







Article scientific

Associated edaphic macrofauna in four production systems in the district of Pueblo Nuevo – Huánuco – Perú

 Fidel Fernando Ruiz Cárdenas ^a,  Edilberto Díaz Quintana ^a,  Cleide Santos Flores ^a,  Jenri Ruiz Gonzales ^a,  Alexander Mesías Morales ^a and  Brayan André Caldas de la Cruz ^a

^a Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú 

ITEM INFORMATION

Published: 2023-12-26
Accepted: 2023-12-22
Received: 2023-10-02

Keywords:

Macrofauna
Production systems
Alpha diversity
Beta diversity

ABSTRACT

In order to study the biomass, density and diversity of edaphic macrofauna associated in production systems in the district of Pueblo Nuevo - Huánuco, having four production systems, such as a mixed plantation, bamboo, grassland and aguaje, where in each system Five monoliths measuring 25 cm x 25 cm x 30 cm deep were installed. The results obtained were: The biomass of the aguaje production system was 29,07 g/m², bamboo was 16,16 g/m², mixed forest plantation was 30,80 g/m², grassland was 38,92 g/m², in Regarding the depth, 0-10 cm 48,50 g/m², 10-20 cm 26,50 g/m², 20-30cm 16,50g/m²; For the variable density in the Grassland production system it was 201,60 ind/m², mixed forest plantation with 137,60 ind/m², Bamboo with 80,00 ind/m² and aguaje with 76,80 ind/m². Concerning the abundance of individuals, the grassland system presented greater individuals with 63 individuals recorded in seven families. The alpha diversity through Simpson's index for the aguaje, bamboo, mixed plantation and grassland production systems obtained values of 0,156, 0,332, 0,209 and 0,179 respectively. While the beta diversity through the Jaccard index where the highest values were obtained relating the bamboo - aguaje production system and mixed plantation - bamboo both with a value of 0,5.

Macrofauna edáfica asociada en cuatro sistemas de producción en el distrito de Pueblo Nuevo – Huánuco – Perú


RESUMEN

Con el fin de estudiar la biomasa, densidad y diversidad de macrofauna edáfica asociada en sistemas de producción en el distrito de Pueblo Nuevo - Huánuco, teniendo cuatro sistemas de producción, como una plantación a mixta, bambú, pastizal y aguaje, donde en cada sistema se instalaron cinco monolitos de 25 cm x 25 cm x 30 cm de profundidad. Los resultados obtenidos fueron: La biomasa del sistema de producción aguaje fue 29,07 g/m², bambú fue 16,16 g/m², plantación forestal mixto fue 30,80 g/m², pastizal fue 38,92 g/m², en cuanto a la profundidad se obtuvo 0-10 cm 48,50 g/m², 10-20 cm 26,50 g/m², 20-30 cm 16,50 g/m²; para la variable densidad en el sistema de producción Pastizal fue de 201,60 ind/ m², plantación forestal mixto con 137,60 ind/ m², Bambú con 80,00 ind/ m² y aguaje con 76,80 ind/ m². Concerniente a la abundancia de individuos el sistema pastizal presento mayores individuos con 63 individuos registrado en siete familias. La diversidad alfa a través del índice de Simpson para los sistemas de producción de aguaje, bambú, plantación mixta y pastizal se obtuvo valores de 0,156, 0,332, 0,209 y 0,179 respectivamente. Mientras la diversidad beta a través del índice de Jaccard donde los valores más altos se obtuvo relacionando el sistema de producción bambú - aguaje y plantación mixta - bambú ambos con un valor de 0,5.

Palabras clave:

