



*Macrofauna edáfica como indicador de calidad del suelo en tres agroecosistemas  
café, té y pitahaya del cantón Palora*

*Soil macrofauna as an indicator of soil quality in three coffee, tea and pitahaya  
agroecosystems in the Palora canton*

*Macrofauna edáfica como indicador de qualidade do solo em três  
agroecosistemas de café, chá e pitaia do cantão Palora*

Luz María Estrella-Juanacio <sup>I</sup>  
[lmestrella@hotmail.com](mailto:lmestrella@hotmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-4389-517X>

Ximena Rashell Cazorla-Vinueza <sup>II</sup>  
[ximena.cazorla@esPOCH.edu.ec](mailto:ximena.cazorla@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-1157-8900>

Jessica Paola Arcos-Logroño <sup>III</sup>  
[paola.arcos@esPOCH.edu.ec](mailto:paola.arcos@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-9462-2219>

Goering Octavio Zambrano-Cárdenas <sup>IV</sup>  
[goering.zambrano@esPOCH.edu.ec](mailto:goering.zambrano@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-6975-8539>

**Correspondencia:** [lmestrella@hotmail.com](mailto:lmestrella@hotmail.com)

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 15 de mayo de 2024 \* **Aceptado:** 20 de junio de 2024 \* **Publicado:** 31 de julio de 2024

- I. Investigador Independiente, Ecuador.
- II. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Morona Santiago, Ecuador.
- III. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Morona Santiago, Ecuador.
- IV. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Morona Santiago, Ecuador.

## Resumen

La macrofauna del suelo es un componente importante en la productividad de los agroecosistemas, ya que ayuda en la descomposición y mineralización de la materia orgánica. En este estudio, se determinó la macrofauna edáfica de tres agroecosistemas (café, té y pitahaya) en el cantón Palora, y se aplicó el índice de calidad del suelo mediante indicadores físicos, químicos y biológicos. La metodología utilizada para la recolección de muestras fue el muestreo aleatorio simple según lineamientos de (PRADO JAVIER, 2016.) En la identificación de los puntos se utilizó un GPSMAP 64sx-GARMIN, se tomaron 15 muestras de suelo de cada agroecosistema a 20 cm de profundidad para obtener muestras compuestas, la cuales es llevada al laboratorio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo sede Morona Santiago, donde se analizaron parámetros físico-químicos y biológicos. Los resultados indican que el índice de calidad del suelo para los agroecosistemas pitahaya se encuentra en la clase 2, lo que representa una alta calidad del suelo. En cambio, los agroecosistemas del café y té se encuentran en la clase 3, lo que representa una calidad moderada del suelo. En los análisis biológicos, se determinó una alta calidad de macrofauna presente en los tres agroecosistemas en base a la evaluación de los grupos funcionales (detritívoros/no detritívoro) y según el índice de diversidad de Simpson y Shannon. El agroecosistema del té es de diversidad media y en base a la densidad poblacional, el cultivo de pitahaya demuestra una alta densidad poblacional.

**Palabras clave:** suelo; macrofauna edáfica; agroecosistemas; calidad del suelo; índices de diversidad.

## Abstract

Soil macrofauna is an important component in the productivity of agroecosystems, as it helps in the decomposition and mineralization of organic matter. In this study, the soil macrofauna of three agroecosystems (coffee, tea and pitahaya) in the Palora canton was determined, and the soil quality index was applied using physical, chemical and biological indicators. The methodology used for the collection of samples was simple random sampling according to the guidelines of (PRADO JAVIER, 2016.) A GPSMAP 64sx-GARMIN was used to identify the points. 15 soil samples were taken from each agroecosystem at a depth of 20 cm to obtain composite samples, which were taken to the laboratory of the Polytechnic School of Chimborazo, Morona Santiago headquarters, where

physical-chemical and biological parameters were analyzed. The results indicate that the soil quality index for the pitahaya agroecosystems is in class 2, which represents a high soil quality. In contrast, the coffee and tea agroecosystems are in class 3, which represents a moderate soil quality. In the biological analyses, a high quality of macrofauna was determined in the three agroecosystems based on the evaluation of the functional groups (detritivores/non-detritivores) and according to the Simpson and Shannon diversity index. The tea agroecosystem is of medium diversity and based on the population density, the pitahaya crop shows a high population density.

