

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE
SUELOS Y AGUA



MACROFAUNA EN SUELOS CON *Coffea arabica* L. “CAFE” DISTRITO DE
MOYOBAMBA - PROVINCIA MOYOBAMBA

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

PRESENTADO POR:

KEYS EMERSON VALDEZ AREVALO

Asesor:

Ing. M.Sc. JUAN PABLO, RENGIFO TRIGOZO

Tingo María – Perú

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE
SUELOS Y AGUA



MACROFAUNA EN SUELOS CON *Coffea arabica* L. “CAFÉ” DISTRITO DE
MOYOBAMBA - PROVINCIA MOYOBAMBA

Autor : Keys Emerson, VALDEZ AREVALO

Asesores (es) : Ing. M.Sc. Juan Pablo, RENGIFO TRIGOZO

Programa de investigación: Ciencias Básicas

Líneas de investigación : Biología y Microbiología del suelo

Eje de investigación : Indicadores físicos y químicos del suelo

Lugar de ejecución : CC.PP. Pueblo Libre - Moyobamba

Duración : 6 meses

Financiamiento : s/. 8,500

FEDU : No

Propio : Si

Otros : No

Tingo María – Perú

2021



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN OFICINA DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

REGISTRO DE TESIS PARA OBTENCIÓN DEL TÍTULO UNIVERSITARIO

I. DATOS GENERALES DE PREGRADO

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva

Facultad : Facultad de Recursos Naturales Renovables

Título de la Tesis : “MACROFAUNA EN SUELOS CON *Coffea arabica* L.
“CAFÉ” DISTRITO DE MOYOBAMBA - PROVINCIA
MOYOBAMBA”

Autor : Bach. Valdez Arevalo, Keys Emerson,

Asesor de Tesis : Ing. M.Sc. Rengifo Trigozo, Juan Pablo

Programa de Investigación : Ciencias Básicas

Línea de Investigación : Biología y Microbiología del suelo

Eje Temático de Investigación : Indicadores físicos y químicos del suelo

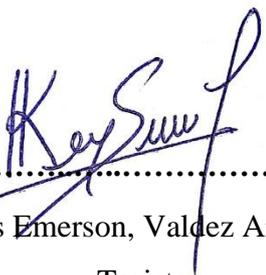
Lugar de Ejecución : CC.PP. Pueblo Libre - Moyobamba

Duración : Fecha de Inicio : abril 2019
Fecha de Término : junio 2019

Financiamiento : Propio

TINGO MARÍA – PERÚ

2022


.....
Keys Emerson, Valdez Arevalo
Tesista


.....
Ing. M.Sc. Juan Pablo, Rengifo Trigozo
Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 05 de agosto del 2021 a hora 10:00 a. m. a través de la Sala Virtual de Conferencias Microsoft Teams de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la Tesis titulada:

“MACROFAUNA EN SUELOS CON *coffea arabica* L. “CAFÉ” DISTRITO DE MOYOBAMBA – PROVINCIA MOYOBAMBA”

Presentado por el Bachiller: **VALDEZ AREVALO, Keys Emerson**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENO”**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 22 de Marzo de 2022


Dr. LUCIO MANRIQUE DE LARA SUAREZ
PRESIDENTE DEL JURADO


Ing. MSc. JAIME J. CHAVEZ MATIAS
MIEMBRO DEL JURADO


Ing. MSc. SANDRO JUNIOR RUIZ CASTRE
MIEMBRO DEL JURADO




Ing. MSc. JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO
ASESOR DE LA TESIS

DEDICATORIA

A mis padres, quienes me han apoyado incondicionalmente hasta llegar a estas instancias, pues su amor incondicional, su apoyo económico y moral me ha mantenido de pie hasta el último instante.

A mí, que he lidiado con duras batallas a lo largo de estos años y nunca desistí

A toda mi familia que siempre ha creído en mí, en especial a mi hermano Edgar quien sacrificó su bienestar a cambio del mío.

.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por abrir las puertas a este loco soñador.
- A mi madre, por todo su amor y comprensión.
- A mi padre, por su compromiso y responsabilidad.
- A mis amigos del Internado Británico, por todos los momentos compartidos.
- A los docentes, Dr. Lucio, Manrique De Lara Suárez, M.Sc. Sandro, Ruiz castre, M. Sc. Jaime, Chávez Matías, jurados de esta tesis de investigación.
- A mi asesor M.Sc. Juan Pablo, Rengifo Trigozo, por su tiempo, por sus enseñanzas, por su amistad.
- A mis docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables por sus enseñanzas.
- A mi compañera Norma Ines, Acha Alhuay, por todo el apoyo durante este tiempo.
- A mis amigos The Icardi club, por siempre estar conmigo en las buenas y las malas.
- A mis compañeros y amigos de clase por cada experiencia compartida.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo general.....	1
1.2. Objetivos específicos	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Antecedentes.....	3
2.2. El cultivo de café	3
2.2.1. Cultivo de café en el Perú	3
2.2.1.1. Características edafoclimáticas para el cultivo de café.....	4
2.3. Suelos.....	4
2.4. Fauna del suelo	4
2.4.1. Clasificación de la fauna del suelo.....	4
2.5. Inventario de la macrofauna edáfico.....	6
2.5.1. Recolecta por transecto lineal	6
2.5.2. Recolecta mediante trampas de caída o pitfall	6
2.6. Importancia de macrofauna en el suelo	8
2.6.1. Funciones importantes de los grupos de la macrofauna edáfica	8
2.7. Factores que afectan a la macrofauna de suelos	9
2.8. Densidad de macrofauna.....	9
2.9. Diversidad de especies.....	10
2.9.1. Cuantificación de la diversidad de especies	10

2.9.1.1. Índice de diversidad de Simpson (D).....	10
2.9.1.2. Índice de Equitatividad o uniformidad (E).....	11
2.9.1.3. Índice de diversidad Shannon-Wiener (H')	11
2.10. Factores que influyen en la densidad y diversidad de la fauna del suelo	12
III. MATERIALES Y METODOS.....	13
3.1. Lugar de ejecución.....	13
3.1.1. Ubicación política y geográfica.....	13
3.1.2. Características ambientales de la zona de estudio.....	13
3.2. Materiales y equipos	15
3.2.1. Materiales y herramientas	15
3.2.2. Equipos.....	15
3.2.3. Reactivos	15
3.3. Diseño estadístico	15
3.3.1. Unidad experimental	15
3.3.2. Tamaño de la muestra	16
3.4. Variables en investigación.....	16
3.5. Metodología.....	16
3.5.1. Determinar la macrofauna del suelo con café en diferentes edades de plantación	16
3.5.2. Cálculo de densidad y biomasa de macrofauna del suelo con café en diferentes edades de plantación	17
3.5.3. Calcular la diversidad de macrofauna del suelo con café en diferentes edades de plantación	17

3.5.4. Correlacionar la densidad y grupos taxonómicos de macrofauna con la edad de los cafetales	18
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
4.1. Macrofauna del suelo con café en diferentes edades de plantación.	19
4.2. Densidad y biomasa de la macrofauna en suelos con café en diferentes edades de plantación.	21
4.2.1. Diversidad de macrofauna en suelos con café en diferentes edades de plantación	25
4.3. Correlación de densidad y grupos taxonómicos de macrofauna en suelos con café en diferentes edades de plantación.	26
V. CONCLUSIONES.....	28
VI. RECOMENDACIONES.....	29
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30
ANEXO.....	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Ubicación con coordenadas UTM de la zona de estudio	13
2. Fisiografía de la cuenca Huascayacu	14
3. Macrofauna hallados en suelos con café en diferentes edades de plantación.....	20
4. Densidad en ind.m ² de macrofauna en suelos con café en diferentes edades de plantación.	21
5. Distribución vertical de la densidad de la macrofauna del suelo con café (ind.m ²) en diferentes profundidades	23
6. Densidad de los grupos funcionales macrofauna edáfica con café en diferentes edades de plantación.....	24
7. Diversidad de macrofauna en suelos con café en diferentes edades de plantación.	25
8. Análisis de varianza de la densidad de la macrofauna con respecto a los suelos con café en diferentes edades y profundidades.	26
9. Análisis de varianza de densidad de la macrofauna con respecto a los grupos taxonómicos.	27
10. Datos de densidad de la macrofauna edáfica en Ind/m ² en suelos con café de 1 año de plantación.	40
11. Datos de densidad de la macrofauna edáfica en Ind/m ² en suelos con café de 4 años de plantación.....	41
12. Datos de densidad de la macrofauna edáfica en Ind/m ² en suelos con café de 8 años de plantación.....	42
13. Datos de densidad de la macrofauna edáfica en Ind/m ² en suelos con café de 10 años de plantación.....	43
14. Datos de densidad de la macrofauna edáfica en Ind/m ² en suelos con café de 1, 4, 8 y 10 años de acuerdo a las profundidades del suelo.	44

15. Cantidad de Individuos y cálculo de la diversidad de la macrofauna edáfica en los suelos con café de 1 año.....	45
16. Cantidad de Individuos y cálculo de la diversidad de la macrofauna edáfica en los suelos con café de 4 años.	46
17. Cantidad de Individuos y cálculo de la diversidad de la macrofauna edáfica en los suelos con café de 8 años.	47
18. Cantidad de Individuos y cálculo de la diversidad de la macrofauna edáfica en los suelos con café de 10 años.	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Página
1. Mesofauna del suelo	5
2. Macrofauna del suelo.....	5
3. Modelo de trampa de caída.....	7
4. Modelo de muestreo para el inventario de la macrofauna edáfica mediante método estándar lineal y trampas de caída.	7
5. Variables de la investigación.....	16
6. Especies de macrofauna en suelos con café en diferentes edades de plantación.	19
7. Densidad en ind.m ² y biomasa en g/m ² de macrofauna en suelos con café en diferentes edades de plantación.....	22
8. Distribución vertical de la densidad de macrofauna en suelos con café en diferentes edades de plantación (%).....	23
9. Densidad de los grupos funcionales de la macrofauna edáfica con café de diferentes edades de plantación.....	24
10. Fabricación de un cuadrado de 25 x 25 cm de ancho y 30 cm de profundidad.....	34
11. Excavación del exterior de monolito para el muestreo.....	34
12. Recolección y de la macrofauna de suelo con café de 4 años de plantación.....	35
13. Colocación de la macrofauna en los envases de plástico.	35
14. Macrofauna encontrada de especie de arácnidos (araña)	36
15. Conteo de los individuos de la macrofauna encontrados.	36
16. Macrofauna edáfica encontrados en los suelos con café llevados para el pesado por muestras.....	37
17. Obtención de peso de las muestras de la macrofauna edáfica encontrada.	37
18. Suelos con café de un año de edad de plantación.....	38

19.	Suelos con café de 4 años de edad de plantación.	38
20.	Suelos con café de 8 años de edad de plantación.	39
21.	Suelos con café de 10 años de edad de plantación.	39

RESUMEN

La investigación se realizó en suelos con cultivo *Coffea arabica* L “café” de la variedad de Catimor y Caturra, ubicado en el CC.PP. Pueblo Libre, distrito Moyobamba, Provincia Moyobamba, departamento San Martín. Con el fin de determinar la macrofauna en suelos con cultivo de *Coffea arabica* L. “café” de diferentes edades de plantación. Para el muestreo de la macrofauna se ejecutó de acuerdo con el método estándar lineal del Programa Internacional sobre la Biología y Fertilidad del Suelo Tropical (TSBF) y posteriormente se determinó la densidad, biomasa, diversidad de macrofauna y la correlación de estos.