Macrofauna
Sistemas de producción
Diversidad alfa
Diversidad beta



 <https://doi.org/10.47422/GreenHorizon.v2i2.21>



INTRODUCCIÓN

En la amazonia peruana, se han generado muchos sistemas de producción, donde los macroinvertebrados del suelo son los mejores reguladores de los procesos fisicoquímicos que afectan la fertilidad del suelo que contribuyen a la formación de grandes estructuras de agregados duraderas debido a la absorción y eliminación del suelo. Los macroinvertebrados mezclan los desechos orgánicos, la ingestión y los productos en descomposición a medida que excavan para transportar la tierra a través del sótano hacia la superficie. Al respecto Quiroz *et al.* (2021) estudiaron la caracterizaron los invertebrados que forman parte del suelo en diversos ecosistemas agroforestales, esto se desarrolló en el Municipio de San Ramon, ubicado en el departamento de Matagalpa, Nicaragua, los sistemas evaluados fueron: CIE (café, inga, erithryna y árboles); CMIEA (café, musáceas, inga, erithryna y árboles) y CA (café y árboles en época seca y lluviosa), donde estos sistemas tuvieron una superficie de 900 m² cada uno. Al culminar la evaluación obtuvieron los siguientes resultados: con respecto a las condiciones climáticas se obtuvo mayor presencia de macrofauna (abundancia) en época lluviosa con 391 individuos; mientras, que en el periodo de época seca obtuvieron 324 individuos. Los valores obtenidos concerniente a los sistemas agroforestales se concluye que en época lluviosa se registró mayor abundancia en el sistema CMIEA con 162 individuos, mientras que los valores inferiores fueron en época seca en el sistema CA con 91 individuos. Teniendo en cuenta la diversidad se obtuvo que los valores más alto en el índice de Shannon fue en el sistema CA con un valor de 2,73 esto considerando la época seca, y el valor inferior fue en el sistema CIE con 1,44. Al analizar los resultados se deduce que los distintos sistemas agroforestales no tienen efecto o influye en el número de individuos de macrofauna (abundancia); no obstante, predomina la presencia de especies de lombrices de tierra y Philoscidae que pertenecen a la orden Haplotaxida. Por su parte Pashanasi (2001) evaluó los invertebrados del suelo teniendo en cuenta diversos sistemas de uso de la tierra en la selva peruana, donde para la investigación se consideraron once sistemas de uso de la tierra cada zona: Yurimaguas: bosque primario (1); bosque secundario (5); cultivos anuales (1); pastizales (2) y sistemas agroforestales (2). Pucallpa: bosque primario (2); bosque secundario (2); cultivos anuales y bianuales (4); pastizales (1) y sistemas agroforestales (2). Los resultados que se obtuvieron fueron: para el sistema de bosque primario cuentan con una rica diversidad; también, presenta una densidad de 382 a 853 individuos/m² y con respecto a la biomasa estaba comprendida por miriápodos, oligochaetas y isòpteras con 57,8 a 91,1 g peso fresco/m² denominándose como altas. Con respecto al sistema de cultivos de esta comunidad se registró una densidad de macrofauna de 362 a 574 individuos/m², mientras la biomasa obtenida varía de 5,1 a 32,4 g peso fresco/m² encontrándose como severamente agotados. En el sistema con presencia de pasturas cuentan con una baja diversidad, donde al evaluar la densidad de macrofauna se encontró una variación de 654 a 1 034 individuos/m², con respecto al peso fresco (biomasa) se obtuvo valores altos de 38,4 a 165,9 g peso fresco/m², a causa de la colonización de la lombriz peregrina, *Pontoscolex corethrurus*. Por último, el sistema con purmas contiene una densidad de la población se encuentra en un rango de 334 a 838 individuos/m²; sin embargo, con respecto a la biomasa se registró un valor de 4,2 a 102 g peso fresco/m². Asimismo, Panduro (2013) estudio la diversidad de macrofauna en diferentes sistemas de uso del suelo en Tingo María, ubicado en la provincia de Leoncio Prado, departamento Huánuco. Se estudiaron sistemas como cacaotal, bosque secundario, tornillal, pastizal y bambuzal. Los resultados obtenidos fueron con respecto a la densidad de macrofauna, donde el pastizal obtuvo mayor densidad con 2 704 ind/m², Cacao con 1 200 ind/m², 1 152 ind/m², 704 ind/m² y bambuzal con 496 ind/m². Mientras la biomasa fue superior en pastizal con 332,13 g/m², seguido por el cacao con 156,26 g/m², bosque con 50,29 g/m², tornillal con 27,36 g/m² y Babuzal con 14,69 g/m². Los índices de diversidad fueron: Shannon – Wiener (H') obtuvo valores de 1,47 en el tornillal, 1,50 para bambuzal, 0,48 en el pastizal, 1,31 en el sistema de bosque y 1,76 para el cacaotal. De la misma manera, Casimiro (2022) determino el número de individuos de macrofauna (abundancia) edáfica comparando dos sistemas agroforestales en Tingo María. Los resultados obtenidos en el sistema agroforestal con *Teobroma cacao* L. (cacao) de la variedad CCN-55 con la especie forestal de *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook. f. ex K. Schum.) (capirona) donde se registraron una densidad poblacional de 1 028 individuos/m² y con respecto a la biomasa de la macrofauna se registró un valor promedio de 7,12 g/m². Mientras el sistema agroforestal con *Teobroma cacao* L. (cacao) de la variedad CPM – 15 asociado con *Guazuma Crinita* Mart. (bolaina blanca) lo que conlleva a un sensible a un buen manejo agrícola, por ende, presenta un valor de promedio de la densidad poblacional de la macrofauna de 758 individuos/m² y con una biomasa promedio de 14,1 g/m². En las características biológicas (indicadores) se identificaron catorce ordenes taxonómicas. Del Carmen *et al.* (2017) estudiaron la macrofauna edáfica comparando en diversos sistemas: sistema agroforestal, potrero tradiciona y bosque latifoliado ubicado en la microcuenca del trópico seco, Tomabù, Nicaragua, para este estudio se tomaron en cuenta tres ecosistemas más característicos: Bosque seco tropical, bosque de galería o ribereño y sistemas silvopastoriles, para lo cual se seleccionó tres parcelas con una superficie de 1 ha por cada ecosistema. Los resultados que se obtuvieron con respecto a la riqueza fueron de un registro