**Keywords:** soil; soil macrofauna; agroecosystems; soil quality; diversity indices.

## Resumo

A macrofauna do solo é uma componente importante na produtividade dos agroecossistemas, pois auxilia na decomposição e mineralização da matéria orgânica. Neste estudo foi determinada a macrofauna edáfica de três agroecossistemas (café, chá e pitaia) do cantão Palora e aplicado o índice de qualidade do solo através de indicadores físicos, químicos e biológicos. A metodologia utilizada para a recolha de amostras foi a amostragem aleatória simples de acordo com as orientações de (PRADO JAVIER, 2016.) Foi utilizado um GPSMAP 64sx-GARMIN para identificar os pontos, foram retiradas 15 amostras de solo de cada agroecossistema a 20 cm de profundidade para obtenção composta amostras, que são levadas ao laboratório da Escola Superior Politécnica de Chimborazo, Morona Santiago, onde foram analisados parâmetros físico-químicos e biológicos. Os resultados indicam que o índice de qualidade do solo para os agroecossistemas de pitaia se encontra na classe 2, o que representa uma elevada qualidade do solo. Por outro lado, os agroecossistemas do café e do chá estão na classe 3, o que representa uma qualidade moderada do solo. Nas análises biológicas foi determinada uma elevada qualidade da macrofauna presente nos três agroecossistemas com base na avaliação dos grupos funcionais (detritívoros/não detritívoros) e de acordo com o índice de diversidade de Simpson e Shannon. O agroecossistema do chá é de média diversidade e com base na densidade populacional, o cultivo da pitaia demonstra uma elevada densidade populacional.

**Palavras-chave:** solo; macrofauna edáfica; agroecossistemas; qualidade do solo; índices de diversidade.

## Introducción

La macrofauna edáfica como indicador de calidad del suelo y fertilidad en los agroecosistemas desempeñan un papel importante en la productividad (Cabrera, 2012). 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 (Cotler et al., 2007). Por lo 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 & Eche, 2021). 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 (García et al., 2012).

La macrofauna edáfica interactúa con las diversas plantas y biotas del agroecosistema, aportando una serie de servicios fundamentales para la sostenibilidad del mismo (Orduz et al., 2021). Estos servicios son un recurso fundamental para la gestión sostenible de los sistemas agrícolas, ya que impulsan el ciclo de los nutrientes, regulan la dinámica de la materia orgánica, alteran la estructura física del suelo, aumentan la disponibilidad y accesibilidad de los nutrientes para la vegetación y mejoran la salud de las plantas (Cotler et al., 2007) (*Propiedades Físicas / Portal de Suelos de La FAO / Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura*, 2021). La macrofauna del suelo se ven influenciadas por los cambios físicos y químicos que el ser humano provoca en el suelo (Toledo et al., 2018).

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 et al., 2013). 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 (Rojas & Ibarra, 2003).

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 (Barrera et al., 2023) . 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 (Sotomayor et al., 2019). El desarrollo económico del cantón proporciona alimentos y oportunidades de empleo (Dieguez et al.,

2020). 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.

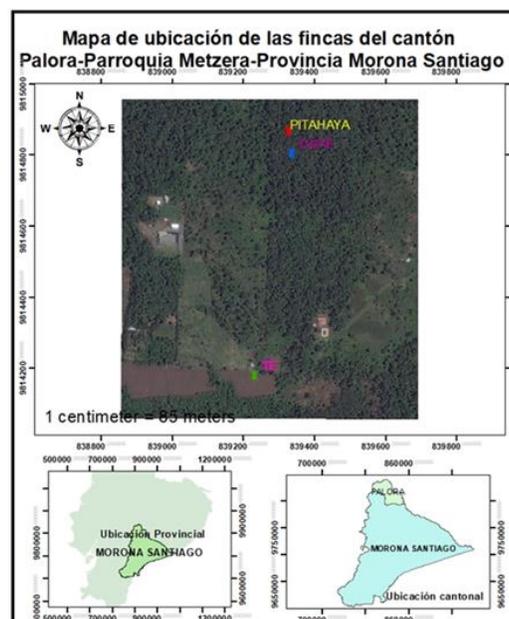
La investigación tiene como finalidad determinar la calidad del suelo con base a la macrofauna edáfica presente en los tres tipos de agroecosistemas como es la pitahaya, el té y el café en el cantón Palora mediante el análisis de parámetros físicos, químicos y biológicos. Se evaluará la riqueza, la diversidad, la abundancia y la composición funcional de la macrofauna del suelo en los agroecosistemas. Los diferentes grupos funcionales de la macrofauna 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., 2011).