Se encontraron 10 órdenes en suelos de 1 año y 11 en suelos con café de 4, 8 y 10 años de plantación. Se obtuvo mayor densidad y biomasa en suelos de 10 años con 141 ind/m² y 37.67 g/m² y menor en suelos de 4 años con 55 ind/m² y 23.9 g./m² para ambos casos. Mayor diversidad de macrofauna fue en suelos con café de 4 años con 1.165 nats/ind y menor en los suelos con café de 8 años 0.959 nats/ind. Los suelos con café de 1 y 4 años fueron más homogéneos y con menor equidad, además presento mayor dominancia de macrofauna en suelos de 8 años y menor en suelos de 10 años de edad de plantación. La correlación de la densidad muestra una diferencia significativa con respecto a los suelos de café con diferentes edades de plantación y profundidades, así como también respecto a los grupos taxonómicos encontrados.

Palabras claves: Densidad, biomasa, diversidad, especies, edades

ABSTRACT

The research was carried out on soils with *Coffea arabica* L "coffee" cultivation of the Catimor and Caturra variety, located in the CC.PP. Pueblo Libre, Moyobamba district, Moyobamba Province, San Martín department. In order to determine the macrofauna in soils with cultivation of *Coffea arabica* L. "coffee" of different plantation ages. For the sampling of the macrofauna, it was carried out according to the linear standard method of the International Program on Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) and subsequently the density, biomass, diversity of macrofauna and their correlation were determined.

10 orders were found in soils of 1 year and 11 in soils with coffee of 4, 8 and 10 years of plantation. Higher density and biomass were obtained in 10-year soils with 141 ind/m² and 37.67 g/m² and lower in 4-year soils with 55 ind / m² and 23.9 g./m² for both cases. The greatest diversity of macrofauna was in soils with 4-year-old coffee with 1,165 nats / ind and lower in soils with 8-year-old coffee 0.959 nats / ind. The soils with 1 and 4-year-old coffee were more homogeneous and with less equity, in addition to presenting greater dominance of macrofauna in 8-year-old soils and lower in soils of 10 years of plantation age. The density correlation shows a significant difference with respect to coffee soils with different plantation ages and depths, as well as with respect to the taxonomic groups found.

Keywords: density, biomass, diversity, species, ages

I. INTRODUCCIÓN

La macrofauna edáfica son invertebrados con dimensiones de igual o mayor a 10 mm de longitud y 2 mm de ancho, que se pueden detectar a simple vista que habitan dentro del suelo o también sobre él (Fragoso et al., 2001). Constituye diferentes grupos funcionales entre los cuales tenemos a los ingenieros del suelo, los detritívoros, los herbívoros y los depredadores, que cumplen la función de regular los procesos edáficos, el funcionamiento y equilibrio del ecosistema (Cabrera et al., 2011a).

Respecto a su distribución depende de varios factores edafoclimáticos (Cabrera y López, 2018). Asimismo, se ven afectados de forma directa e indirectamente por los métodos de manejo en la producción agrícola y uso de pesticidas, fungicidas, insecticidas, plaguicidas, herbicidas y fertilizantes. (Correia y Oliveira, 2000).

La macrofauna edáfica es un factor de fertilidad, calidad y salud de los suelos de los cafetales ya que ayuda a la producción y calidad del café (Geissert et al., 2013). El Perú ocupa el 3% de producción de café, es el cultivo con mayor relevancia en la economía del país. Además, él es cultivo principal la selva peruana entre las principales regiones productoras de café son: Junín, Cajamarca y San Martín (Agrobanco, 2007). El distrito Moyobamba, el cultivo de café es el más sembrado y comercializado a nivel local.

Respecto a esto es importante mencionar a las limitaciones que existe sobre las especies de la macrofauna edáfica de los suelos de los cafetales y cómo influye las edades de cafetales desde su establecimientos y la profundidad del suelo la cual generan interrogantes como ¿Cuál será la densidad y diversidad de macrofauna presentes en suelos con *Coffea arabica* L. “café en el distrito Moyobamba- Provincia Moyobamba?; planteándose para ello la hipótesis Ha: los suelos con *Coffea arabica* L. “café” en el distrito Moyobamba – Provincia Moyobamba presenta mayor densidad y diversidad; Ho: los suelos con *Coffea arabica* L. “café” en el distrito de Moyobamba no presentan mayor densidad y diversidad. Formulándose para ello los siguientes objetivos:

1.1. Objetivo general

Determinar la macrofauna en suelos con *Coffea arabica* L. “café” distrito Moyobamba – provincia Moyobamba.

1.2. Objetivos específicos

- Clasificar la macrofauna del suelo con café en diferentes edades de plantación.

- Calcular la densidad y biomasa de macrofauna del suelo con café en diferentes edades de plantación.
- Calcular la diversidad de macrofauna del suelo con café en diferentes edades de plantación
- Correlacionar la densidad y grupos taxonómicos de macrofauna con las edades del café en diferentes edades de plantación.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

En la investigación realizada por Zabaleta y González (2018) en el distrito de Jepelacio de la provincia de Moyobamba, región San Martín, estudiada en 33 parcelas de café de los cafetaleros asociados en la Cooperativa Agraria Cafetalera Fe y Esperanza del Valle del Alto Mayo, y en 2 bosque secundarios (áreas de conservación aledaño a las fincas seleccionadas) y llego la conclusión que la macrofauna más frecuente lo constituyen los Formícidos, Isópthera, y oligochetas; con distribuciones aproximadamente normales; en menor frecuencia se presentaron Araneae, heteropthera, larvas de colepthera e isopthera, que también presentan una distribución casi normal en los suelos estudiados que la distribución de larvas de Araneas, larvas de Coleptheras, Heteropthera, , isopthera, oligochaeta y Dermanthera muestran una media casi simétrica y los demás grupos siguen una distribución asimétrica.

Huamán y Barón (2015) en su investigación realizada en el caserío San Vicente, distrito de Jepelacio, Moyobamba, San Martín en el año del 2014, el índices de biodiversidad de los sistemas productivos de café orgánico y convencional se tiene que el índice de riqueza específica representado por el número de taxas, para el café orgánico es de trece taxas dentro de los cuales se tiene: Hymenophera, Isópthera, Haplotaxida, Coleopthera, Dermánthera, Gastropoda, Julida, Lepidóptera, Hymenophera (Avispas), Díptera, Hemiptera, Araneae, Scolopendromorpha; y el café convencional presenta según el índice de riqueza específica diez taxas entre ellos tenemos a: Hymenophera, Coleopthera, Haplotaxida, Dermánthera, Araneae, Julida, Gastropoda, Isópthera, Orthoptera, Lepidóptera.

2.2. El cultivo de café

Es café es un cultivo permanente, la producción realiza alrededor de los 2 años, alcanza a su producción normal 2 a 3 años, además pueden seguir produciendo frutos de calidad hasta los 20 años, pero pasado de este la calidad y la producción disminuye (Agrobanco, 2007).

2.2.1. Cultivo de café en el Perú

Agrobanco (2007) menciona que, en el ámbito mundial del mercado, Perú ocupa el 3% de la producción de café, y es el cultivo con mayor relevancia en la economía del país. La actividad agrícola de la selva peruana el cultivo principal es la caficultura, donde podemos mencionar las principales regiones productores de cultivos de café son: Junín, Cajamarca y San

Martín. Además, los mayores rendimientos de producción de café se encuentran en las regiones de Amazonas, San Martín y Cajamarca y es un cultivo alternativo más importante frente a la coca.

2.2.1.1. Características edafoclimáticas para el cultivo de café

Las características climáticas según Agrobanco (2007) el cultivo de café requiere una altitud entre los 600 a 2700 m.s.n.m. y temperatura promedio de 20°C. a 25°C. Wintgens (2004) citado por Quintana (2018) menciona la precipitación anual varía entre los 1400 a 2000 mm para su desarrollo óptimo del cultivo y se desarrolla en los suelos aluviales y coluviales, con textura franco arenoso y franco arcilloso. El pH óptimo oscila entre 5 a 6, con materia orgánica > 4% (Valencia, 1999 citado por Quintana, 2018).

2.3. Suelos

Dokuchaev (1899) citado por Cabrera et al. (2017) es la formación de rocas que son modificados de manera natural por la acción del agua, aire y las distintas clases de organismos vivos y muertos.

2.4. Fauna del suelo

Comprende todos los organismos que habitan todo su ciclo de vida o temporalmente en el interior y superior del suelo, en hojarasca, troncos podridos y suelos suspendidos (Brown et al., 2001).

Además, para sobrevivir estos organismos en el suelo tienen que adaptarse a ambientes compactos, baja concentración de oxígeno, baja luminosidad, pocos espacios porosos, escasez de alimentos y la variación microclimáticas (Lavelle et al., 1992 citado por Brown et al., 2001).

2.4.1. Clasificación de la fauna del suelo

Fragoso et al. (2001) clasifica de acuerdo al tamaño adulto y su forma de vida las cuales se dividen en:

- **Microfauna del suelo:** Son invertebrados acuáticos con longitud menores a 0,2 mm y con diámetro de 0,1 mm, que se encuentran en el agua entre los fragmentos del suelo.
- **Mesofauna del suelo:** Comprende organismos con longitud de 4 mm y diámetro que oscila entre 0,2 a 2 mm. Su hábitat son las hojarasca y en el interior del suelo. En la Figura 1 se puede mostrar a algunos organismos que se encuentran en la clasificación de la mesofauna del suelo.



Figura 1. Mesofauna del suelo. Collembola: Symphypleona, Entomobryomorpha (A, B y C), Ácari: Mesostigmata, Cryptostigmata (D, E y F), Symphyla (G), Diplura (H) y Thysanoptera (I). Tomado de Diversidad biológica de Cuba: Fauna del suelo. Cabrera, et al. (2017).



Figura 2. Macrofauna del suelo. Chilopoda: Scolopendromorpha, Scutigeromorpha (A y B.), Haplontaxida (C), Gastropoda (D), Opiliones (E), Dictyoptera: Blattaria (F), Orthoptera (G) y Hemiptera: Heteróptera (H). Tomado de Diversidad biológica de Cuba: Fauna del suelo. Cabrera, et al. (2017).

- **Macrofauna del suelo:** Comprende a los invertebrados con dimensiones de igual o mayor de 10 mm de longitud y 2 mm de ancho que es visible al ojo humano y habitan en el interior del suelo o también sobre él (hojarasca).

2.5. Inventario de la macrofauna edáfica

2.5.1. Recolecta por transecto lineal

Según Anderson e Ingram (1993) citado por Cabrera et al. (2017) propusieron el método estándar lineal de acuerdo con el Programa Internacional sobre la Biología y Fertilidad del Suelo Tropical (TSBF) para el inventario de la macrofauna edáfica, el resumen de la metodología se describe a continuación:

1. Extracción de 8 a 10 monolitos de 25 x 25 x 30 cm de profundidad en cada área y distribuir cada 5 m metros de forma diagonal y a la alzar que consiste delimitar un cuadrante de 25 x 25 cm, una vez señalado cada monolito se comienza a cavar el suelo.
2. Se obtiene todo el contenido de suelo y se coloca dentro de bandejas o plástico de polietileno grande para cuantificar y recolectar manualmente toda la macrofauna que se pueden ver con la ayuda de pinzas y pinceles.
3. La macrofauna extraída se deposita en frascos de plástico con tapa que pueden ser pequeñas o medianas que deben contener formaldehído al 4% para conservar las lombrices de tierra y alcohol etílico al 70 – 75 % para preservar el resto de la macrofauna.
4. Cada frasco con la macrofauna debe estar identificado con una etiqueta, la cual debe contener ciertas informaciones como el número de monolito, lugar fecha y tipo de ecosistema.
5. Para el estudio de distribución vertical de la fauna edáfica, el monolito se separa y se recolecta por capas de 0 - 10, 10 – 20 y 20 - 30 cm. La hojarasca se puede incluir a la capa de 0 - 10 cm, o reconocer como estrato independiente.
6. El suelo extraído se deberá incorporar nuevamente en el cuadrante abierto.

2.5.2. Recolecta mediante trampas de caída o pitfall

Bignell et al. (2012) citado por Cabrera et al. (2017) son trampas de caída que son útiles y muy efectivas que se basa en envases profundos para la recolección de los invertebrados que viven en la hojarasca. En la Figura 3 se muestra el bosquejo de una trampa de caída.