de 8425 individuos que se encuentran en 27 grupos de artrópodos identificados. Seguido de 1411 individuos que pertenecen a cinco ordenes de la clase arácnida donde los ácaros vienen hacer un 69%.

Asimismo, se registró diferencias estadísticas concerniente a la abundancia por unidad muestreada, donde en el sistema silvopastoril fue superior a los demás sistemas, mientras la diversidad de macrofauna, mientras con respecto a la diversidad de Shannon (H') este índice presentó valores de 1,93; 1,69; y 1,68 para los sistemas de bosque, silvopastoril y potrero tradicional respectivamente.

Brown *et al.*, (2001) estudiaron la diversidad y el rol funcional de la macrofauna del suelo en ecosistemas tropicales del país de México. Este estudio se realizó en 37 localidades, para lo cual se tomaron 127 muestreos considerando nueve tipos de ecosistemas; donde se registraron mínimas diferencias estadísticas significativa con respecto a la densidad poblacional en cada grupo de los ecosistemas analizados. Donde el ecosistema con cultivo de caña de azúcar se reportaron valores superiores de densidad con valores de 3 000 individuos/m², donde las hormigas fueron que prevalecieron con mayor abundancia con un valor de 52% del total. Asimismo, se identificaron 17 grupos taxonómicos en cafetales y cañaverales, en bosques se registraron 16, mientras en la vegetación secundaria fueron 14, para milpas y cítricos fue de 15 y 8 respectivamente. Zerbino (2010) realizó un estudio macrofauna edáfica en rotaciones que contenían cultivos y pasturas en laboreo convencional, donde se tomó en cuenta dos muestreos donde se colectó 3 678 individuos, los resultados muestran que después de la identificación se registró que los grupos con más individuos (abundantes) fueron Coleoptera y Oligochaeta. Las rotaciones concernientes a la agricultura (S1: sin fertilizante, S2: con fertilizante) se registraron valores inferiores de riqueza con 34 y 42 morfo especies respectivamente. Mientras tanto, en la rotación del periodo de pradera prologado (S4) se encontró valor superior de riqueza con un total de 85 morfo especies. Por su parte las parcelas donde aplico leguminosas forrajeras en la rotación S5 (agricultura en rotación con cultivo y pradera con periodo equilibrados) y S7 (agricultura en rotación con periodos de cultivo más prolongado) lo cual se registró una posición intermedia entre S2 y S4, con respectivamente 65 y 69 morfo tipos.

