo de titulación) (Doctorado). [en línea] Universidad de Burgos, Escuela Politécnica Superior, Departamento de Química, Área de Edafología y Química Agrícola. 2015. pp. 575. [Consulta: 12 agosto 2022]. Disponible en: <https://riubu.ubu.es/handle/10259/5009>

BERMEO SAMANIEGO, Talia Brigitte. & DIOSES CASTILLO, Dajhana Yharuska. Influencia de la edad del cultivo de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* (K. Schum. Ex Vaupel) Moran) en la fertilidad del suelo, cantón Palora, Provincia Morona Santiago (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [en línea] Universidad Estatal Amazónica. Puyo, Ecuador. 2020. pp. 17. [Consulta: 12 agosto 2022]. Disponible en: <http://201.159.223.17/bitstream/123456789/606/1/T.AGROP.B.UEA.1126>

BOGADO, K. Calidad del Suelo en diferentes Sistemas de Manejo utilizando algunos Indicadores Biologicos (Trabajo de titulación) (Licenciatura). [En línea] Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay. 2013. pp. 1-73. [Consulta: 11 enero 2023]. Disponible en: <https://dspacecicco.conacyt.gov.py/jspui/bitstream/123456789/42728/1/Bogado-Ferioli-Calidad-del-suelo-en-diferentes-sistemas-de-manejo-utilizando-algunos-indicadores-biologicos.pdf>

BÜNEMANN, E.K; et al. "Soil quality – A critical review". *Soil Biology and Biochemistry* [en línea], 2018, 120, pp. 105-125. [Consulta: 19 diciembre 2022]. ISSN 00380717. DOI 10.1016/j.soilbio.2018.01.030

CABRERA DÁVILA, G.D.; et al. "Evaluación de la macrofauna como indicador del estado de salud en siete sistemas de uso de la tierra, en Cuba". *Pastos y Forrajes*, 40, (2) (2017), pp. 118-126. [Consulta: 19 diciembre 2022]. ISSN 0864-0394.

CABRERA DÁVILA, G; et al. "Capitulo 14 Fauna del Suelo". *Diversidad Biológica de Cuba*, 2017, pp. 254-283.

CABRERA DÁVILA, G.D; & IBORRA, G.M. "Caracterización ecológica de la macrofauna edáfica en dos sitios de bosque siempreverde en El Salón, Sierra del Rosario, Cuba". *Bosque* [en línea], (2018), 39 (3), pp. 363-373. ISSN 07179200. DOI 10.4067/S0717-92002018000300363

CABRERA, G. "La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo". *Pastos y Forrajes*, 35, 4 (2012), pp. 350. ISSN 0864-0394.

CABRERA, G. "Manual Práctico sobre la Macrofauna Edáfica como Indicador Biológico de la Calidad del Suelo, según resultados en Cuba". *The rufford* [en línea]. 2014. [Consulta: 30 diciembre 2022]. Disponible en: www.ruffor.org

CABRERA, G; et al. "Composición funcional de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba". *Pastos y Forrajes*, 34, 3 (2011), pp. 331-332. ISSN 0864-0394

CAICEDO ROSERO, L.C; et al. "Medición de humedad en suelos: Revisión de métodos y características". *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI* [en línea], 2021, 9, pp. 1-18. [Consulta: 3 febrero 2022]. Autor. Disponible en: <https://doi.org/10.29057/icbi.v9i17.7035>

CANTÚ, M. P; et al. "Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices". *Ciencia del Suelo*, 25, 2 (2007), pp. 173-178. ISSN 03263169.

CANTÚ, M.P; et al. "Evaluación del impacto del cambio de uso y manejo de la tierra mediante indicadores de calidad de suelo, Córdoba, Argentina". *Cedernos do Laboratorio Xeoloxico de Laxe*, 34 (2009), pp. 203-214. ISSN 02134497.

MORENO, Carla; et al. "Influencia del Manejo Sobre la Calidad del Suelo". *Ecuador es Calidad: Revista Científica Ecuatoriana*, vol. 2, no. 1, pp. 1-8. ISSN 1390-9223. DOI 10.36331/revista.v2i1.8.