## Métodos

### Área de muestreo

Este estudio se realizó en el cantón Palora, en el municipio de Palora (Metzera), que pertenece a la provincia de Morona Santiago. Con ArcMap Versión 10.5 se determinaron los puntos de muestreo de tres agroecosistemas y se creó un mapa de ubicación del área de investigación. El GPSMAP 64sx-GARMIN estudió los puntos de tres ecosistemas agrícolas.

*Ilustración 1: Área de los tres agroecosistemas del cantón Palora*



*Realizado por: (los autores, 2023)*

## Caracterización de las zonas de muestreo

*Tabla 1: Datos generales de las fincas*

N.º	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: (los autores, 2023)*

### Agroecosistemas estudiados

Se tomaron 15 muestras compuestas de suelo de tres hectáreas de terreno, en este caso se utilizó para las pruebas una hectárea de terreno de cada finca con los agroecosistemas correspondientes. Se tomaron 3 muestras de cada agroecosistema en el sector de Metzera (Palora). Cada muestra se recolectó de una hectárea del área de estudio, utilizando bolsas Ziploc de 1 kg para almacenamiento y recolección de cada muestra. al laboratorio para realizar los análisis pertinentes.

### Recolección de muestras de suelo

1. El área de estudio fue georreferenciada mediante el software ArcGis 10.5.
2. Para cada finca se determinaron 15 puntos representativos por hectárea mediante el dispositivo Garmin GPSMAP 64sx,
3. Para los análisis físico-químicos se tomaron muestras complejas de suelo a una profundidad de 20 cm mediante una barrena proporcionada por el laboratorio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en el sitio Macas.
4. Las muestras apropiadas se colocaron en bolsas de malla y se marcaron con un código apropiado para su posterior transporte al laboratorio.
5. Para recolectar muestras de macrofauna, los escombros se recolectaron y se colocaron en un saco, en el cual se cavó un hoyo de 25x25 y 20 cm de profundidad.
6. Al excavar basura y tierra, los organismos visibles se recogieron con pinzas.

7. Los insectos y artrópodos se embotellaron con alcohol al 70% y se etiquetaron para evitar confusión en la identificación. Una vez completada la colección de macrofauna, se coloca la tierra en la zanja.
8. Se recolectaron muestras de suelo y macrofauna en el laboratorio del Colegio Politécnico de Chimborazo, Macas para análisis físico-químicos y biológicos.

## **Determinaciones físicas, químicas y biológicas del suelo**

### **Métodos para determinar los parámetros físicos del suelo**

Para la realización de estos análisis se usó la metodología descrita en: (Bazán, 2017), (Cisneros, 2018), (Fernández Linares, 2006). En cuanto textura, se empleó el método de sedimentación. Para densidad aparente se utilizó el método cilíndrico, se determinó también la profundidad del suelo y finalmente la humedad mediante el método gravimétrico.

### **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, 2006). Se consideró el potencial de hidrógeno, conductividad eléctrica, materia orgánica en base a la diferencia de peso o calcinación, se determinó también el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio.

### **Métodos para determinar los parámetros biológicos del suelo**

Para identificar la macrofauna, las muestras se llevan al laboratorio con las etiquetas adecuadas y se determina la especie mediante un estetoscopio para la documentación fotográfica de la macrofauna. Para la determinación de la calidad del suelo en base a macrofauna se usó ecuaciones tomadas de (Cabrera 2014). Se tomaron en cuenta tres índices como son el de abundancia relativa, diversidad de Simpson y el índice de riqueza de Margalef y finalmente la densidad poblacional

### **Determinación del índice de calidad del suelo ICS**

Para evaluar la calidad del suelo se realiza el cálculo del ICS, que tiene en cuenta tres componentes esenciales como son la materia orgánica, el pH y la densidad aparente. Estos indicadores no deben

faltar en una evaluación de suelo, por lo que el autor o investigador también propone otros parámetros que sean necesarios para la investigación. Se determinaron valores máximos y mínimos para cada indicador seleccionado utilizando criterios teóricos (Wilson, 2017).