En resumen, Cabrera, et al. (2017) muestra la metodología para la recolecta mediante trampas de caída que se describe a continuación:

- Se abre un hoyo en el suelo con apoyo de una pala, hasta que se puede enterrar el recipiente (vasos, botellas de plástico mediano, etc.) al tope de la superficie.

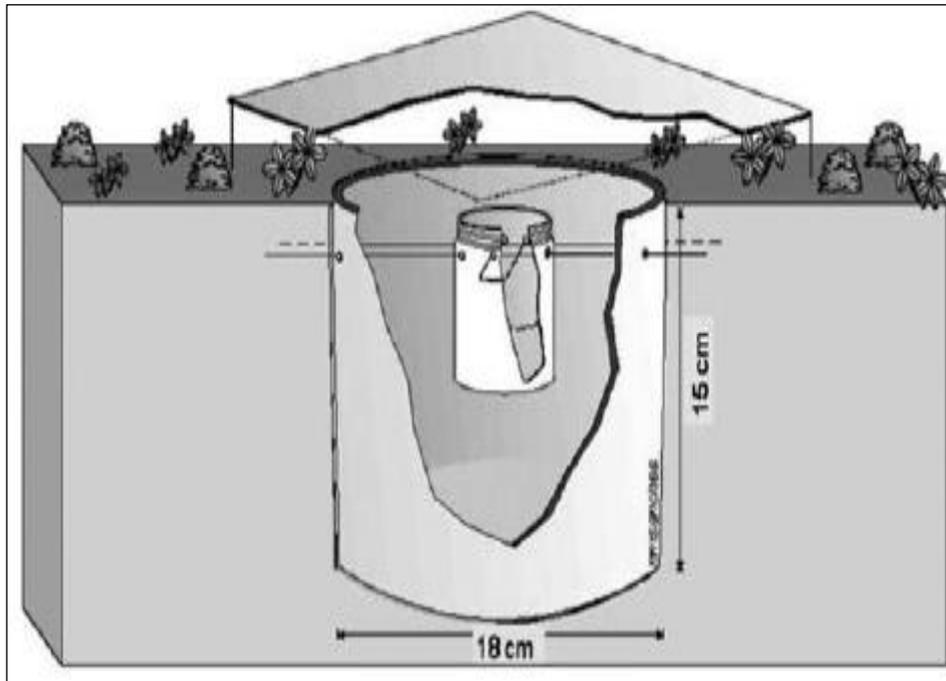


Figura 3. Modelo de trampa de caída. Tomado de Bignell et al. (2012) citado por Cabrera et al. (2017).

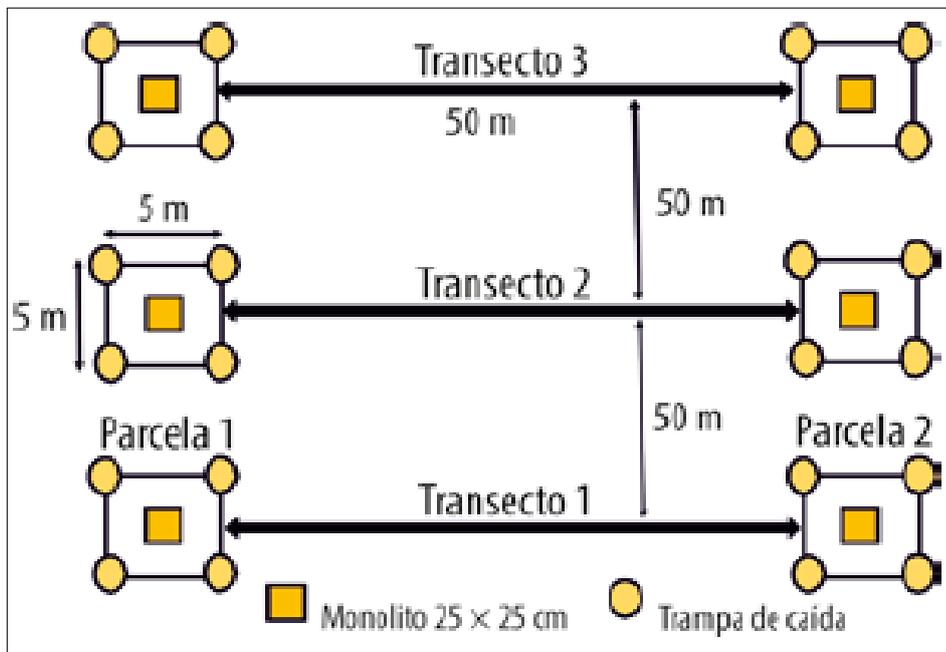


Figura 4. Modelo de muestreo para el inventario de la macrofauna edáfica mediante método estándar lineal y trampas de caída. Tomado de Diversidad biológica de Cuba: Fauna del suelo. Cabrera, et al. (2017).

- En el hoyo se coloca la trampa y los lados vacíos se rellena con tierra para mantener el mismo nivel que el borde de la trampa con la superficie del suelo. Si en caso el suelo cae en el interior de la trampa se extrae a mano.
- En el hoyo se coloca la trampa y los lados vacíos se rellena con tierra para mantener el mismo nivel que el borde de la trampa con la superficie del suelo. Si en caso el suelo cae en el interior de la trampa se extrae a mano.

2.6. Importancia de macrofauna en el suelo

La macrofauna edáfica es de vital importancia en la producción de ecosistema agrícola (agricultura, pastoril, forestal, etc.), estos invertebrados no solo pueden ser plagas o pueden influir a proliferar patógenos, estos invertebrados son capaces de perturbar el interior del suelo y la superficie del donde se desarrollan las plantas (Lavelle et al., 1994 citado por Brown et al., 2001). Además, Ruiz (2015) complementa que los invertebrados fracturan, trasladan, y combinan el suelo al edificar las galerías, nidos, sitios de alimentación y turrículos.

Geissert et al. (2013) indica que la biodiversidad y riqueza genética de los organismos del suelo mantienen el equilibrio biológico y contrarrestan el efecto nocivo de las plagas y de otros organismos malos.

La biodiversidad del suelo es un factor de fertilidad, calidad y salud de los suelos de los cafetales ya que ayuda a la producción y calidad del café ya que estos invertebrados cumplen ciertas funciones importantes como reutilizar los nutrientes, la captura de carbono, fijación de nitrógeno, regulación del ciclo de agua en el suelo, estructura del suelo y control de plagas (Geissert et al., 2013).

2.6.1. Funciones importantes de los grupos de la macrofauna edáfica

Según Cabrera et al. (2011a) señala que los grupos funcionales cumplen la función de regular los procesos edáficos, funcionamiento y el equilibrio del ecosistema, entre ellos se tiene los ingenieros del suelo, los detritívoros, los herbívoros y los depredadores.

- **Los ingenieros del suelo:** La función específica dentro del suelo es la modificación de las propiedades físicas, que favorecen la formación de agregados, la estructura, la circulación y retención del agua, además influye en el intercambio gaseoso. Dentro de este grupo se encuentran a los principales consumidores de la materia orgánica entre ellas tenemos al grupo de las lombrices de tierra (Haplotaxida), las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) y las termitas (Isóptera) (Lavelle, 2000, citado por Cabrera et al., 2011a).

- **Los detritívoros:** Se alimentan de las hojarascas por lo tanto ellos cooperan en la fragmentación y promueven al proceso de descomposición, aumentando la exposición para el ataque de la microflora. Dentro de este grupo encontramos al milpiés (Spirobolida, Polydesmida), cochinillas (Isópoda) y caracoles (Archaeogastropoda) (Lavelle, 1997, citado por Cabrera et al., 2011a).
- **Los herbívoros:** Se alimentan de material vegetal y animal vivo, originan riqueza y calidad de estos materiales en el suelo. Dentro de este grupo encontramos a los coleópteros (Coleoptera), hemípteros (Hemiptera) y otras de familias de insectos; Además se incluyen a los depredadores como los arácnidos (Araneae, Opiliones, Pseudoscorpionida) y ciempiés (Geophilomorpha, Scolopendromorpha), (Lavelle, 1997, citado por Cabrera et al., 2011a).

Dentro de la fauna edáfica con mayor relevancia están las lombrices por mayor densidad y biomasa, cumplen una función importante en la estructura del suelo, ya que sus galerías facilitan a la penetración de las raíces de las plantas y sus excrementos retienen agua y contiene nutrientes benéficos para las plantas. Así mismo la lombriz de tierra cumple un rol importante en la salud de los suelos disminuyendo la incidencia de patógenos del suelo (Ruiz, 2015).

2.7. Factores que afectan a la macrofauna de suelos

La distribución de la macrofauna depende de varios factores edafoclimáticos, entre ellos tenemos la precipitación, temperatura y humedad del suelo (Cabrera y López, 2018). Además, las actividades humanas (agricultura) pueden modificar las propiedades físicas y químicas, así también destruir las estructuras de las comunidades biológicas lo que provoca la reducción de actividades de la macrofauna edáfica que cumplen funciones importantes como la mineralización de la materia orgánica, la estabilidad de los agregados, porosidad y el ciclo de nutrientes (Souza et al., 2016). Como también menciona Cabrera et al. (2011 b) en áreas de explotación agropecuaria, la población de la macrofauna edáfica es muy escasas debido a las alteraciones causadas por intervención del hombre.

2.8. Densidad de macrofauna

Para el cálculo de la densidad en ind/m², para el muestreo se usa un cuadrado con medidas de 0.25 m x 0.25 m, que representa un área de 1/16 m². Los datos en cada el punto de muestreo se multiplica por 16 para estimar el número de individuos por metro cuadrado (Correia y Oliveira, 2000).

2.9. Diversidad de especies

Según Ñique (2010) señala que engloba la variabilidad de especies en una determinada área y tiene dos criterios:

- a) **Riqueza de especies:** Se refiere al número de especies existentes en un espacio determinado.
- b) **Heterogeneidad:** Se refiere a la riqueza de especies y la abundancia de cada especie en un ámbito determinado.

2.9.1. Cuantificación de la diversidad de especies

Ñique (2010) menciona para cuantificar la diversidad dentro de un hábitat involucra dos criterios: el más antiguo es el que se mide con la riqueza de especies dentro de un ámbito determinado y segundo criterio es la heterogeneidad que se refiere a la riqueza de especies y la abundancia.

2.9.1.1. Índice de diversidad de Simpson (D)

Según Ñique (2010) este índice cuantifica la probabilidad de dos individuos seleccionados aleatoriamente en una población que pertenezcan a una misma especie. Este índice es útil para el monitoreo ambiental por lo que miden la variación de las especies más abundantes por alguna alteración. La fórmula se muestra a continuación:

$$D = \sum_{i=1}^S (p_i^2) \quad (1)$$

Donde:

p_i = cantidad de individuos total de la muestra que pertenecen la especie ($p_i = n_i/N$)

n_i = abundancia de la especie i

N = Número total de individuos en toda la comunidad

Simpson mide la dominancia dentro de una comunidad, por lo tanto, se debe restar 1 para determinar la diversidad.

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S (p_i^2) \quad (2)$$

Según Simpson los valores de la diversidad se encuentran en un rango de 0 a 1, cuando se aproxima a 1 tiene mayor dominancia y si se acerca más al cero indica menor dominancia (Ñique, 2010).