CARTES, G. "Degradacion de suelos agrícolas y el SIRSD - S". Oficina de Estudios y Políticas Agrarias [en línea], 2013, pp. 1-6. [Consulta: 17 octubre 2022]. Disponible en: www.odepa.gob.cl

CENTENO, R. *Uso de Fertilizantes y daños ambientales. Tecnosoluciones* [Blog], 2021. [Consulta: 14 octubre 2022]. Disponible en: <https://tecnosolucionescr.net/blog/539-uso-de-fertilizantes-y-danos-ambientales>

CISNEROS, R. Apuntes de la materia Riego y Drenaje (Trabajo de titulación) (Posgrado). [en línea] Universidad Autónoma de San Luis de Potosí, Facultad de Ingeniería. 2018. pp. 16-18. [Consulta: 02 febrero 2023]. Disponible en: <http://www.ingenieria.uaslp.mx/Documents/Apuntes/Riego y Drenaje.pdf>

CORTÉS, D; et al. "Relación espacial entre la conductividad eléctrica y algunas propiedades químicas del suelo". *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* [en línea], (2013), 16 (2), pp. 401-408. ISSN 01234226. DOI 10.31910/rudca.v16.n2.2013.912

CRUZ MACÍAS, W.O; et al. "Efecto de la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico en la acidez de suelos cultivados con maíz en dos regiones de Chiapas, México". *Terra Latinoamericana* [en línea], (2020), 38 (3), pp. 475-480. ISSN 23958030. DOI 10.28940/terra.v38i3.506

DE LA TORRE, F. "Interpretación de resultados de textura y humedad del suelo" [Documento en línea], 2021. [Consulta: 04 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.studocu.com/es-ar/document/best-notes-for-high-school-ar/microbiologia/interpretacion-de-resultados-de-textura-y-humedad-del-suelo/18321068>

DIEGUEZ SANTANA, K; et al. "Evaluación del impacto ambiental del cultivo de la pitahaya, Cantón Palora, Ecuador". *TecnoLógicas* [en línea], 23 (49) (2020), pp. 113-128. [Consulta: 04 febrero 2023]. ISSN 0123-7799. DOI 10.22430/22565337.1621

DOMÍNGUEZ, A. M. "El papel de las lombrices de tierra en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes". *Ecosistemas*, 18, 2 (2009), pp. 20-31.

DOMÍNGUEZ, J; & GÓMEZ BRANDÓN, M. "Ciclos de vida de las lombrices de tierra aptas para el vermicompostaje". *Acta Zoológica Mexicana* [en línea], 2010, 26, pp. 309-320. [Consulta: 04 febrero 2023]. ISSN 0065-1737. DOI 10.21829/azm.2010.262896

ESPINOSA, José; et al. *Suelos del Ecuador: Clasificación, Uso y Manejo* [en línea]. Quito-Ecuador: Instituto Geográfico Militar (IGM), 2022. ISBN 9789942225573, pp. 211-241.

ESPINOSA RAMÍREZ; et al. "Degradación De Suelos Por Actividades Antrópicas en el Norte de Tamaulipas, México". *Papeles de Geografía* [en línea], 2011, 54, pp. 77-88. [Consulta: 21 octubre 2022]. ISSN 0213-1781. Disponible en: <https://revistas.um.es/geografia/article/view/143451/128731>

FAO. *Guía para la descripción de suelos* [en línea]. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Volumen 3, número 4, pp. 26-30. [Consulta: 23 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf>

FERNÁNDEZ LINARES, Luis, Carlos; et al. *Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación* [en línea]. Instituto Mexicano del Petróleo: 2006, pp.15-177. [Consulta: 23 noviembre 2022]. Disponible en: <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/CG008215.pdf>

FERNANDEZ, M. "Fósforo: amigo o enemigo". *Icidca* [en línea], 2007, 41 (2), pp. 51-57. [Consulta: 04 febrero 2023]. ISSN 1025-3076. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223114970009.pdf>

GALLART, F. La conductividad eléctrica del suelo como indicador de la capacidad de uso de los suelos de la zona norte del Parque Natural de la Albufera de Valencia (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [En línea] Universitat Politècnica De València, Valencia. 2017. pp. 1-34. [Consulta: 4 febrero 2023]. Disponible en: <https://docplayer.es/86637466-Universitat-politecnica-de-valencia.html>

GARCÍA CRUZATY, L. C; & SCHLATTER VOLLMANN, J. E. "Caracterización de suelos a lo largo de un gradiente altitudinal en Ecuador". *Revista Brasileira de Ciências Agrarias* [En línea], 2012, 7 (3), pp. 456-464. [Consulta: 4 febrero 2023]. ISSN 19811160. DOI 10.5039/agraria.v7i3a1736

GARCÍA, L. *Metodología de campo para determinar la profundidad, la densidad aparente, materia orgánica e infiltración del agua en el suelo* [En línea]. Unión Europea y UNAG – Nicaragua: 2017, volumen 1, número 32, pp. 18. [Consulta: 14 enero 2023]. Disponible en: <https://cenida.una.edu.ni/documentos/NP33G216m.pdf>

GARCÍA, Y; et al. "Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso". *Pastos y Forrajes*, 35, 2 (2012), pp. 125-137. ISSN 0864-0394.