Una vez establecidos los valores máximo y mínimo, se realiza una normalización de estos indicadores para que cada uno de ellos tome valores de 0 a 1, representando el peor y mejor estado desde el punto de vista de la calidad ambiental de los suelos (Cantú et al., 2007).

**Tabla 2:** 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 <sup>3</sup>	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: (los autores, 2023)*

Los valores utilizados para encontrar valores normalizados se basan en valores máximos y mínimos, por lo que algunos parámetros se determinan usando criterios basados en la teoría y otros usando condiciones óptimas: se usa pH 6 para el valor máximo de pH, porque es el máximo. valor obtenido en análisis de laboratorio, mientras que el valor mínimo de pH se determina utilizando la tabla (6-2) y los resultados obtenidos en el laboratorio. En cuanto a la materia orgánica, se determina que el valor máximo es del 1,7% del valor medio obtenido en el análisis del suelo. El valor de cada parámetro se determina a partir de los valores obtenidos en el análisis del suelo y las condiciones óptimas correspondientes.

## Resultados y discusión

*Tabla 3: Parámetros físicos y químicos.*

INDICADOR	PITAHAYA				CAFÉ				TÉ			
	M1	M2	M3	Prom.	M1	M2	M3	Prom.	M1	M2	M3	Prom.
# muestra												
D. aparente (g/cm <sup>3</sup> )	0,074	0,09	0,1	<b>0,088</b>	0,080	0,078	0,078	<b>0,079</b>	0,088	0,082	0,076	<b>0,082</b>
Humedad (%)	0,992	0,932	0,847	<b>0,924</b>	1,016	0,932	1,192	<b>1,049</b>	0,963	0,978	1,121	<b>1,021</b>
pH	6	6	5,5	<b>5,833</b>	5,46	5,5	5,13	<b>5,363</b>	4,61	4,22	4,72	<b>4,517</b>
C.E (dS/m)	0,133	0,203	0,115	<b>0,151</b>	0,079	0,043	0,110	<b>0,077</b>	0,054	0,288	0,068	<b>0,136</b>
Materia Orgánica (%)	1,734	1,438	1,741	<b>1,638</b>	1,543	1,778	1,601	<b>1,641</b>	1,87	1,845	1,728	<b>1,814</b>
Nitrógeno (%)	0,587	0,678	0,456	<b>0,57</b>	0,984	0,983	0,546	<b>0,81</b>	0,485	0,396	0,532	<b>0,47</b>
Fósforo (mg/kg)	17,3	14,6	14,3	<b>15,4</b>	29,6	31,6	34,3	<b>31,833</b>	22,7	21,3	22,4	<b>22,133</b>
Potasio (mg/kg)	98,6	96,7	99,8	<b>98,367</b>	112,9	119,9	114,6	<b>115,8</b>	126,3	139,4	151,6	<b>139,1</b>

A continuación, se presentan los resultados de la macrofauna edáfica como bioindicador de los tres agroecosistemas en estudio: café, té y pitahaya, en cuanto a la **densidad aparente** del suelo en el estudio se obtiene un valor de 0,088 g/cm<sup>3</sup> para la pitahaya, 0,078 g/cm<sup>3</sup> para el café y 0,082 g/cm<sup>3</sup> para el té, evidenciando un suelo con buen drenaje y elongación de raíces con sistema aireados. Según (Gálvez-Cerón et al., 2016) en su investigación encontró que la densidad aparente se correlacionó de forma negativa con otras variables edáficas, como la biomasa microbiana, la

actividad enzimática y la estabilidad de agregados con resultados más bajos y óptimos, que indican una mejor calidad del suelo en las áreas de pastizal y forraje en lluvia y seca. Por otro lado también se establece que 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 y otros, 2015).