2.9.1.2. Índice de Equitatividad o uniformidad (E)

Mide la cantidad de la diversidad observada en cada muestra con relación a la máxima diversidad esperada, se encuentra en rango de 0 a 1; la cual indica el 1 de que todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988, citado por Reyes y Torres, 2009). Cuya fórmula se expresa así:

$$E = J = \frac{H'}{\ln S} \quad (3)$$

Donde:

J = índice de equidad de Pielou

Ln = logaritmo natural

S = Riqueza de especies

2.9.1.3. Índice de diversidad Shannon-Wiener (H')

Según Ñique (2010) menciona, que es la medida del grado de certeza que existe para predecir la especie a la cual pertenece un individuo extraído aleatoriamente de la comunidad. La característica de este índice es la susceptibilidad a la variación de la abundancia de las especies raras; por lo tanto, es aplicable en los estudios de conservación de la fauna. La fórmula se muestra a continuación:

$$H' = \sum_{i=1}^S (p_i \log(p_i)) \quad (4)$$

Para el cálculo se puede utilizar diversos logaritmos: ln, log₁₀ y log₂.

$$H' = \sum_{i=1}^S (p_i \ln(p_i)) \quad (5)$$

Donde:

H' = Diversidad de especies

S = Número de especies

Pi = Cantidad de individuos total de las muestras que pertenecen la especie

ln = Logaritmo natural

Cuando se calculan la diversidad con diferentes logaritmos, los resultados de los datos se tienen con las siguientes unidades:

- ln: bels naturales /individuo ó nats/individuo
- log₁₀: decits/individuo
- log₂: bits/individuo (digito binario).

Los valores de este índice generalmente varían entre una escala de 1.5 a 3.5, en excepciones pueden llegar o puede sobrepasar al 4.5 (Ñique, 2010).

2.10. Factores que influyen en la densidad y diversidad de la fauna del suelo

Las prácticas de manejo utilizados en la producción agrícola pueden afectar directa e indirectamente a la fauna del suelo, que se refleja en su densidad y diversidad, los impactos directos es mecanizar el suelo (arado, compactación), y uso de pesticidas; los efectos indirectos son relacionados con la modificación de la estructura de su hábitad y los recursos alimentarios (Correia y Oliveira, 2000).

El uso de la cobertura es importante que reemplacen la basura original, siendo como un alimento y hábitad, favorece al aumento de la disponibilidad alimentos y existencia de nuevos hábitad, que contribuye a un aumento de la densidad y diversidad de la macrofauna del suelo (Takeda, 1995 citado por Correia y Oliveira, 2000). Además, el uso de las herbicidas tiene un efecto inhibitor sobre las poblaciones de fauna del suelo, lo que provoca la reducción de las densidades y diversidad al eliminar la cobertura, disminuye su hábitad; los insecticidas tienen efectos negativos tanto en la macrofauna y mesofauna (Wardle, 1995 y Gupta, 1994 citado por Correia y Oliveira, 2000).

Paoletti y col (1995) citado por Correia y Oliveira (2000) encontraron que la reducción de los escarabajos carábidos estaba relacionada con el uso de pesticidas. Respecto a la aplicación de fertilizantes inorgánicos pueden tener un efecto positivo en la fauna del suelo ya que promueve mayor biomasa vegetal y retorno de materia orgánica, pero algunos fertilizantes pueden ser tóxicos como por ejemplo los fertilizantes con amónico son venenos para la lombriz de tierra y los fertilizantes orgánicos tienen un efecto beneficioso sobre la fauna edáfica (Fraser, 1994., Kladvko y Timmenga, 1990, Edwards y Lofty 1982 b citado por Correia y Oliveira, 2000).

La quema de áreas con fines de siembra o cosecha tiene efectos negativos impactos drásticos en las poblaciones de fauna del suelo, ya que se elimina los alimentos, hábitad, eliminación de la fauna por completo, al sufrir eso, la recuperación es lenta (Correia y Oliveira, 2000).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación política y geográfica

El presente estudio se ejecutó en los predios con predominancia del cultivo de café variedad Catimor y Caturra (*Coffea arabica* L), en etapa de descanso en los meses de abril hasta junio del 2019, localizado en el centro poblado de Pueblo Libre, distrito Moyobamba. provincia Moyobamba, departamento San Martin.

Los observación y recolección de la macrofauna edáfica se ubicaron en los siguientes predios

Tabla 1. Ubicación con coordenadas UTM de la zona de estudio

Plantaciones de café	Edad de la plantación	Cultivos asociados (Sombra)	coordenadas UTM		Altitud (m.s.n.m)
			Este (m)	Norte (m)	
Predio de 2 has	1	Guaba, maíz	263127	9353171	884
Predio de 2 has	4	Árboles nativos y palto	265022	9353328	900
Predio de 3 has	8	árboles nativos y cítricos	265202	9353893	860
Predio de 1 Has	10	Etapa de poda y rebrote	265258	9353421	900

3.1.2. Características ambientales de la zona de estudio

a. Clima

Exhibe un clima múltiple húmedo a cálido en las planicies y lomadas, inclusive muy húmedo y templado frío en las montañas; presenta temperaturas promedio anuales de 25 °C y la precipitación media anual es de 3500 mm, con 80% de humedad relativa (Salazar, 2020).

b. Zona de vida

La zona de vida según sus características bioclimáticas de Holdridge, (1987), la zona de estudio pertenece a un tipo de bosque muy húmedo – Pre Montano Tropical (bmh- PMT).

c. Suelos

El CC. PP. Pueblo Libre se encuentra dentro de la cuenca Huascayacu, por lo tanto, la textura varía de franco a franco arcillo arenoso y arcilloso con pH (fuertemente ácidas a neutras), contenido de materia orgánica (alto a medio), nitrógeno (bajos a medios), fosforo y potasio (bajos a medios) y contenidos de calcio y magnesio son bajos (Salazar, 2020).

d. Manejo del cultivo de café

Según la entrevista a los propietarios de la parcela se realiza el manejo de las malezas de forma manual (macheteo) y de forma química (insecticidas). Para combatir las enfermedades del café como la roya y ojo de pollo se usa los fungicidas y por último para combatir la broca (Plaguicida).

e. Fisiografía

El centro poblado de Pueblo Libre, distrito Moyobamba presenta una fisiografía como se muestra en el Tabla 2:

Tabla 2. Fisiografía de la cuenca Huascayacu

Gran paisaje	Paisaje	Subpaisaje	Elemento de Paisaje	Áreas (ha)
Planicie	Aluvial	Terraza baja	Inundable	23550.26
			No inundable	974.35
		terrazza media	Plana	7518.11
			Ondulada	8229.25
		Terraza alta	Plana	490.02
			Ondulada	2689.82
Colinoso	Denudacional	Lomada	Lomada	11870.87
			Ligeramente disectada	2146.99
		Colina baja	Moderadamente disectada	290.68
			Ligeramente disectada	6977.9
		Colina alta	Moderadamente disectada	4791.92
Montañoso	Residual	Montaña Baja	Montaña Baja	17825.55
		Montaña Alta	Montaña Alta	1915.98
Área total				89271.7

Fuente: Clasificación de los suelos por su capacidad de uso mayor en la cuenca Huascayacu - provincia Moyobamba – San Martín – (Salazar, 2020).

f. Accesibilidad

La accesibilidad es por vía terrestre, Tingo María a Moyobamba está a una distancia de 597.5 km con tiempo de recorrido de 11 horas por la carretera es de tipo asfaltada y de Moyobamba – CC.PP. de Pueblo Libre esta una distancia de 58.5 km con tiempo recorrido de 1 hora, carretera de tipo Afirmado.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales y herramientas

Monolitos de madera con medidas de 0.25 m x 0,25 m, wincha de 5 m, palana recta, costales blancos, frascos vidrios pequeños, alfileres, jeringas y una lupa.

3.2.2. Equipos

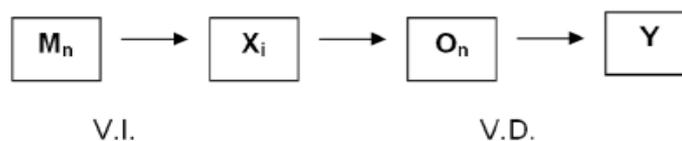
GPS marca (Etrex Garmin 62sc) y cámara fotográfica

3.2.3. Reactivos

Formol al 10 % y alcohol al 70%

3.3. Diseño estadístico

La investigación es descriptiva, porque indagó la incidencia de una o más variables en una población (Hernández et al., 2006).



Donde:

M₁: Muestras

n: varios grupos de investigación.

X_i : Variable independiente

O₁: Observaciones

Y : Variable dependiente.

3.3.1. Unidad experimental

Está compuesta por un monolito con las medidas 25 cm x 25 cm y 30 cm de profundidad, a la cual se determinaron las variables y fueron tabuladas.

3.3.2. Tamaño de la muestra

El tratamiento reúne diez repeticiones, y se determinaron los siguientes valores:

3 estratos de suelo	= 1 unidad experimental
10 monolitos por plantación	= 40 monolitos
Longitud del transecto	= 45 metros
Distancia entre monolitos	= 5 metros

3.4. Variables en investigación

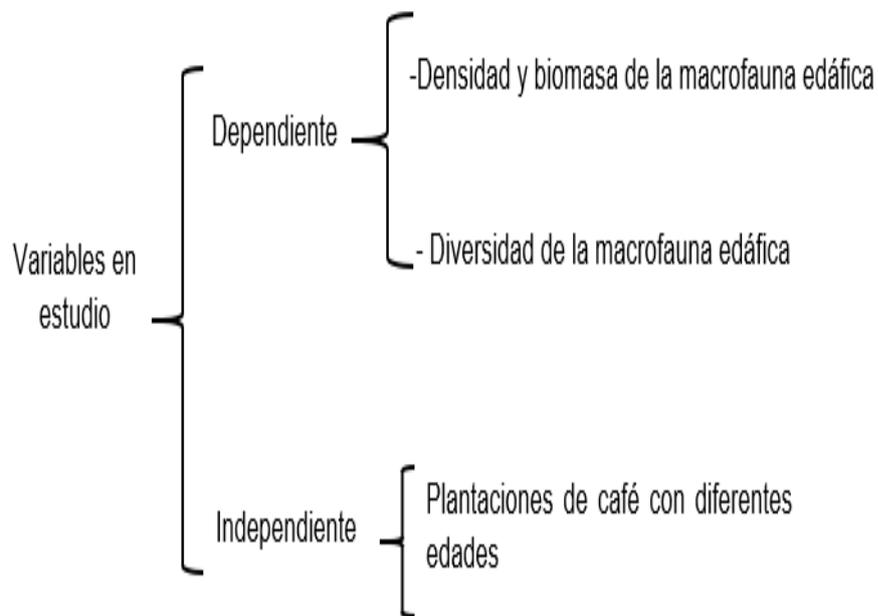


Figura 5. Variables de la investigación.

3.5. Metodología

3.5.1. Determinar la macrofauna del suelo con café en diferentes edades de plantación

- Inspección previa de la zona de estudio

Se llevó a cabo el reconocimiento al área en estudio y se coordinó con cada uno de los propietarios de los predios, para fijar la hora y la fecha para la realización del trabajo.

- Delimitación y georreferenciación de la zona de estudio

Se delimito la parcela de 50 m x 50 m en cada uno de los predios con plantaciones de café de edades 1,4,8 y 10 desde su establecimiento y debidamente georreferenciados.

- Muestreo de la macrofauna edáfica

Se ejecutó con la metodología recomendada por Anderson y Ingram, (1993) citado por Cabrera, et al. (2017); Se distribuyó 10 monolitos (marco de madera de 25 cm x 25 cm) cada 5 metros, en cada predio de las plantaciones de café de edades 1,4,8 y 10 desde su establecimiento. Se retiró el monolito con una pala recta fuera del marco con una profundidad de 30 cm. Se recolectaron la toda la macrofauna con profundidades de 0 -10, 10 - 20 y 20 – 30 cm, y se depositaron dentro de un frasco de vidrio con alcohol al 70% debidamente etiquetadas (lugar, edad de plantación de café, número de monolito y profundidad).