Hernández (2018) en su investigación en los bosques de pino, con la finalidad de evaluar la macrofauna edáfica que existe en la zona, como uno de los objetivos se presentó el índice de diversidad alfa e índice de diversidad beta, las áreas de estudio seleccionadas fueron las siguientes: Bosque Maduro (bm), Bosque intermedio (bi), Área de conservación (ac) y Zona de aprovechamiento (zp), para los resultados se presentó un Índice de Jaccard (Índice beta) para Zona de aprovechamiento y Área de Bosque maduro presento un valor 0,41, y además, Zona de aprovechamiento y Bosque maduro un valor 0,6. En otro estudio Trávez (2020) evaluó el índice de diversidad de macrofauna edáfica en Ecuador, con el objetivo de evaluar la diversidad beta, se seleccionaron las siguientes zonas de estudio: Bosque nativo, Bosque plantado, Pastizal y Monocultivo, en los resultados se determinó una índice beta – Sorensen para Bosque nativo y Bosque plantado de 0,70 de similitud, asimismo, para Pastizal, Bosque plantado, Monocultivo y Bosque nativo un 0,50 de similitud. En Pueblo Nuevo se cuenta con diferentes sistemas de producción, lo cuales algunos son: plantación de aguaje, pastizal, bambú y plantación mixta con especies forestales, que no cuentan con información biológica del suelo, concerniente a la abundancia, densidad y diversidad de macrofauna edáfica.

Conocer la abundancia, densidad, biomasa y diversidad de macrofauna edáfica en los diversos sistemas de producción, se podría usar como indicador de la calidad del suelo de estos sistemas, ya que la fauna del suelo, en general, influyen en la dinámica de sus procesos químicos, y este tiene importancia para las condiciones de crecimiento de las especies cultivadas y el desenvolvimiento y funcionamiento de los sistemas de producción, ya que cumplen un papel vital en la descomposición de la hojarasca y en la liberación de los nutrientes, al respecto Caldas *et al.*(2023) sostiene que estos aspectos pueden facilitar beneficios ambientales orientados a la sustentabilidad de estos ecosistemas. Bajo estas premisas, el estudio pretende brindar información actual sobre las condiciones y dinámica del suelo de los sistemas de producción de Pueblo Nuevo, de esta manera conocer como influyen las prácticas de manejo y cultivos en la macrofauna, ya que muchos tienen efecto negativo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de ejecución

Ubicación política

El estudio se realizó en cuatro sistemas de uso de tierra: plantación de *M. flexuosa*, *cynodon dactylon*, *Guadua angustifolia* y plantación forestal mixta (*Colubrina glandulosa*, *Vitex pseudolea*, *Cedrela odorata*) que se encuentran ubicados en el Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo La Divisoria - Puerto Súngaro (CIPTALD - PS) se tomó como superficie 1500 m² por cada sistema de producción, que políticamente se localiza en el distrito de Pueblo Nuevo, provincia Leoncio Prado, departamento Huánuco.

Ubicación geográfica

En el **Tabla 1**, se muestra las coordenadas UTM de los sistemas producción de tierra en Pueblo Nuevo.

Tabla 1

Coordenadas geográficas de los sistemas de producción en CIPTALD

| N° | Sistema | Coordenadas | | Altitud (m.s.n.m) |
|----|----------------------------|-------------|---------|-------------------|
| | | Este | Norte | |
| 1 | <i>Guadua angustifolia</i> | 0385143 | 8991438 | 611 |
| 2 | Maurita flexuosa | 0385370 | 8991454 | 610 |
| 3 | plantación forestal mixta | 0385198 | 8991366 | 605 |
| 4 | Pastizal | 0385233 | 8991439 | 607 |

Materiales

Material y equipos de campo

Cinta métrica de 50 m, GPS, rafia, Pala, Cuadrada, Machete, Bolsas de polietileno, Plástico, Envases de vidrio y etiquetas.

Material y equipos de laboratorio

Estereoscopio, Lupa 10x, Cinta adhesiva, Placas de Petri, Balanza digital, Alfileres, Pinzas, X jeringas, Alcohol al 96%, Formol al 10%, estufa.

Población y muestra

Población

Cuatro sistemas de producción: plantación de *M. flexuosa*, *Guadua angustifolia*, *C. dactylon* y plantación forestal mixta

Muestra

Como muestra se tomó 5 monolitos de 25 cm x 25 cm x 30 cm de profundidad, por cada sistema.