Los resultados para **pH** oscilan entre 4 y 6 entre los 3 tipos de suelo, lo que quiere decir que son suelos ácidos según la tabla de rangos de pH: acidez y alcalinidad. (TULSMA, 2017), según (Lang et al., 2010) en su investigación en el suelo de los agroecosistemas de mango y caña de azúcar obtuvo un valor de pH que varió de 6,5 y 6,6 por lo que menciona es un factor crítico que influye en la disponibilidad de nutrientes para las plantas y en la actividad microbiana del suelo. Por lo tanto, mantener un pH adecuado es esencial para la salud del suelo y el crecimiento de los cultivos. La **conductividad eléctrica** del suelo es un indicador de la concentración de sales disueltas, lo que influye en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, para los tres agroecosistemas de cultivo de pitahaya, café y té, se obtuvieron valores menores a los 2dS/m, en la investigación realizada por (Lang et al., 2010) los resultados de la conductividad eléctrica del suelo de mango y caña de azúcar varió entre 0,32 y 0,36 dS/m es decir son suelos no salinos, según (Gallart, 2017) este tipo de suelos se consideran aptos para la fertilización y crecimiento favorable de las plantas,

La materia orgánica del suelo es un componente crítico para la salud del suelo, ya que influye en la estructura del suelo, la retención de agua y nutrientes, y la actividad microbiana, en la presente investigación se tienen valores de 1,6 a 1,8 % en los suelos de pitahaya, café y té, según (Julca-Otiniano et al., 2006) menciona que el nivel deseable de materia orgánica en los suelos arcillosos medios es del 2%, perdiendo descender a 1,65% en suelos pesados y llegar a un 2,5% en los arenosos, (Sadeghian, 2010) considera que 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 misma.

(Lang et al., 2010) en su estudio establece que la materia orgánica del suelo varió entre 2,98% y 3,98% en los diferentes agroecosistemas, siendo el agroecosistema de mango el que presentó el mayor contenido de materia orgánica encontrando una correlación positiva entre la riqueza de invertebrados y la materia orgánica del horizonte A del suelo. Para (Hernández-Vigo et al., 2018) fue importante considerar la influencia de la materia orgánica en la actividad de la biota edáfica, así como el papel en la descomposición y el reciclaje de nutrientes.

Para los resultado de NPK realizado dentro de la investigación en la tabla 3, muestran que en el cultivo de café existe mayor cantidad de nitrógeno con valor de 0,81% lo cual resulta beneficioso, seguido de la pitahaya con 0,57% y el café con 0,47%, según (Villasanti et al., 2013) establece que la plantas con una deficiencia de nitrógeno presentan un crecimiento retrasado, mientras si los niveles de nitrógeno son altos, puede ocurrir un desequilibrio entre el área de las hojas y las raíces. Si esto sucede, la mayor área foliar provocará un aumento de la transpiración que provocará que la planta entre en estrés hídrico, aunque tenga buena disponibilidad de agua causando la podredumbre. Para el fósforo se obtuvo en un rango promedio entre 15 y 31 mg/kg mismos que según la tabla 3 de niveles críticos de fósforo propuesta por el autor (Siles, 2015) califican como nivel medio de fósforo disponible en el suelo de los 3 cultivos, por lo que este nutriente tiene un comportamiento típico en el suelo, con diversos grados de disponibilidad para las plantas (Gueçaimburu et al., 2019). En el caso del potasio los valores obtenidos corresponden en el rango de 98 mg/kg hasta 139 mg/kg, lo que significa que todos los agroecosistemas mantienen grandes reservas de dicho complemento, no obstante, el exceso de el mismo podría evitar que la planta Absorba otros nutrientes (Altieri,2002).

## Índice de calidad del suelo

*Tabla 4: Índice de calidad del suelo*

ICS			
Indicador	Pitahaya	Café	Té
ICS	Alta calidad	Moderada calidad	Moderada calidad

*Realizado por: (los autores, 2023)*

Se establece una clasificación para determinar la clase en que se encuentra ubicado el suelo según el índice de calidad (Benintende et al., 2017), para la presente investigación el suelo que presenta mejor calidad es el de cultivo de pitahaya con un rango 0,60-0,79 perteneciente a la clase 2, mientras que para los cultivos de té y café se encuentran dentro de la clase 3 (moderada calidad).