GHAEMI, M; et al. "Determining soil indicators for soil sustainability assessment using principal component analysis of Astan Quds- east of Mashhad- Iran". *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* [En línea], (2014), 14 (4) (2014), pp. 987-1004. [Consulta: 14 enero 2023]. ISSN 07189516. DOI 10.4067/s0718-95162014005000077

GLOBE. "Un vistazo a la investigación de suelos". *Global Learning and Observation to Benefit the Environment Program* [En línea]. 2005, (Estados Unidos), pp. 5. [Consulta: 23 agosto 2022]. Disponible en: https://www.globe.gov/documents/10157/381040/soil_chap_es.pdf

GOULA, M; & MATA, L. "Clase Insecta Orden Hemiptera Suborden Heretoptera". *Revista IDE@-SEA* [en línea], 2015, 53, pp. 1-30. [Consulta: 20 diciembre 2022]. Disponible en: www.sea-entomologia.org/IDE@

HELENA, C; et al. "La conservación de suelos: un asunto de interés público". *Gaceta ecológica* [en línea], 2007, 83, pp. 5-71. [Consulta: 24 septiembre 2022]. ISSN 1405-2849. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53908302>

HERRERA MESA, L. "Clase Insecta Orden Dermaptera". *Revista IDE@-SEA (Ibero Diversidad Entomológica Accesible-Sociedad Entomológica Aragonesa)* [En línea], 2015, 42, pp. 1-10. [Consulta: 20 diciembre 2022]. ISSN 2386-7183. Disponible en: www.sea-entomologia.org/IDE@

HIDALGO DÁVILA, J. L. "La situación actual de la sustitución de insumos agroquímicos por productos biológicos como estrategia en la producción agrícola" (Trabajo de titulación) (Maestría). [En línea] Universidad Andina Simón Bolívar, Área de Estudios Sociales y Globales, 2017. [Consulta: 23 septiembre 2022]. Disponible en: [https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6095/1/T2562-MRI-Hidalgo-La situacion.pdf](https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6095/1/T2562-MRI-Hidalgo-La%20situacion.pdf)

HOFFMANN, B; et al. "Diversidade Da Mesofauna Edáfica Como Bioindicadora". *Revista Caatinga*, 22, 3 (2009) pp. 121-125.

IBÁÑEZ, J. J. *Funciones de los Organismos del Suelo: La Biota Edáfica* [Blog], 2007. [Consulta: 03 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/03/25/62254>

IFA. "Los fertilizantes y su uso". *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology* [En línea], 1993, 20 (12) pp. 1-80. ISSN 14401681. DOI 10.1111/j.1440-1681.1993.tb03018.x

INEC. *Unidad Contacto: Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua, 2019* [Documento en línea], 2020, pp. 5. [Consulta: 14 octubre 2022]. Disponible en: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2019/Boletin Tecnico ESPAC_2019.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2019/Boletin_Tecnico_ESPAC_2019.pdf)

INIA. *Semana de la Ciencia y Tecnología Jornada de Puertas Abiertas INIA Tacuarembó* [blog]. 2015, pp. 15. [Consulta: 24 agosto 2022]. Disponible en: <https://docplayer.es/15633110-Semana-de-la-ciencia-y-tecnologia-jornada-de-puertas-abiertas.html>

IZQUIERDO BAUTISTA, J; & ARÉVALO HERNÁNDEZ, J. J. "Determinación del carbono orgánico por el método químico y por calcinación". *Ingeniería y Región* [En línea], 2021, 26, pp. 20-28. [Consulta: 24 agosto 2022]. ISSN 1657-6985. DOI 10.25054/22161325.2527

IZQUIERDO, J. J. Contaminación de los Suelos Agrícolas Provocados por el uso de los Agroquímicos en la Parroquia San Joaquín (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [En línea] Universidad Politécnica Salesiana, 2017. pp. 14. [Consulta: 02 febrero 2023]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14712/1/UPS-CT007228.pdf>

JULCA OTINIANO, A; et al. "La Materia Orgánica, Importancia y Experiencia de su uso en la Agricultura". *Idesia (Arica)* [En línea], (2006), 24 (1), pp. 49-61. [Consulta: 02 febrero 2023]. DOI 10.4067/s0718-34292006000100009

RODRIGUEZ, L. *Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible. Materia orgánica y actividad biológica* [Documento en línea], 2011, pp. 1-28. [Consulta: 17 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-104576/1.%20Materia%20orgánica%20y%20actividad%20biológica.pdf>