3.5.2. Cálculo de densidad y biomasa de macrofauna del suelo con café en diferentes edades de plantación

Se calculó la densidad en ind/m², para cada muestreo de utilizo un cuadrado de madera con dimensiones de 0.25 m x 0.25 m, que representa un área de 0.0625 m². Cada dato del punto de muestreo se multiplico por 16 para estimar el número de individuos por m² (Correia y Oliveira, 2000). Para el cálculo de la biomasa se pesó toda macrofauna encontrada en peso fresco por cada monolito que como resultado se obtendrá la biomasa en g. m².

3.5.3. Calcular la diversidad de macrofauna del suelo con café en diferentes edades de plantación

Para determinar la diversidad de la macrofauna edáfica se emplearon las siguientes formulas:

- Índice de Simpson (D)

Ñique (2010), la fórmula empleada es:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S (p_i^2) \quad (6)$$

Donde:

p_i = Cantidad de individuos total de la muestra que pertenecen la especie ($p_i = n_i/N$)

n_i = abundancia de la especie i

N = Número total de individuos

- Equidad de Pielou (E)

Fórmula empleada por Magurran (1987) citada por Reyes Y Torres (2009) determinada por:

$$E = J = \frac{H'}{\ln S} \quad (7)$$

Donde:

J = índice de equidad de Pielou

H' = índice de diversidad de Shannon - Wiener

Ln = logaritmo natural

S = Número de especies

- **Índice de Shannon-Wiener (H')**

Ñique (2010) la fórmula empleada es:

$$H' = \sum_{i=1}^S (p_i \ln (p_i)) \quad (8)$$

3.5.4. Correlacionar la densidad y grupos taxonómicos de macrofauna con la edad de los cafetales

Se realizó el análisis de correlación con las variables evaluadas de macrofauna edáfica con respecto a la densidad vs edad de la plantación de café y los grupos de taxonómicos vs edad de la plantación de café

- **Prueba de significancia**

Para el análisis de los valores obtenidos, se asumieron los datos como un diseño de completamente al azar, trabajando con un nivel de confianza al 95%.

El modelo de la ecuación lineal es:

$$j Y_{ijk} = \mu + S_j + E_k + \epsilon_{ijk} \quad (9)$$

Donde:

Y_{ij} = La observación en el k-ésimo repetición, de i-ésimo sistema, en el j-ésimo estrato.

μ = Media general

S_i = Es el i-ésimo sistema (suelos de cafetales con diferentes edades)

E_j = En el j-ésimo estrato (Profundidades)

ε_{ijk} = Error aleatorio de la observación, en el k-ésimo repetición del i-ésimo sistema y en el j-ésimo estrato.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Macrofauna del suelo con café en diferentes edades de plantación.

Se identificaron 11 órdenes o especies de macrofauna en los suelos con café de 1,4,8 y 10 años de plantación desde su establecimiento. 10 especies u órdenes de macrofauna en suelos con café de un 1 año, 11 en suelos con café de 4 años, 11 en suelos con café de 8 años y 11 especies en suelos con café de 10 años como se muestra en la Figura 6 y la Tabla 3.

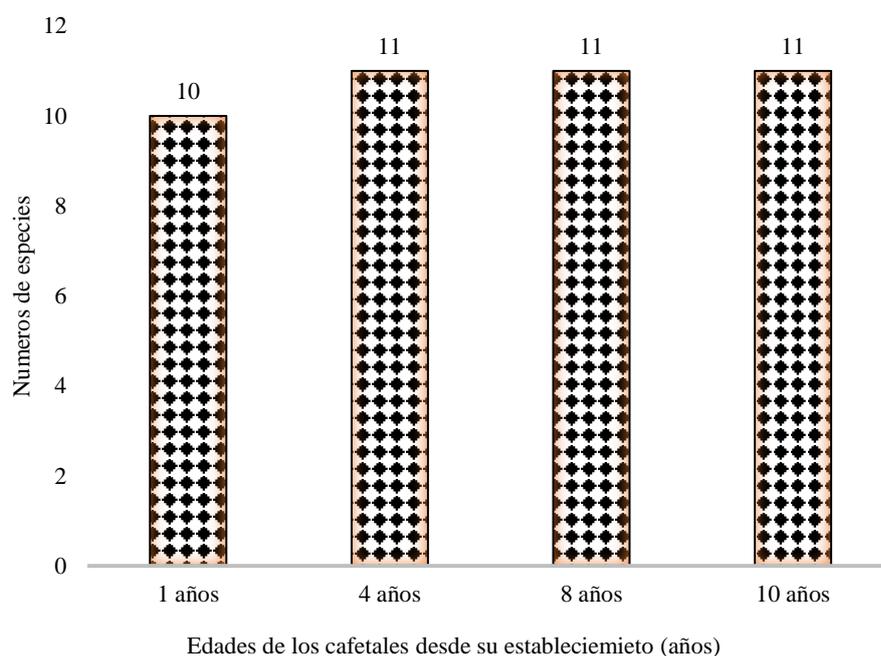


Figura 6. Especies de macrofauna en suelos con café en diferentes edades de plantación.

Mayor cantidad de especies de macrofauna se encontraron en los suelos con café con edades de 4, 8 y 10 años de plantación entre ellos tenemos los Haplotaxida (Lumbricidae - lombriz de tierra), Himenópteros (Formicidae – Hormiga), coleóptera (Scarabaeidae – escarabajo y torito), Araneae (Lycosidae - arañas), Arachnida (Scorpionidae – escorpión), Coleóptera (Scarabaeidae - torito), Dermáptera (Laviduridae - tijereta), Geophilomorpha (Chilópoda - ciempiés), Miliópoda (Diplopoda- milpiés), Ortópteros (Gryllidae - grillo) e Isópoda (Crustáceo- Chanchito) y la menor cantidad fue el suelo de cafetales de 1 año, entre ellos tenemos la macrofauna de especies de Haplotaxida (Lumbricidae - lombriz de tierra), Himenópteros (Formicidae - hormiga), coleóptera (Scarabaeidae - escarabajo), Araneae (Lycosidae - arañas), Arachnida (Scorpionidae - escorpión), Dermáptera (Laviduridae - tijereta), Geophilomorpha (Chilópoda - ciempiés), Miliópoda (Diplopoda- milpiés), Ortópteros (Gryllidae - grillo) e Isópoda (Crustáceo- Chanchito), como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Macrofauna hallados en suelos con café en diferentes edades de plantación.

N°	Orden	Familia	Nombre común	Edades de café (años)			
				1	4	8	10
1	Haplotaxida	Lumbricidae	Lombriz de tierra	40	26	41	49
2	Himenópteros	Formicidae	Hormiga	41	26	64	79
3	Coleóptera	Scarabaeidae	Escarabajo	2	2	7	2
4	Araneae	Lycosidae	Arañas	2	2	2	5
5	Arachnida	Scorpionidae	Escorpión	1	1	2	1
6	Coleóptera	Scarabaeidae	Torito	-	1	3	1
7	Dermáptera	Laviduridae	Tijereta	2	1	5	2
8	Geophilomorpha	Chilópoda	Ciempíes	1	1	1	2
9	Miliópoda	Diplopoda	Milpiés	1	1	2	1
10	Ortópteros	Gryllidae	Grillo	1	1	4	3
11	Isópoda	Crustáceo	Chanchito	1	2	2	2

Huamán y Barón (2015) encontraron en suelos con café (café orgánico) 13 taxas de las especies de macrofauna: Hymenophora, Isópthera, Haplotaxida, Coleopthera, Dermánthera, Gastropoda, Julida, Lepidóptera, Hymenophera (Avispas), Díptera, Hemyptera, Araneae, Scolopendromorpha; y en café convencional encontró 10 diez taxas entre ellos están: Hymenophora, Coleopthera, Haplotaxida, Dermánthera, Araneae, Julida, Gastropoda, Isópthera, Orthoptera, Lepidóptera. Mientras tanto en la investigación se identificaron un total de 10 especies u órdenes de macrofauna en suelos con café de un 1 año, 11 en suelos con café de 4 años, 11 en suelos con café de 8 años y 11 especies en suelos con café de 10 años, las especies más encontradas fueron Haplotaxida (Lumbricidae - lombriz de tierra), Himenópteros (hormiga), Ortópteros (grillo), Dermáptera (tijereta), coleóptera (escarabajo) y Araneae (arañas), menor cantidad fue Arachnida (escorpión), Coleóptera (torito), Geophilomorpha (ciempiés), Miliópoda (milpiés) e Isópoda (Chanchito). También Zabaleta y González (2018) en suelos con café se encontró la macrofauna más frecuente a los Formícidos, Isópthera y oligochetas y menor frecuencia Araneae, heteroptera, larvas de coleptera e isopthera.

Además, se encontraron al grupo que pertenecen a los ingenieros del suelo como: lombriz de tierra y hormigas en los suelos de cafetales de 1, 4, 8 y 10 años de plantación en mayor cantidad, ya que estos cumplen una función importante en la transformación de las propiedades físicas, la estructura, el circulación y retención del agua, además influye en el intercambio gaseoso (Lavelle, 2000, citado por Cabrera, et al., 2011a).

Asimismo, se encontraron los detritívoros, pero en menor cantidad como milpiés y chanchito que cooperan en la fragmentación y promueven al proceso de descomposición, aumentando la exposición para el ataque de la microflora (Lavelle, 1997, citado por Cabrera et al., 2011a). Y por último están los herbívoros encontrados fueron los grillos, tijereta, escarabajo, arañas, escorpión, torito y ciempiés que son encargados en consumir el material vegetal y animal vivo del suelo por lo tanto interviene en los niveles de la cadena, esto origina la riqueza y calidad de estos materiales en el suelo (Lavelle, 1997, citado por Cabrera et al., 2011a)

4.2. Densidad y biomasa de la macrofauna en suelos con café en diferentes edades de plantación.

- Densidad y biomasa

Los suelos con café de 10 años de plantación presentan mayor densidad con 141 ind.m², y biomasa de 37.67 g.m², seguido los suelos con café de 8 años con 125 ind.m², y biomasa de 36.19 g.m². Los suelos con café con menor densidad de individuos de macrofauna fueron los de 1 año con 88 ind.m² con una biomasa de 30.483 g.m² y por último los de 4 años con una densidad de 55 ind.m² y una biomasa de 23.9 g.m² (Tabla 4, Figura 7).

Estadísticamente la densidad de la macrofauna de suelos muestra poca variabilidad entre las edades de plantación de café. Mayor variabilidad de la macrofauna fue en los suelos con café de 4 años y el que tiene menor variabilidad en suelos de café de 8 años.

La variabilidad en la biomasa en peso fresco de la macrofauna muestra poca diferencia entre los suelos de 1,4,8 y 10 años de plantación de café. Presenta mayor variabilidad de biomasa en suelos de café 4 años y la mínima variabilidad presenta en suelos de café de 10 años como se puede ver en la Tabla 4.

Tabla 4. Densidad en ind.m² de macrofauna en suelos con café en diferentes edades de plantación.

Edad del cafetal (años)	Densidad (ind/m ²)		Biomasa g/m ²	
	Promedio	SD	Promedio	SD
1	88	27.281	30.483	6.0276
4	55	31.749	23.9	7.6659
8	125	16.045	36.19	4.5320
10	141	20.817	37.67	3.9665

La biomasa g.m² se refiere al peso fresco de la macrofauna en campo. SD: Desviación Estándar. Promedio: Promedio de la densidad de las 10 muestra obtenidas.