## Indicadores de calidad del suelo de cada parámetro

*Tabla 5: Rangos obtenidos de calidad del suelo en base a los límites permisibles*

Indicador	Pitahaya	Café	Té
ICS (0-1)	0,80-1,00	0,60-0,79	0,40-0,59

	<b>Muy alta calidad</b>	<b>Alta calidad</b>	<b>Moderada calidad</b>
--	-------------------------	---------------------	-------------------------

*Realizado por: (los autores, 2023)*

## Parámetros biológicos

*Tabla 6: Macrofauna edáfica*

Total de macrofauna	Pitahaya		Café		Té	
	Organismo	# Ind	Organismos	# Ind	Organismo	# Ind
<b>Total de detritívoros</b>	10	514	10	282	6	164
<b>Total de omnívoros</b>	1	16	1	40	1	18
<b>Total de herbívoros</b>	3	29	3	22	0	0
<b>Total depredadores</b>	3	31	3	24	2	6
<b>Total de Macrofauna (Densidad poblacional)</b>	<b>17</b>	<b>590</b>	<b>17</b>	<b>368</b>	<b>9</b>	<b>188</b>

*Realizado por: (los autores, 2023)*

Se registró abundancia en el ecosistema del cultivo de pitahaya con un total de 17 especies, 39 familias y 590 individuos de macrofauna edáfica, mientras que en el cultivo de café y té obtuvieron menor cantidad tanto de especies como de familias. Cabe destacar que, en cada uno de los agroecosistemas, existe gran cantidad de lombrices, según (Boschini-Figueroa et al., 2009) una buena cantidad de lombrices en es una contribución ecológica importante, especialmente al ser comparada la población por unidad de área contra otros cultivos como las hortalizas, el café y los cítricos, cuya población decrece desde un centenar hasta valores cercanos a cero.

*Tabla 7: 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: (los autores, 2023)*

Según (Cabrera-Dávila et al., 2017) establece que una vez aplicado la ecuación se obtienen resultados mayores a 1, quiere decir que el suelo es de alta calidad tanto para detritívoros/no detritívoros como para lombrices/hormigas. En la tabla se registraron los datos los tres agroecosistemas, obteniéndose valores mayores a 1.

**Tabla 8: Índices de diversidad**

Orden-Especie	Pitahaya			Café			Té		
	IAR	IDS	H'	IAR	IDS	H'	IAR	IDS	H'
<b>Haplotaxida</b>	38,64	0,851	-0,37	33,97	0,885	-0,367	57,45	0,671	-0,318
<b>Gastropoda</b>	7,63	0,994	-0,20	10,33	0,990	-0,234	1,06	0,999	-0,048
<b>Gastropoda</b>	1,86	1	-0,07	4,35	0,998	-0,136	0	0	0
<b>Isopoda</b>	3,73	0,999	-0,12	2,99	0,999	-0,105	6,38	0,996	-0,176
<b>Diplopoda</b>	1,53	1	-0,06	0,27	1	-0,016	0	0	0
<b>Dityoptera</b>	1,86	1	-0,07	1,90	1	-0,075	2,66	0,999	-0,096
<b>Coleóptera</b>	0,34	1	-0,02	0,27	1	-0,016	0,53	1	-0,028
<b>Dermáptera</b>	2,71	0,999	-0,10	3,26	0,999	-0,112	0	0	0
<b>Díptera</b>	0,34	1	-0,02	0,27	1	-0,016	0	0	0
<b>Isóptera</b>	28,47	0,919	-0,036	19,02	0,964	-0,316	19,15	0,964	-0,317
<b>Formycidae</b>	2,71	0,999	-0,10	10,87	0,988	-0,241	9,57	0,991	-0,225
<b>Hemiptera</b>	0,68	1	-0,03	1,63	1	-0,067	0	0	0

<b>Orthoptera</b>	2,37	0,999	-0,09	3,53	0,999	-0,118	0	0	0
<b>Lepidóptera</b>	1,86	1	-0,07	0,82	1	-0,039	0	0	0
<b>Araneae</b>	2,03	1	-0,08	2,72	0,999	-0,098	2,66	0,999	-0,096
<b>Opiliones</b>	0,68	1	-0,03	0,27	17,820	-0,016	0,53	1	-0,028
<b>Chilopoda</b>	2,54	0,999	-0,09	3,53		-0,118		0	
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>17,76</b>	<b>-(-1,9)</b>	<b>100</b>	<b>17,82</b>		<b>100</b>	<b>8,62</b>	<b>-(-1,332)</b>