LAGOS BURBANO, T. C; et al. "Diversidad de la edafofauna de suelos cafeteros del sur de Colombia". *Temas Agrarios* [En línea], 2020, 25 (2), pp. 117-128. [Consulta: 17 febrero 2023]. DOI 10.21897/rta.v25i2.2439

LÓPEZ, A. S; et al. "Propuesta de un índice de diversidad funcional: Aplicación a un bosque semideciduo micrófilo de Cuba Oriental". *Bosque* [En línea], 2017, 38 (3), pp. 457-466. [Consulta: 17 febrero 2023]. ISSN 07179200. DOI 10.4067/S0717-92002017000300003

MARCELO, D; et al. "Población de macrofauna en sistemas silvopastoriles dedicados a la producción lechera: análisis preliminar". *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida* [En línea], 27, (2018), pp. 77-88. [Consulta: 17 febrero 2023]. DOI: <https://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.06>

MARÍA, A; et al. "Diversidad Biologica del Orden Orthoptera (clase insecta) registrada en la Colección Entomológica". *Investigación y Ciencia*, 14 (1). pp. 25-30.

MARTÍNEZ, J; et al. "Caracterización de isópodos terrestres (Crustacea: Isopoda) y su impacto en cultivos hortícolas de Boyacá". *Revista de Ciencias Agrícolas* [En línea], 2014, 31 (1), pp. 55. [Consulta: 17 febrero 2023]. ISSN 0120-0135. DOI 10.22267/rcia.143101.42

MELIC, A. "Introducción a la Clase Diplopoda Órdenes Polyxenida, Polyzoniida, Platydesmida y Siphonocryptida". *Revista IDE@-SEA*, 23 (2015), pp. 1-18.

MENDOZA AGUIRRE, Zhofre. Guía de Metodos para medir la Biodiversidad (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [En línea] Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y Recursos Naturales Renovables, Carrera de Ingeniería Forestal. 2013. pp. 37-40. [Consulta: 3 febrero 2023]. Disponible en: <https://zhofreaguirre.files.wordpress.com/2012/03/guia-para-medir-la-biodiversidad-octubre-7-2011.pdf>

MENDOZA, R; & ESPINOZA, A. *Guía Técnica para muestreo de suelos* [En línea]. Universidad Nacional Agraria: 2017, pp. 1-56. [Consulta: 10 enero 2023]. Disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/3613/1/P33M539.pdf>

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. *Mesa Técnica de Pitahaya se reúne en Morona Santiago y fija compromisos* [Página Web], 2019. [Consulta: 13 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.agricultura.gob.ec/mesa-tecnica-de-pitahaya-se-reune-en-morona-santiago-y-fija-compromisos/>

MINISTERIO DE TURISMO. *Palora el Edén de la Amazonía apuesta por el agroturismo* [Página web]. 2020. [Consulta: 24 septiembre 2022]. Disponible en: <https://www.turismo.gob.ec/palora-el-eden-de-la-amazonia-apuesta-por-el-agroturismo/>

MINISTERIO DEL TURISMO. Cantón Palora: el Edén de la Amazonía [Página web]. 2013. [Consulta: 24 septiembre 2022]. Disponible en: <https://www.turismo.gob.ec/canton-palora-el-eden-de-la-amazonia/>

MIXQUITITLA CASBIS, G; & VILLEGAS TORRES, Ó. G. Importancia de los fosfatos y fosfitos en la nutrición de cultivos. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 2, 3 (2016), pp. 56.

MONTATIXE SÁNCHEZ, C. I; & ECHE ENRIQUEZ, M.D. Degradación del suelo y desarrollo económico en la agricultura familiar de la parroquia Emilio María Terán, Píllaro, *Siembra* [En línea], 2021, 8 (1), pp. 3. [Consulta: 24 septiembre 2022]. ISSN 1390-8928. DOI 10.29166/siembra.v8i1.1735

MORA DONJUÁN, C. A; et al. "Evaluación de la biodiversidad y caracterización estructural de un Bosque de Encino (*Quercus L.*) en la Sierra Madre del Sur, México". *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* [En línea], 2017, 14 (35), pp. 70-71. [Consulta: 24 septiembre 2022]. DOI 10.18845/rfmk.v14i35.3154

MOREIRA, Fatima; et al. *Manual de biología de suelos tropicales. Muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo suelo. Instituto nacional de ecología.* pp. 88. [Consulta: 12 diciembre 2022]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=m-QMzBiP0YC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q=muestreo&f=false

MORENO, C. E. "Métodos para medir la biodiversidad". *Centro de Investigaciones Biológicas* [En línea], 2001, pp. 23-27. [Consulta: 24 septiembre 2022]. ISSN 1576-9526.