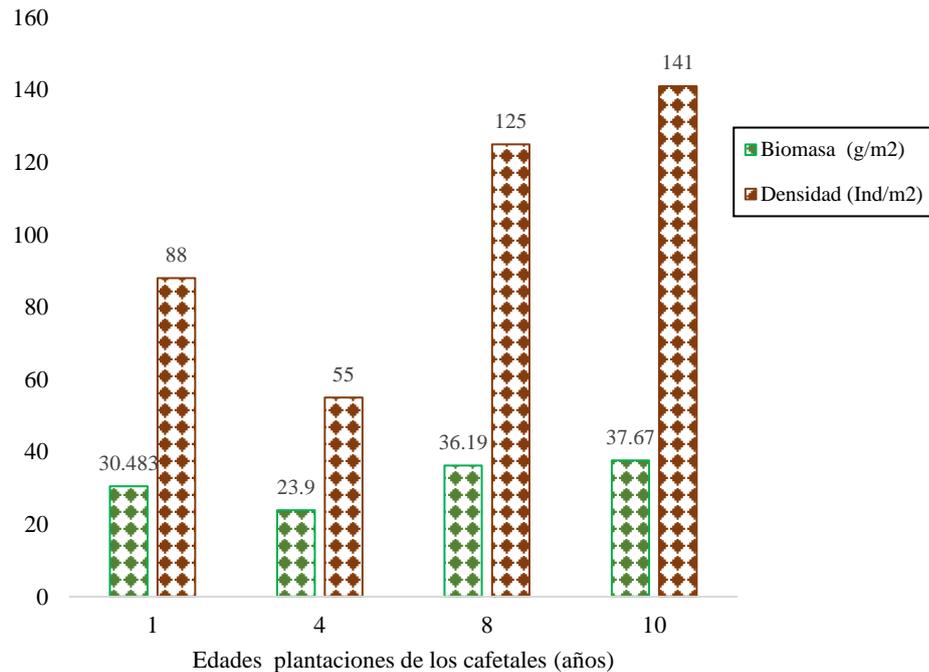


Figura 7. Densidad en ind.m² y biomasa en g/m² de macrofauna en suelos con café en diferentes edades de plantación.

- Distribución vertical de la densidad de la macrofauna edáfica.

Los suelos con café de 8 y 10 años desde el establecimiento presentaron mayor densidad de macrofauna en las profundidades de 0 - 10 cm (48 ind.m² y 59 ind.m²) y 10 -20 cm (43 ind.m² y 58 ind.m²), con respecto a los demás suelos con café de 1 y 4 años, mientras en los suelos con café de 4 años a una profundidad de 20 - 30 cm se reportó una baja densidad de macrofauna con 7 ind.m² (Tabla 5).

La densidad mayor de macrofauna edáfica se presentó a profundidades de 0 - 10 cm y 10 - 20 y menor densidad a profundidades de 20 - 30 cm en los diferentes suelos de cafetales de 1, 4, 8 y 10 años, esto debe que las primeras profundidades hay mayor disponibilidad de alimentos y por lo tanto hay mayor densidad, lo que influye es la cobertura vegetal que origina la basura que sirve de alimento y habitat, esto favorece al aumento de la disponibilidad alimentos y existencia de nuevos habitat, que contribuye a un aumento de la densidad y diversidad de la macrofauna edáfica (Takeda, 1995 citado por Correia y Oliveira, 2000). Los Grupos funcionales de la macrofauna edáfica en cafetales de 1, 4, 8 y 10 años presentan mayor densidad los Himenópteros (Hormiga) y Haplotaxida (Lombriz de tierra), menor densidad en individuos en Arachnida (escorpión), Geophilomorpha (ciempiés) y Miliópoda (milpiés), como menciona Ruiz (2015) dentro de la fauna edáfica con mayor relevancia están las lombrices ya que cumplen un importante papel estructural, facilitan la penetración de las raíces de las plantas

y sus excrementos retienen agua y contienen nutrientes importantes para el crecimiento de las plantas. Así mismo la lombriz de tierra indica la salud de los suelos.

En la Figura 8 se puede observar en los cuatro suelos con café de 1, 4, 8 y 10 años, se muestra mayores porcentajes de densidad de macrofauna en las primeras profundidades (0 - 10 cm) con porcentajes de 46%, 60%, 38% y 42%, Asimismo el menor porcentaje de individuos de macrofauna se encuentra en las últimas de profundidades de 20 - 30 cm, excepto en los suelos con café de 1 año, en este suelo el menor porcentaje se encuentra en profundidades de 20 - 30 cm con un porcentaje de 22%.

Tabla 5. Distribución vertical de la densidad de la macrofauna del suelo con café (ind.m²) en diferentes profundidades

Profundidad del suelo	Densidad en ind/m ² en suelos con café en diferentes edades			
	1 año	4 años	8 años	10 años
0 - 10 cm	41	33	48	59
10 - 20 cm	22	15	43	58
20 - 30 cm	26	7	35	24
Total (ind/m ²)	88	55	125	141

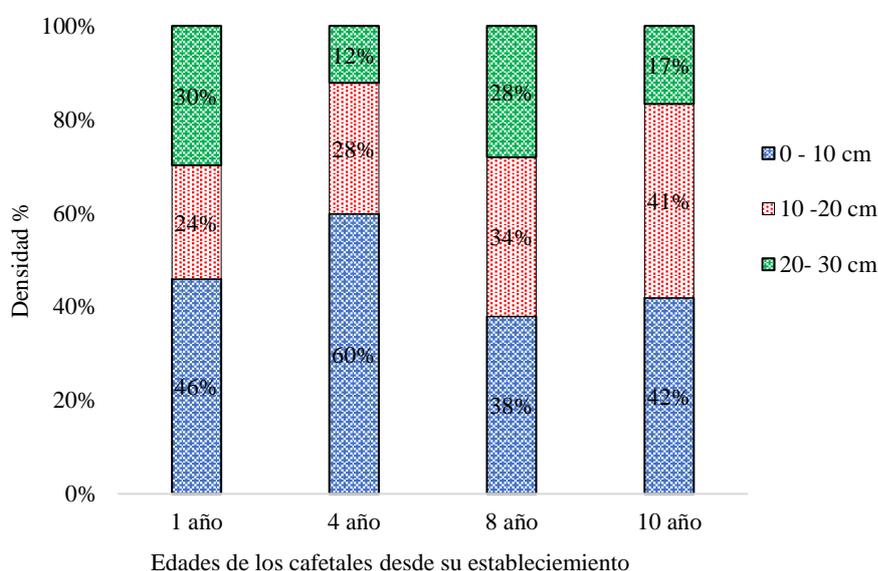


Figura 8. Distribución vertical de la densidad de macrofauna en suelos con café en diferentes edades de plantación (%)

- Densidad de los grupos funcionales de la macrofauna edáfica

En los suelos con café de 1, 4, 8 y 10 años de plantación predominan los Himenópteros (Hormiga) con una densidad de 41 ind. m², 26 ind.m², 41 ind.m² y 49 ind.m² y las Haplotaxida

(Lombriz de tierra) con 40 ind.m², 26 ind.m², 41 ind.m² y 49 ind.m². Asimismo, presenta escasez de individuos en Arachnida (escorpión) con una densidad de 1 ind.m², 1 ind.m², 2 ind.m² y 1 ind.m², Geophilomorpha (ciempiés) con 1 ind.m², 1 ind.m², 1 ind.m² y 2 ind.m², Miliópoda (milpiés) con 1 ind.m², 1 ind.m², 2 ind.m² y 2 ind.m²; como muestra en el Tabla 6 y Figura 9.

Tabla 6. Densidad de los grupos funcionales macrofauna edáfica con café en diferentes edades de plantación.

Orden	Familia	Nombre común	Edades (años)				Total, Ind/m ²
			1	4	8	10	
Haplotaxida	Lumbricidae	Lombriz de tierra	40	26	41	49	156
Himenópteros	Formicidae	Hormiga	41	26	64	79	209
Coleóptera	Scarabeidae	Escarabajo	2	2	7	2	13
Araneae	Lycosidae	Arañas	2	2	2	5	12
Arachnida	Scorpionidae	Escorpión	1	1	2	1	5
Coleóptera	Scarabaeidae	Torito	-	1	3	1	5
Dermáptera	Laviduridae	Tijereta	2	1	5	2	10
Geophilomorpha	Chilópoda	Ciempiés	1	1	1	2	5
Miliópoda	Diplopoda	Milpiés	1	1	2	1	5
Ortópteros	Gryllidae	Grillo	1	1	4	3	10
Isópoda	Crustáceo	Chanchito	1	2	2	2	7

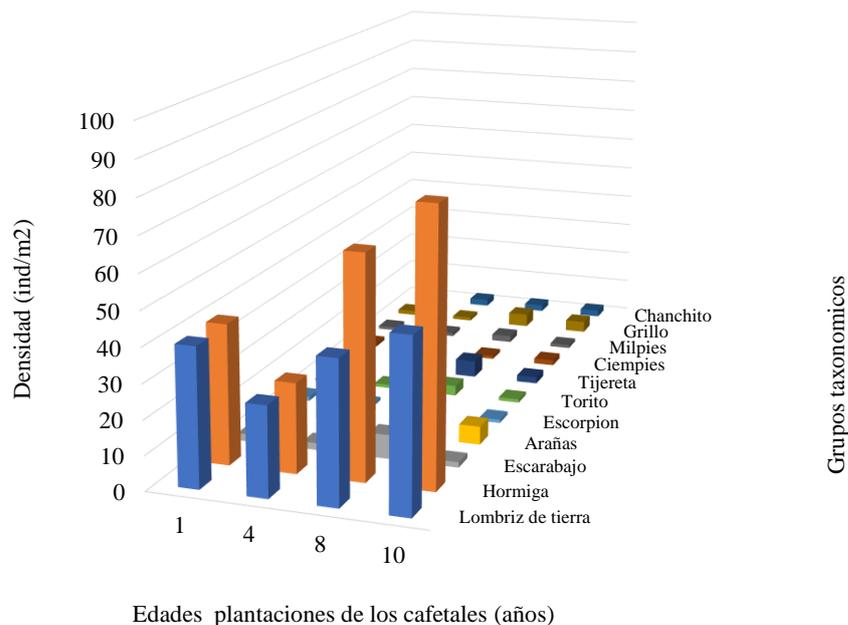


Figura 9. Densidad de los grupos funcionales de la macrofauna edáfica con café de diferentes edades de plantación.

4.2.1. Diversidad de macrofauna en suelos con café en diferentes edades de plantación

En la Tabla 7, los suelos con café de 4 años reporto mayor índice de diversidad de Shannon – Wiener con 1.165 nats/ind., mientras en los suelos con café de 1 y 10 años de plantación presenta una diversidad de 1.110 y 1.084 nats/Ind. y los suelos con café de 8 años presenta menor diversidad de macrofauna con 0.959 nats/ind. Respecto a la equidad de Pielou, los suelos con café de 1 y 4 años se reportaron como el más homogéneo ($J = 0.482$ y $J = 0.486$) respectos a los demás suelos y con menor equidad fue los suelos con café de 8 años de edad ($J = 0.400$). El índice de Simpson fue mayor en los suelos con café de 8 años de edad ($D = 0.63$) presentando mayor dominancia y los suelos con café de 10 año de edad se reportó como la menor dominancia ($D = 0.565$).

Tabla 7. Diversidad de macrofauna en suelos con café en diferentes edades de plantación.

Edad del café (años)	Números de especies	Shannon - Wiener (H') (nats/individuo)	Equidad (E)	Simpson (D)
1	10	1.110	0.482	0.586
4	11	1.165	0.486	0.597
8	11	0.959	0.400	0.631
10	11	1.084	0.452	0.565

D: índice de dominancia. E: equidad de Pielou (J)

Geissert et al. (2013) indica que la biodiversidad y riqueza genética de los organismos del suelo mantienen el equilibrio biológico y contrarrestan el efecto nocivo de las plagas y de otros organismos malos. La biodiversidad del suelo es un factor de fertilidad, calidad y salud de los suelos de los cafetales ya que ayuda a la producción y calidad del café ya que estos invertebrados cumplen ciertas funciones importantes como reutilizar los nutrientes, la captura de carbono, fijación de nitrógeno, regulación del ciclo de agua en el suelo, estructura del suelo y control de plagas.