*Realizado por: (los autores, 2023)*

**Tabla 9: Índice de riqueza**

	Pitahaya	café	Té
Margalef	2,51	2,71	1,53

*Realizado por: (los autores, 2023)*

El índice de abundancia relativa(IAR) se refiere al porcentaje de un organismo en la cual un 100% representa el número total de los organismos. En la tabla 8 se registró un porcentaje 33.57% para el orden Haplotaxida. La presencia de estas especies indica un alto nivel de descomposición de materia orgánica, indicando la presencia de detritívoros (Moreno, 2001). Por otra parte, el índice de diversidad de Simpson indica la riqueza de especies encontradas en los respectivos muestreos. Según (Machado et al., 2021), se establece que los usos de suelos influyen en la abundancia y composición de macrofauna por que los resultados obtenidos en la investigación se establece que presenta una calidad entre alta y media. Con el índice de Shannon, se mide la diversidad de especies distribuidas en el espacio, dentro de los resultados se obtuvo para el cultivo de café y pitahaya valores desde 1,36 hasta 3,5, lo cual indica que la diversidad de estos agroecosistemas es media, mientras que para el cultivo de té se obtuvo un índice bajo de diversidad según los datos comparados con la tabla de escala de interpretación del índice de Shannon-Wiener. Para el índice de riqueza (Índice de Margalef) se obtuvo como resultado que el agroecosistema del té se encuentra

con un valor de 1,53. Según (Mora-Donjuán et al., 2017) un valor menor a 2,00 refiere que presenta una baja riqueza de especies.

## Conclusiones

Este estudio resalta la importancia de la biodiversidad, especialmente la de la macrofauna como los escarabajos y las lombrices de tierra, en el mantenimiento de la salud y calidad del suelo en los agroecosistemas. La evaluación integral de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo demuestra la relación directa entre la biodiversidad y la calidad del suelo, evidenciando que una mayor abundancia y diversidad de macrofauna es indicativa de condiciones óptimas para el desarrollo agrícola. La alta calidad del suelo en el cultivo de pitahaya y la calidad moderada en los cultivos de café y té reflejan cómo las prácticas de manejo y la preservación de la biodiversidad pueden influir positivamente en la sostenibilidad y productividad de estos agroecosistemas.

## Referencias

1. Aguirre Mendoza, Z. (2013). GUIA DE METODOS PARA MEDIR LA BIODIVERSIDAD. Universidad Nacional de Loja, 37-40.
2. Antúnez, A., Felmer, S., Vidal, M., Morales, J., Fuentes, F., & Coz, E. (2015). Propiedades físico -hídricas del suelo en el cultivo del maíz grano. Boletín INIA Instituto de Investigaciones Agropecuarias(312).
3. Bazán, R. (2017). "Manual De Procedimientos De Los Análisis De Suelos Y Agua Con Fines De Riego". Ministerio de agricultura y riego. <https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/504/1/Bazan>
4. BOGADO, K. (2013). "Calidad del Suelo en diferentes Sistemas de Manejo utilizando algunos Indicadores Biologicos. <https://dspacecicco.conacyt.gov.py/jspui/bitstream/123456789/42728/1/Bogado-Feriolli-Calidad-del-suelo-en-diferentes-sistemas-de-manejo-utilizando-algunos-indicadores-biologicos.pdf>
5. Cabrera, G. (2014). "Manual Práctico sobre la Macrofauna Edáfica como Indicador Biológico de la Calidad del Suelo, según resultados en Cuba". The rufford. [en línea]. [www.rufford.org](http://www.rufford.org).