MUNERA, G; & MEZA, D. *El Fósforo Elemento Indispensable Para la Vida Vegetal. Manual* [en línea]. Universidad de Pereira: 2012, pp. 7. [Consulta: 04 febrero 2023]. Disponible en: http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/5248/el_fosforo_elemento.pdf

MUÑOZ INIESTRA, D. J; et al. "Relación entre la cobertura del terreno y la degradación física y biológica de un suelo aluvial en una región semiárida". *Terra Latinoamericana* [en línea], 2013, 31 (3), pp. 202. [Consulta: 16 agosto 2022]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792013000400201&lang=es

NAVARRETE SEGUEDA, A; et al. "Naturaleza y utilidad de los indicadores de calidad del suelo". *ContactoS* [en línea], 2011, 80, pp. 29-37. [Consulta: 25 octubre 2022]. Disponible en: <http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n80ne/suelo.pdf>

NISHIOKA, K; & HATTORI, N. "La calidad del suelo y sus indicadores". *Brain and Nerve*, (2013), 59(8), pp. 91. ISSN 00068969.

NOVILLO, I; et al. "Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de los Ríos, Ecuador". *Temas Agrarios*, 2018, 23 (2), pp. 178. ISSN 2389-9182.

OROZCO GIL, M; & DESALES LARA, M. A. "Las arañas (Arachnida: Araneae) del estado de Hidalgo, México: contribución al conocimiento de su biodiversidad". *Acta Zoológica Mexicana* [en línea], 2021. pp. 1-23. [Consulta: 25 octubre 2022]. ISSN 0065-1737. DOI 10.21829/azm.2021.3712362

ORTIZ SILLA, R. "Síntesis de la evolución del conocimiento en Edafología". *Eubacteria*, 2015. 34, pp. 59. ISSN 1697-0454.

OSORIO, N. W. "pH del suelo y disponibilidad de nutrientes". *Manejo Integral del Suelo y Nutrición Vegetal* [en línea], vol. 1, n° 4 (2012). pp. 1-4. [Consulta: 20 octubre 2022]. Disponible en: <http://www.walterosorio.net/web/sites/default/files/documentos/pdf/1>

OSORIO, R. R. "Mesofauna: definición y ejemplos Colémbolos Lombrices enquistadas". *Ecología Verde* [en línea], (2022), pp. 1. [Consulta: 22 septiembre 2022] Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/mesofauna-definicion-y-ejemplos-4120.html>

PAUCAR, B; et al. *Efecto del manejo de suelo sobre las poblaciones microbianas en suelos de la Sierra del Ecuador* [en línea], 2008, pp. 10. [Consulta: 02 enero 2023]. Disponible en: <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2504/4/iniapsc346e.pdf>

PEREIRA, C; et al. "Edafología". *Edafología 1* [en línea], 2011, vol. 1, pp. 49-50. [Consulta: 24 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf>

PORTAL DE SUELOS DE LA FAO. *La biodiversidad del suelo* [en línea], 2021. [Consulta: 13 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/soils-portal/soil-biodiversity/es/>

PRADO OESTE, J; et al. "Guía para el muestreo de suelos". *Minam* [en línea], 2014, pp. 25-42. [Consulta: 24 diciembre 2022]. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/07/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELO.pdf>

PRIETO, J; et al. "Indicadores e índices de calidad de los suelos (Ics) cebaderos del sur del Estado de Hidalgo, México". *Agronomía Mesoamericana* [en línea], vol. 24, n° 1 (2013) pp. 83-91. [Consulta: 20 octubre 2022]. Disponible en: http://www.mag.go.cr/rev_mesov24n01_083.pdf

QUEZADA, V; et al. "Propuesta de lineamientos normativos para el uso del suelo rural en el caso del cantón Palora – provincia de Morona Santiago". *Ciencia Digital* [en línea], vol. 5, n°1 (2021) pp. 114-132. [Consulta: 20 octubre 2022]. ISSN 2602-8085. DOI <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v5i1.1519>.

QUICHIMBO, P; et al. "Evaluación del Contenido de Humedad del Suelo por Gravimetría y Reflectometría". *ECUADOR ES CALIDAD: Revista Científica Ecuatoriana*, vol. 4, n° 1 (2016) pp. 1-6. ISSN 1390-9223. DOI [10.36331/revista.v4i1.25](https://doi.org/10.36331/revista.v4i1.25)

RAMÍREZ, W; et al. "Characterization of the edaphic macrofauna in intensive turfgrass production systems". *Pastos y Forrajes*, vol. 37, n° 2 (2014) pp. 158-165.