La densidad y la biomasa en los suelos con café de 1 año de plantación fueron 88 ind.m² con una biomasa de 30.483 g.m², de 4 años de plantación con 55 ind.m² y con una biomasa de 23.9 g.m², de 8 años de plantación con 125 ind.m², con una biomasa de 36.19 g.m² y 10 años plantación con 141 ind.m², con una biomasa de 37.67 g.m². Los suelos con café de 4 años de plantación reporto mayor diversidad ($H' = 1.165$ nats/individuo), mientras en los suelos con café de 1 y 10 años plantación presenta una diversidad ($H' = 1.110$ y $H' = 1.084$ nats/Individuo) y los suelos con café de 8 años de plantación presenta menor diversidad de macrofauna ($H' = 0.959$ nats/individuo). Respecto a la equidad de Pielou, los suelos con café de 1 y 4 años se

reportaron como el más homogéneo ($J = 0.482$ y $J = 0.486$) respecto a los demás suelos y con menor equidad fue los suelos con café de 8 años de edad ($J = 0.400$). El índice de Simpson fue mayor en los suelos con café de 8 años de edad presentando mayor dominancia y los suelos con café de 10 años de edad se reportó menor dominancia. Estas variaciones de la diversidad, densidad y biomasa de la macrofauna en los diferentes suelos con café de 1, 4, 8, 10 años plantación se deben al uso de herbicidas, plaguicidas y fertilizantes orgánicos e inorgánicos que usa en el cultivo de café, Wardle (1995) y Gupta, (1994) citado por Correia y Oliveira (2000) el uso de las herbicidas tiene un efecto inhibitor sobre las poblaciones de fauna del suelo, lo que provoca la reducción de la densidad y diversidad, al eliminar la cobertura, disminuye su habitat. También menciona Paoletti y col (1995) citado por Correia y Oliveira (2000) la reducción de los escarabajos está relacionado con el uso de pesticidas. Respecto a la aplicación de fertilizantes inorgánicos son efecto positivo, pero algunos pueden ser tóxicos y los fertilizantes orgánicos es un efecto beneficioso para la fauna edáfica, ambos fertilizantes promueven mayor biomasa vegetal y retorno de materia orgánica (Fraser, 1994., Kladvko y Timmenga, 1990, Edwards y Lofty 1982 b citado por Correia y Oliveira, 2000).

4.3. Correlación de densidad y grupos taxonómicos de macrofauna en suelos con café en diferentes edades de plantación.

La densidad de la macrofauna muestra una diferencia significativa con respecto a los diferentes suelos con café de 1, 4, 8 y 10 años y también con respecto a las profundidades del suelo (0 - 10, 10 - 20 y 20 – 30 cm). Como se muestra (Tabla 8).

Tabla 8. Análisis de varianza de la densidad de la macrofauna con respecto a los suelos con café en diferentes edades y profundidades.

Origen de las variaciones	SC	GL	CM	F	Probabilidad	Valor crítico (f)
Profundidades	987.1	2	493.5	5.9	0.038	5.14
Edades del café	1514.5	3	504.8	6.1	0.03	4.76
Error	500.8	6	83.47			
Total	3002.4	11				

Nivel de confianza al 0.05

La densidad de macrofauna muestra una menor significancia con respecto a los grupos taxonómicos encontrados, pero muestra mayor significancia densidad con las edades del café de 1, 4, 8 y 10 años con los grupos taxonómicos (Tabla 9). Según Cabrera et al. (2011a) señala que los grupos funcionales cumplen la función de regular los procesos edáficos, funcionamiento

y el equilibrio del ecosistema, entre ellos se tiene los ingenieros del suelo, los detritívoros, los herbívoros y los depredadores.

Tabla 9. Análisis de varianza de densidad de la macrofauna con respecto a los grupos taxonómicos.

Origen de las variaciones	SC	GL	CM	F	Probabilidad	Valor crítico (f)
Grupo Taxonómico	12874.1	10	1287	24.1	1.15E-11	2.165
Edades de café	391.1	3	130.4	2.44	0.084	2.922
Error	1602.4	30	53.41			
Total	14867.6	43				

Nivel de confianza al 0.05

V. CONCLUSIONES

1. Se identificaron 10 órdenes de macrofauna en suelos con café de un 1 año, 11 en suelos con café de 4, 8 y 10 años.
2. La densidad y la biomasa (en peso fresco) en los suelos con café de 1 año de plantación fueron 88 ind.m² y biomasa de 30.483 g.m², de 4 años de plantación con 55 ind.m² y biomasa de 23.9 g.m², de 8 años de plantación con 125 ind.m² y biomasa de 36.19 g.m² y 10 años plantación con 141 ind.m² y biomasa de 37.67 g.m².
3. Los suelos con café de 4 años plantación presentaron mayor diversidad de la macrofauna edáfica con 1.165 nats/individuo, mientras en los suelos con café de 1 y 10 años plantación presenta una diversidad 1.110 y 1.084 nats/Individuo y por ultimo los suelos con café de 8 años plantación presenta menor diversidad de macrofauna de 0.959 nats/individuo. La equidad de Pielou, los suelos con café de 1 y 4 años de plantación reportaron ser el más homogéneo ($J = 0.482$ y $J = 0.486$) respectos a los demás suelos y con menor equidad fue el suelo con café de 8 años de edad ($J = 0.400$). El índice de Simpson fue mayor en los suelos con café de 8 años de edad de plantación ($D = 0.63$) presentando mayor dominancia y los suelos con café de 10 años de edad se reportó menor dominancia ($D = 0.565$).
4. La densidad de la macrofauna muestra una diferencia significativa con respecto a los diferentes suelos con café de 1,4,8 y 10 años y también con respecto a los estratos del suelo (0-10, 10 - 20 y 20 – 30 cm). La densidad de macrofauna muestra una menor significancia con respecto a los grupos taxonómicos encontrados, pero muestra mayor significancia de densidad con las edades del café de 1,4,8 y 10 años con los grupos taxonómicos.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar muestreo de macrofauna edáfica en la época de lluvia y verano para ver la variabilidad de la densidad y diversidad en que pueden afectar estas variables climáticas.
2. Realizar muestreo de la macrofauna edáfica con metodologías específicas, como en caso de las termitas y hormigas.
3. Realizar investigaciones más detalladas en los suelos de café, evaluando la humedad del suelo, infiltración, características físicas y químicas, vegetación, uso de herbicidas y uso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos.
4. Identificar y clasificar la macrofauna del suelo mínimo hasta género.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrobanco. (2007). *Cultivo de café*. Área de Desarrollo. Perú. http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/01/1_cultivo_del_cafe.pdf
- Brown, G., Fragoso, C., Barois, I., Rojas, P., Patrón, J., Bueno, J., Moreno, A., Lavelle, P., Ordaz, V. Y Rodríguez, C. (2001). Diversidad de rol funcional de macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. *Acta zoológica mexicana (nueva serie)*. (1): 79 – 110. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57500006>
- Cabrera, G. Y López, G. (2018). Caracterización ecológica de la macrofauna edáfica en dos sitios de bosque siempreverde en El Salón, Sierra del Rosario, Cuba. *BOSQUE. (Valdivia)* 39(3): 363 – 373. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002018000300363>
- Cabrera, G., Robaina, N. Y Ponce, D. (2011 a). 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): 331-346. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-03942011000300008
- Cabrera, G., Robaina, N. Y Ponce, D. (2011 b). Riqueza y abundancia de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba. *Pastos y Forrajes*. 34 (3): 313 -330. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-03942011000300007&lng=es&nrm=iso
- Cabrera, G., Socarrás, A. Gutiérrez, E., Tcherva, T., Martínez, C. Y Lozada, A. (2017). Fauna del suelo. En Mancina, C. y Cruz, D, (Eds.). *En diversidad biológica de cuba: Métodos de inventario, monitoreo y colecciones biológicas* (pp. 254 – 283). AMA. https://www.researchgate.net/publication/323253773_Fauna_del_Suelo
- Correira, M. Y Oliveira, L. (2000). *Fauna de solo: Aspectos gerais e metodológicos*. (Documentos N° 112.). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Agrobiologia. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=BR20001597278>
- Frangoso, C., Reyes, P. Y Rojas, P. (2001). La importancia de la biota edáfica en México. *Acta zoológica mexicana (n. s.)*. (1): 1 – 10. <https://doi.org/10.21829/azm.2001.8401842>
- Geissert, D., Barois, I., Mólgora, A., Mokondoko, P., Mass, K. Y Manson, R. (2013). *Manual para el manejo sustentable del suelo en cafetales de sombra*. FORDECYT Y Café In Red.

https://www.researchgate.net/publication/328342454_Manual_para_el_manejo_sustentable_del_suelo_en_cafetales_de_sombra

- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. (4.^{ta} ed.). Mc Graw Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Holdridge, L. (1987). *Ecología basada en zonas de vida*. Editorial IICA. Instituto interamericano de ciencias agrícolas.
- Huamán, M. Y Barón, A. (2015). *Efecto de los sistemas productivos de café (coffea arábica. L) orgánico y convencional sobre los macroinvertebrados edáficos en el Caserío San Vicente, Distrito de Jepelacio- San Martín 2014*. [Tesis Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de San Martín. <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/178>
- Nique, M. (2010). *Biodiversidad: Clasificación y cuantificación*. Universidad Nacional Agraria de la Selva. https://www.researchgate.net/publication/298950055_BIODIVERSIDAD_Clasificacion_y_Cuantificacion
- Quintana, V. (2018). Radiosensibilidad de CAFÉ (*Coffea arabica* L. var. Typica) aplicado con radiación gamma. [Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Molina]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de la Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3721>
- Reyes, P. Y Torres. J. (2009). Diversidad, distribución, riqueza y abundancia de conductos de aguas profundas a través del archipiélago patagónico austral, Cabo de Hornos, Islas Diego Ramírez y el sector norte del paso Drake. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 44(1): 243-251. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572009000100025>
- Ruiz, R. (2015). Evaluación e identificación preliminar de la macrofauna asociada al cultivo de Piña (*Ananas Comosus*) en localidad de Poroto. *Tecnología y desarrollo* 13(1): 041 – 046. <https://1library.co/document/y8195gwz-evaluacion-cacion-Preliminar-macroFauna-asociada-cultivo-comosus-localidad.html>
- Salazar, E. (2020). Clasificación de los suelos por su capacidad de uso mayor en la cuenca Huascayacu - provincia Moyobamba – San Martín. [Tesis Ingeniero en Conservación Suelos y Agua. Universidad Nacional Agraria del Selva.]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria del Selva. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/181>

- Souza, S., Cassol, P., Baretta, D., Bartz, L., Klauberg, O., Mafra, A. Y Rosa, M. (2016). Abundance and Diversity of Soil Macrofauna in Native Forest, Eucalyptus Plantations, Perennial Pasture, Integrated Crop-Livestock, and No-Tillage Cropping. *Revista brasileira de ciencia do solo*. 1-14. <https://doi.org/10.1590/18069657rbc20150248>
- Zavaleta, M. Y Gonzales, J. (2018). Macrofauna y propiedades fisicoquímicas del suelo de cultivos de (*coffea arábica* l.), Moyobamba (Perú). *Conocimiento para el desarrollo*. 9(1): 121 – 128.

ANEXO

Anexo 1. Panel fotográfico

Figura 10. Fabricación de un cuadrado de 25 x 25 cm de ancho y 30 cm de profundidad.



Figura 11. Excavación del exterior de monolito para el muestreo.



Figura 12. Recolección y de la macrofauna de suelo con café de 4 años de plantación.



Figura 13. Colocación de la macrofauna en los envases de plástico.



Figura 14. Macrofauna encontrada de especie de arácnidos (araña)



Figura 15. Conteo de los individuos de la macrofauna encontrados.



Figura 16. Macrofauna edáfica encontrados en los suelos con café llevados para el pesado por muestras.



Figura 17. Obtención de peso de las muestras de la macrofauna edáfica encontrada.



Figura 18. Suelos con café de un año de edad de plantación.



Figura 19. Suelos con café de 4 años de edad de plantación.