6. CABRERA, G., & al., e. (2011). "Composicion funcional de la macrofauna edafica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba. 34(3), 331-332. <https://doi.org/ISSN 0864-0394>.
7. Cantú, M. P., Becker, A., Bedano, J. C., & Hugo, S. (2014). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS MEDIANTE EL USO DE INDICADORES E ÍNDICES. ReserchGate, 5-6.
8. CARTES, G. (2013). "Degradacion de suelos agrícolas y el SIRSD - S". 1-6. Disponible en: [www.odepa.gob.cl](http://www.odepa.gob.cl).
9. Cisneros, R. (2018). Apuntes de la materia Riego y Drenaje. Universidad Autonoma de San Luis de Potosi, Facultad de Ingeniería. [.http://www.ingenieria.uaslp.mx/Documents/Apuntes/Riego y Drenaje.p](http://www.ingenieria.uaslp.mx/Documents/Apuntes/Riego y Drenaje.p)
10. DIEGUEZ SANTANA, K., & al., e. (2020). "Evaluación del impacto ambiental del cultivo de la pitahaya, Cantón Palora, Ecuador". 23(49), 113-128. <https://doi.org/DOI 10.22430/22565337.1621>.
11. FAO, & MADS. (2018). Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales.
12. FAO, M. (2013). EL MANEJO DEL SUELO EN LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS CON BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS.
13. Fernández Linares, L. C. (2006). Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación. Instituto Mexicano del Petróleo. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/CG008215.pdf>.
14. Gallart, F. (Noviembre de 2017). 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.
15. García Centeno, J. L. (2017). METODOLOGÍAS DE CAMPO PARA DETERMINAR PROFUNDIDAD, DENSIDAD APARENTE, MATERIA ORGANICA, INFILTRACIÓN DEL AGUA, TEXTURA Y pH EN EL SUELO. 9-10.
16. HELENA, C., & al., e. ( 2007). "La conservación de suelos: un asunto de interés público". Gaceta ecológica. vol. 83, pp. 5-71. . <https://doi.org/ISSN 1405-2849>.
17. IBÁÑEZ, J. (2007). "Funciones de los Organismos del Suelo: La biota Edáfica". <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/03/25/62254>

18. Lagos Burbano, T., Ballesteros-Possou, W., & Delgado-Gualmatan, W. (2020). Diversidad de la edafofauna de suelos cafeteros del sur de Colombia. *Temas agrrios*, 25(2), 117-128. <https://doi.org/10.21897/rta.v25i2.2439>
19. MONTATIXE SÁNCHEZ, C. &. (2021). "Degradación del suelo y desarrollo económico en la agricultura familiar de la parroquia Emilio María Terán, Píllaro". *Siembra*. 8(1), 3. <https://doi.org/10.29166/siembra.v8i1.1735>
20. Mora-Donjuán, C., Burbano.Vargas, O., Méndez Osorio, C., & Castro Rojas, D. (2017). 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*, 14(35), 68-75. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v14i35.3154>
21. MORENO, C. (2001). "Métodos para medir la biodiversidad". Centro de Investigaciones Biológicas. (vol. 1), pp. 23-27. . <https://doi.org/ISSN 1576-9526>
22. MUÑOZ INIESTRA, D., & al., e. (2013). "Relación entre la cobertura del terreno y la degradación física y biológica de un suelo aluvial en una región semiárida". 31(3). [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792013000400201&lang=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792013000400201&lang=es).
23. Prado Oeste, J., & al., e. (2014). "Guía para el muestreo de suelos". Minam [en línea]. <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/07/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELO.pdf>.
24. RAMÍREZ, W., & al., e. (s.f.). "Characterization of the edaphic macrofauna in intensive turfgrass production systems"*Pastos y Forrajes*. 37(2 2014), 158-165.
25. Sadeghian, S. (2010). La materia orgánica: componente esencial en la sostenibilidad de los agroecosistemas cafeteros. *Cenicafé*, 32, 19-20.
26. TULSMA. (2017). TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE.
27. TURISMO, M. D. (2020). "Palora el Edén de la Amazonía apuesta por el agroturismo". Retrieved 24 de septiembre de 2022, from <https://www.turismo.gob.ec/palora-el-eden-de-la-amazonia-apuesta-por-el-agroturismo/>
28. Villasanti, C. R. (2013). El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas. S.l.: s.n. <https://doi.org/ISBN 9789253077830>.

29. Zúñiga, D., & Ramos, E. (2008). EFECTO DE LA HUMEDAD, TEMPERATURA Y PH DEL SUELO EN LA ACTIVIDAD MICROBIANA A NIVEL DE LABORATORIO. *Ecología aplicada*, 7(1-2), 1-8.

© 2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).