RAMOS VÁSQUEZ, E. & DÁVILA ZÚÑIGA, D. "Efecto De La Humedad, Temperatura Y Ph del Suelo en la Actividad Microbiana a Nivel de Laboratorio". *Ecología Aplicada*, vol. 7, n° 1-2 (2008), pp. 1-8. ISSN 2002-5474.

REYES PALOMINO, S. E. & CANO CCOA, D. M. "Efectos de la agricultura intensiva y el cambio climático sobre la biodiversidad". *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, vol. 24, n° 1 (2022) pp. 53-64. ISSN 23068582. DOI [10.18271/ria.2022.328](https://doi.org/10.18271/ria.2022.328)

RINCÓN CASTILLO, Álvaro. "Efecto del potasio sobre la producción y calidad de forraje de *Brachiaria decumbens* Stapf en el piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia". *Acta Agronómica*, vol. 60, n° 3 (2011) pp. 285-291. ISSN 0120-2812.

ROMERO, M; et al. "Bioingeniería y suelo: Abundancia microbiológica, pH y conductividad eléctrica bajo tres estratos de erosión". *Umbral Científico* [en línea], vol. 15, n° 1 (2009), pp. 67-

74. [Consulta: 23 agosto 2022]. ISSN 1692-3375. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/304/30415144008.pdf>.

RUBIO GUTIÉRREZ, A. M. La densidad aparente en suelos forestales del parque natural los alcornocales [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad De Sevilla, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola, 2010, pp. 17-87. [Consulta: 2023/02/02]. Disponible en: [https://digital.csic.es/bitstream/10261/57951/1/La densidad aparente en suelos forestales.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/57951/1/La%20densidad%20aparente%20en%20suelos%20forestales.pdf)

RUIZ, N; et al. Soil Macrofauna Field Manual [En línea] (Technical level). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 2008. pp. 23. [Consulta: 2022-08-24]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i0211e/i0211e00.pdf>

SADEGHIAN, S. "Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia". *Cenicafé*, vol. 32, n° 2 (2008) pp. 19-20.

SADEGHIAN, S. "La materia orgánica: componente esencial en la sostenibilidad de los agroecosistemas cafeteros". *Cenicafé*, (2010) pp. 8. DOI 10.38141/cenbook-0018

SÁNCHEZ, S; & HERNÁNDEZ, M. "Comportamiento de comunidades de lombrices de tierra en dos sistemas ganaderos". *Pastos y Forrajes*, vol. 34, n° 3 (2011) pp. 359-366. ISSN 0864-0394.

SÁNCHEZ, S; et al. "Efecto del sistema silvopastoril en la fertilidad Edáfica en unidades lecheras de la empresa Nazareno". *Pastos y Forrajes*, vol. 26, n° 2 (2003) pp. 131-136. ISSN 2078-8452.

SANS, F.X. "La diversidad de los agroecosistemas". *Ecosistemas* [en línea], vol. 16, n° 1 (2007) pp. 44-49. [Consulta: 23 agosto 2022]. Disponible en: <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=463>

SCHWEIZER, S. "Muestreo y análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad". *Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) Costa Rica* [En línea], (2011), pp. 7-19. [Consulta: 05 enero 2023]. ISSN 0033-3042. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/P33-9965.pdf>

SOLEDAD, A; & VICTORIA, M. "El nitrógeno del suelo y sus formas químicas". *Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuarias Bariloche* [en línea], 2022, pp. 36-40. [Consulta: 02 febrero 2023]. Disponible en: https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/12242/INTA_CRPatagonia_Norte_EEABariloche_Enriquez_AS_El_Nitrogeno_Del_Suelo_Y_Sus_Formas_Quimicas_2829.pdf?sequence=1&isAllowed=y

TOLEDO, M. Manejo de suelos ácidos de las zonas altas de honduras [en línea]. *Honduras*, 2016. [Consulta: 02 febrero 2023]. ISBN 9789292486631. Disponible en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0188461117300481?token=DFAF8CF6F2F3BB29F616A6180FA404057812F1AD922AD584AB56EC26FFBBF9C06002BA981A288F411E5CF1EF749CF62>

TOLRÁ HJORTH, M. C., 2015. "Clase Insecta". *Revista IDE@-SEA*, [en línea], 2015, vol. 63, pp. 1-22. [Consulta: 24 agosto 2023]. ISSN 2386-7183. Disponible en: www.sea-entomologia.org/IDE@

TULSMA. *Texto unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente. Libro VI Anexo 2. Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados.* Ministerio del Ambiente, Agua y Transición ecológica, (2017), pp. 18.