Figura 20. Suelos con café de 8 años de edad de plantación.



Figura 21. Suelos con café de 10 años de edad de plantación.

Anexo 2. Tabulación de datos

Tabla 10. Datos de densidad de la macrofauna edáfica en Ind/m² en suelos con café de 1 año de plantación.

N°	Orden	Familia	Transectos										Promedio ind/m ²
			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	
1	Haplotaxida	Lumbricidae	29	62	30	47	42	40	17	41	43	47	40
2	Himenópteros	Formicidae	50	23	19	4	90	59	39	53	30	38	41
3	Coleóptera	Scarabeidae	1	2	3	1		1	2	3	3	3	2
4	Arabidae	Arachnidae	1	4	1		2	3	1	3	3	2	2
5	Arabidae	Scorpionidae		1					2	1	1		1
6	Coleóptera	Scarabaeidae											0
7	Dermáptera	Laviduridae		1		1		2		2	1	2	2
8	Geophilomorpha	Chilópoda		1	1	2	1	1		1			1
9	Miliópoda	Diplopoda				1					1		1
10	Ortópteros	Gryllidae	2	2		1	1	1		1			1
11	Isópoda	Crustáceo	4	0	1	0	1	2	2	1			1
ind/m ²			87	96	55	57	137	109	63	106	82	92	88

Tabla 11. Datos de densidad de la macrofauna edáfica en Ind/m² en suelos con café de 4 años de plantación.

N°	Orden	Familia	Transectos										Promedio ind/m ²
			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	
1	Haplotaxida	Lumbricidae	23	33	22	22	22	17	41	18	31	30	26.00
2	Himenópteros	Formicidae	9	24	8		110	13	17	4	11	37	26.00
3	Coleóptera	Scarabeidae	2	2	1	1		1	1	1	3		2.00
4	Arabidae	Arachnidae	1	5	1	1		1	1	2	2		2.00
5	Arabidae	Scorpionidae		1				1		1			1.00
6	Coleóptera	Scarabaeidae		1					1				1.00
7	Dermáptera	Laviduridae	2						1			1	1.00
8	Geophilomorpha	Chilópoda	2	1				1				1	1.00
9	Miliópoda	Diplopoda		1	1					1			1.00
10	Ortópteros	Gryllidae	1		1				1		1		1.00
11	Isópoda	Crustáceo	1	3	2	1		2			2		2.00
ind/m ²			41	71	36	25	132	36	63	27	50	69	55

Tabla 12. Datos de densidad de la macrofauna edáfica en Ind/m² en suelos con café de 8 años de plantación.

N°	Orden	Familia	Transectos										Promedio ind/m ²		
			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10			
1	Haplotaxida	Lumbricidae	39	46	28	42	27	33	32	34	57	71	41		
2	Himenópteros	Formicidae	48	70	60	57	63	57	62	79	68	71	64		
3	Coleóptera	Scarabeidae	4	5	17	6	10	2	6	12		1	7		
4	Arabidae	Arachnidae	1	2	1				2		6	2	2		
5	Arabidae	Scorpionidae		2	1				3			1	1	2	
6	Coleóptera	Scarabaeidae	4	2	1	6	1			6	1		1	3	
7	Dermáptera	Laviduridae	4	4	4	4	6	6			7		2	5	
8	Geophilomorpha	Chilópoda	1			1			1		1		1	1	
9	Miliópoda	Diplopoda	1		1			2				1	3	2	
10	Ortópteros	Gryllidae	9	6	2	1	3	2	6	4	2	1	4		
11	Isópoda	Crustáceo	1	1	4			3			1	2	1	1	2
ind/m ²			112	138	119	117	115	106	113	146	132	153	125		

Tabla 13. Datos de densidad de la macrofauna edáfica en Ind/m² en suelos con café de 10 años de plantación.

N°	Orden	Familia	Transectos										Promedio ind/m ²
			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	
1	Haplotaxida	Lumbricidae	48	50	57	55	61	53	61	38	33	36	49
2	Himenópteros	Formicidae	72	83	53	82	82	69	101	87	81	77	79
3	Coleóptera	Scarabeidae	2	1	1		1	2	3		1		2
4	Arabidae	Arachnidae	2	11	2	4	4	6	13	4	2		5
5	Arabidae	Scorpionidae		1			1		1			1	1
6	Coleóptera	Scarabaeidae							1	1		1	1
7	Dermáptera	Laviduridae	3		2	3			3	1	1	1	2
8	Geophilomorpha	Chilópoda	2			3			1		1	1	2
9	Miliópoda	Diplopoda	1	1	1		1						1
10	Ortópteros	Gryllidae	2	3	3	3	5			4	3	4	3
11	Isópoda	Crustáceo	2		1	1		3	4		1		2
ind/m ²			134	150	120	151	155	133	188	135	123	121	141

Tabla 14. Datos de densidad de la macrofauna edáfica en Ind/m² en suelos con café de 1, 4, 8 y 10 años de acuerdo a las profundidades del suelo.

Profundidad del suelo	Transectos										Densidad promedio ind/m ²
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	
0 - 10 cm	62	33	33	26	24	36	34	62	46	50	40.6
10 -20 cm	11	38	17	20	16	21	19	31	19	23	21.5
20- 30 cm	14	25	5	11	97	52	10	13	17	19	26.3

Tabla 15. Cantidad de Individuos y cálculo de la diversidad de la macrofauna edáfica en los suelos con café de 1 año.

N°	Nombre común	Transectos										ni	pi (ni/N)	Pi*ln(pi)	pi^2	
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10					
1	Lombriz	29	62	30	47	42	40	17	41	43	47	398	0.450226244	-0.359	0.20270	
2	Hormiga	50	23	19	4	90	59	39	53	30	38	405	0.458144796	-0.358	0.20990	
3	Escarabajo	1	2	3	1	0	1	2	3	3	3	19	0.021493213	-0.083	0.00046	
4	Arañas	1	4	1	0	2	3	1	3	3	2	20	0.022624434	-0.086	0.00051	
5	Escorpión	0	1	0	0	0	0	2	1	1	0	5	0.005656109	-0.029	0.00003	
6	Tijereta	0	1	0	1	0	2	0	2	1	2	9	0.010180995	-0.047	0.00010	
7	Ciempiés	0	1	1	2	1	1	0	1	0	0	7	0.007918552	-0.038	0.00006	
8	Milpiés	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2	0.002262443	-0.014	0.00001	
9	Grillo	2	2	0	1	1	1	0	1	0	0	8	0.009049774	-0.043	0.00008	
10	Chanchito	4	0	1	0	1	2	2	1	0	0	11	0.012443439	-0.055	0.00015	
Número total de individuos (N):															884	
Número de especies:															10	
Sumatoria Pi*ln(pi):															-1.11038	
Shannon - Wiener (H') en nats/individuo:															1.11038	
Diversidad de especies															Equidad de Pielou (E)	0.48223
															Índice de Simpson (D)	0.58599

Tabla 16. Cantidad de Individuos y cálculo de la diversidad de la macrofauna edáfica en los suelos con café de 4 años.

N°	Nombre común	Transectos										ni	pi (ni/N)	Pi*ln(pi)	pi^2		
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10						
1	Lombriz	23	33	22	22	22	17	41	18	31	30	259	0.4709	-0.3546	0.22176		
2	Hormiga	9	24	8		110	13	17	4	11	37	233	0.4236	-0.3639	0.17947		
3	Escarabajo	2	2	1	1	0	1	1	1	3	0	12	0.0218	-0.0835	0.00048		
4	Arañas	1	5	1	1	0	1	1	2	2	0	14	0.0255	-0.0934	0.00065		
5	Escorpión	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	3	0.0055	-0.0284	0.00003		
6	Torito	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0.0036	-0.0204	0.00001		
7	Tijereta	2	0	0	0	0	0	1	0	0	1	4	0.0073	-0.0358	0.00005		
8	Ciempíes	2	1	0	0	0	1	0	0	0	1	5	0.0091	-0.0427	0.00008		
9	Milpiés	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	3	0.0055	-0.0284	0.00003		
10	Grillo	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	4	0.0073	-0.0358	0.00005		
11	Chanchito	1	3	2	1	0	2	0	0	2	0	11	0.0200	-0.0782	0.00040		
Número total de individuos (N):														550			
Número de especies:														11			
Sumatoria Pi*ln(pi):														-1.1652			
														Shannon - Wiener (H') en nats/individuo:		1.1652	
Diversidad de especies														Equidad de Pielou (E)		0.48595	
														Índice de Simpson (D)		0.59699	

Tabla 17. Cantidad de Individuos y cálculo de la diversidad de la macrofauna edáfica en los suelos con café de 8 años.

N°	Nombre común	Transectos										ni	pi (ni/N)	Pi*ln(pi)	pi^2	
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10					
1	Lombriz	39	46	28	42	27	33	32	34	57	71	409	0.3269	-0.3655	0.10689	
2	Hormiga	48	70	60	57	63	57	62	79	68	71	635	0.5076	-0.3442	0.25765	
3	Escarabajo	4	5	17	6	10	2	6	12	0	1	63	0.0504	-0.1505	0.00254	
4	Arañas	1	2	1	0	0	2	0	6	2	0	14	0.0112	-0.0503	0.00013	
5	Escorpión	0	2	1	0	0	3	0	0	1	1	8	0.0064	-0.0323	0.00004	
6	Torito	4	2	1	6	1	0	6	1	0	1	22	0.0176	-0.0711	0.00031	
7	Tijereta	4	4	4	4	6	6	0	7	0	2	37	0.0296	-0.1041	0.00087	
8	Ciempiés	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	5	0.0040	-0.0221	0.00002	
9	Milpiés	1	0	1	0	2	0	0	0	1	3	8	0.0064	-0.0323	0.00004	
10	Grillo	9	6	2	1	3	2	6	4	2	1	36	0.0288	-0.1021	0.00083	
11	Chanchito	1	1	4	0	3	0	1	2	1	1	14	0.0112	-0.0503	0.00013	
Número total de individuos (N):															1251	
Número de especies:															11	
Sumatoria Pi*ln(pi):															-0.95922889	
															Shannon - Wiener (H') en nats/individuo:	0.95922889
Diversidad de especies															Equidad de Pielou (E)	0.40003
															Índice de Simpson (D)	0.63056

Tabla 18. Cantidad de Individuos y cálculo de la diversidad de la macrofauna edáfica en los suelos con café de 10 años.

N°	Nombre común	Transectos										ni	pi (ni/N)	Pi*ln(pi)	pi^2		
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10						
1	Lombriz	48	50	57	55	61	53	61	38	33	36	492	0.3489	-0.3674	0.12176		
2	Hormiga	72	83	53	82	82	69	101	87	81	77	787	0.5582	-0.3255	0.31154		
3	Escarabajo	2	1	1	0	1	2	3	0	1	0	11	0.0078	-0.0379	0.00006		
4	Arañas	2	11	2	4	4	6	13	4	2	0	48	0.0340	-0.1151	0.00116		
5	Escorpión	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	4	0.0028	-0.0166	0.00001		
6	Torito	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	3	0.0021	-0.0131	0.00000		
7	Tijereta	3	0	2	3	0	0	3	1	1	1	14	0.0099	-0.0458	0.00010		
8	Ciempiés	2	0	0	3	0	0	1	0	1	1	8	0.0057	-0.0293	0.00003		
9	Milpiés	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	4	0.0028	-0.0166	0.00001		
10	Grillo	2	3	3	3	5	0	0	4	3	4	27	0.0191	-0.0757	0.00037		
11	Chanchito	2	0	1	1	0	3	4	0	1	0	12	0.0085	-0.0406	0.00007		
Número total de individuos (N):																1410	
Número de especies:																11	
Sumatoria Pi*ln(pi):																-1.0836	
Shannon - Wiener (H') en nats/individuo:																1.0836	
Diversidad de especies																Equidad de Pielou (E)	0.45190
																Índice de Simpson (D)	0.56490