VALDEZ MARROQUÍN, C. G; et al. "Estructura y diversidad de la vegetación del matorral espinoso tamaulipeco con condiciones prístinas en el noreste de México". *Revista de Biología Tropical*, vol. 66, n° 4 (2018) pp. 1674-1682. ISSN 0034-7744. DOI 10.15517/rbt.v66i4.32135

VARGAS, Y; et al. "Fragilidad de los suelos en la Amazonía ecuatoriana y potenciales alternativas agroforestales para el manejo sostenible". *Agroforestería Sostenible Agroforestería Sostenible en la Amazonía Ecuatoriana*, n°2 (2018) pp. 61-68.

VILLASANTI, C; et al. *El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas*, (2013). ISBN 9789253077830.

VILLASEÑOR, D. Fundamentos y procedimientos para análisis físicos y morfológicos del suelo [en línea], (2016). [Consulta: 2022-10-23]. ISBN 9789942240828. Disponible en: [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10690/1/FUNDAMENTOS Y PROCEDIMIENTOS.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10690/1/FUNDAMENTOS_Y_PROCEDIMIENTOS.pdf)

VISTOSO GACITÚA, E; & MARTINEZ LAGOS, J. "¿Cómo diagnosticar la fertilidad del suelo?" Instituto de Investigaciones Agropecuarias [en línea], 2021, vol. 280, pp. 1-4. [Consulta: 20 septiembre 2022]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/cjdrowski/sintomas-visuales-falta-de-nutrientes>

WILSON, Marcelo. *Manual de indicadores de calidad del suelo para las ecorregiones de Argentina* [en línea]. Ediciones INTA: 2017. [Consulta: 25 septiembre 2022]. ISBN 9788578110796. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/manual_ics_final.pdf

ZAMBRANO ZAMBRANO, A. A. "Análisis Urkund". Universidad de las fuerzas armadas [en línea], (2021). [Consulta: 15 octubre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/25864/1/T-ESPESD-003121.pdf>

ZERBINO, S; & ALTIER, N. "La biodiversidad del suelo: su importancia para el funcionamiento de los ecosistemas". *Suplemento tecnológico - INIA Uruguay* [en línea], 2006, pp. 1-2. [Consulta: 12 agosto 2022]. Disponible en: http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/ara/ara_186.pdf

ZUMBADO, M. A; & AZOFEIFA, D. *Insectos de importancia agrícola* [en línea]. Guía Básica de Entomología, Costa Rica, Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO): 2018, pp. 133. [Consulta: 02 febrero 2023]. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/H10-10951.pdf>



ANEXOS

ANEXO A: AGROECOSISTEMAS DEL CANTÓN PALORA



FINCA- PITAHAYA



FINCA- CAFÉ



FINCA -TÉ

ANEXO B: MUESTREO DE SUELO Y MACROFAUNA

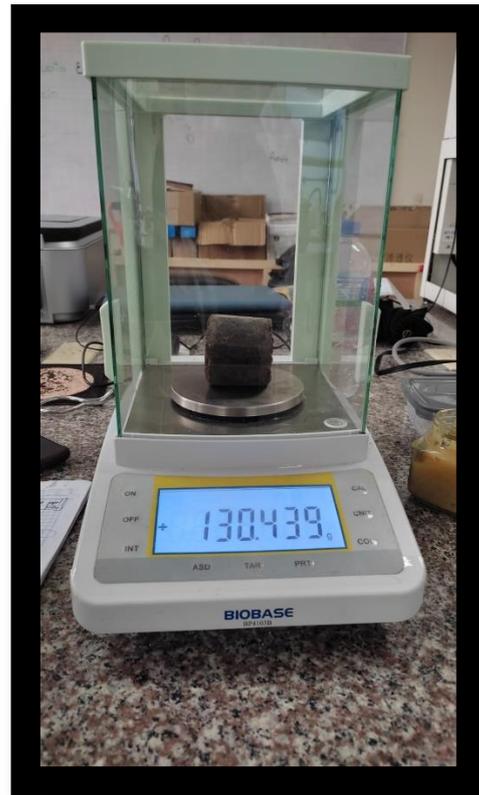
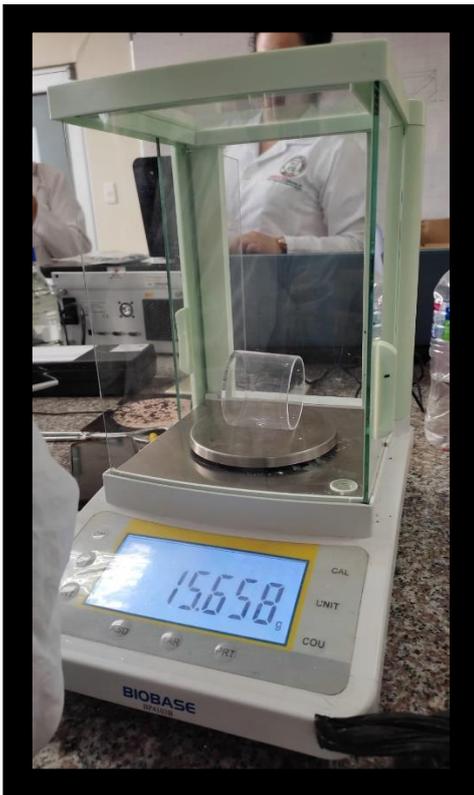


RECOLECCIÓN DE SUELO



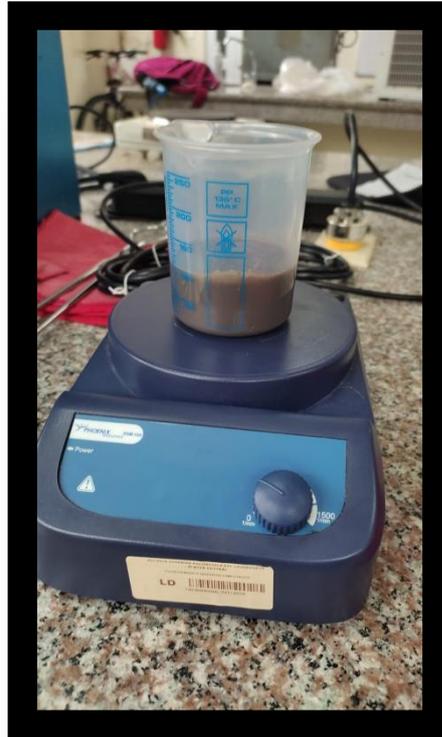
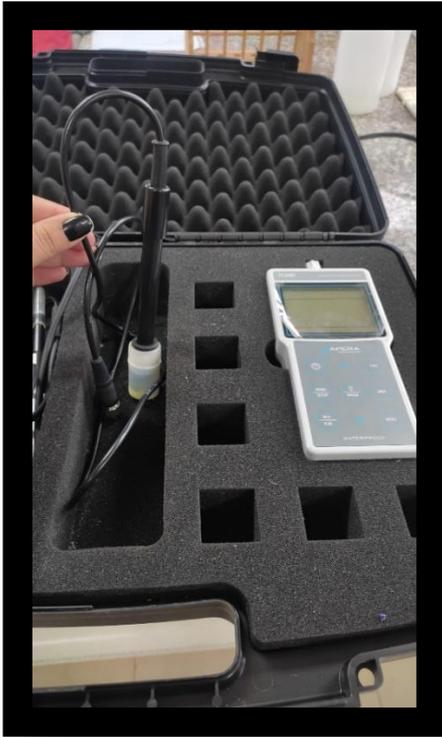
RECOLECCIÓN DE MACROFAUNA

ANEXO C: PRUEBAS DE LABORATORIO



DENSIDAD APARENTE





CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA



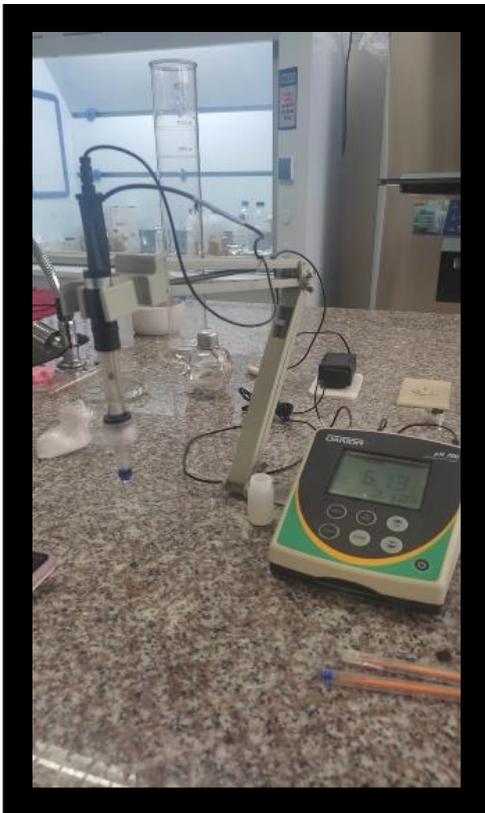


MATERIA ORGÁNICA Y HUMEDAD





TEXTURA



pH



MACROFAUNA EDÁFICA



esPOCH

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 11 / 07 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Luz María Estrella Juanacio
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Ambiental
Título a optar: Ingeniera Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

1264-DBRA-UPT-2023