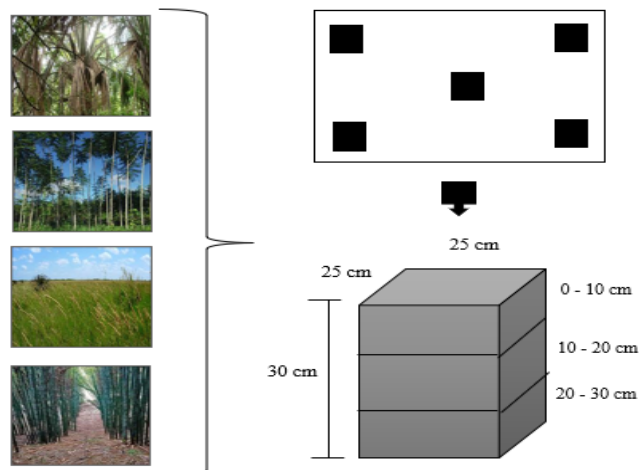
Método

Densidad y biomasa de macrofauna edáfica en los sistemas de producción

En primer lugar, se realizó un reconocimiento de cada sistema de producción en el Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo La Divisoria - Puerto Súngaro (CIPTALD), para de esta manera se ubicaron de forma sistemática para el muestreo de macrofauna edáfica. Para la toma de muestras de la macrofauna que hay en el suelo se adaptó a lo propuesto por Linares *et al.* (2007) donde se tomará 5 monolitos por cada sistema de producción con un volumen de 25 x 25 x 30 cm, para lo cual se tomará en cuenta tres estratos sobre la profundidad del suelo de 0 – 10 cm, 10- 20 cm y 20 – 30 cm.

Figura 1

Muestreo de monolito en cada sistema de producción



Fuente: Linares *et al.* (2007)

Posterior se extrajo el volumen del suelo por profundidad (0 - 10 cm, 10 – 20 cm y 20 – 30 cm) y se colocó de forma adecuada en bolsas plásticas con cada espécimen de acuerdo con la nomenclatura en campo. Para después estas muestras rotuladas por estrato y sistema de uso de tierra fueron llevados al laboratorio de entomología de la Facultad de Agronomía para su correcta identificación. Donde en laboratorio fueron conservadas en alcohol al 96% y en formol de 10% las larvas e insectos de cuerpo no endurecido, para posterior se realizó el conteo, asimismo, la identificación de los especímenes se utilizaron manuales de identificación y guías descriptivas, con el fin de poder llegar hasta su clasificación más detallada (familia), para ello también se utilizaron un microscopio estereoscópico. **Densidad de macrofauna**

Se realizó bajo lo propuesto de Correira y Oliveira (2000) que manifiesta que en un cuadrado de 25 x 25 cm lo que equivale 1/16 m², donde esto fue en base al número de individuos del mismo taxón presentes por grupo de organismo o especie en cada estrato de 10 cm, 20 cm y 30 cm. Esta variable es expresada en individuos/m² y se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$D = \frac{\text{Número de individuos}}{\text{Área de estudio (m}^2\text{)}}$$

Biomasa de macrofauna

De igual manera a lo planteado por Correira y Oliveira (2000), la biomasa se calculó mediante la relación del peso de los organismos y el área en estudio, siendo expresada en g/m². Esta variable se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Biomasa} \left(\frac{g}{cm^2} \right) = \frac{\text{Peso de los organismos (g)}}{\text{Área de estudio (m}^2\text{)}}$$

Diversidad de macrofauna edáfica en los sistemas de producción

Una vez identificados los especímenes por cada sistema de uso de tierra, se determinaron los índices de diversidad Shannon - Wiener, Equidad, Simpson y Jaccard,).

Shannon – Wiener

Se utilizó la siguiente fórmula planteada por Smith y Smith (2001).

$$H = \sum_{i=1}^s (P_i)(\ln P_i)$$

Donde:

H' = Diversidad de especies

ln = logaritmo natural.

pi = Proporción de individuos en el total de la muestra que pertenecen la especie

Tabla 1

Valores de significancia para el Índice de Shannon Wiener

| Valores | Significancia |
|------------|------------------|
| < a 1.35 | Diversidad baja |
| 1.36 - 3.5 | Diversidad media |
| > 3.5 | Diversidad alta |

Fuente: Aguirre (2013)

Simpson (S)

$$S = 1/S(P_i)^2$$

Dónde:

S = Índice de Simpson

1/s = Probabilidad que individuos al azar de una población provenga de la misma especie

Pi = Proporción de individuos pertenecientes a la misma especie

En la **Tabla 1**, se muestra los valores y significancia con respecto al índice de Simpson

Tabla 2

Valores de significancia para el Índice de Dominancia de Simpson

| Valores | Significancia |
|-------------|------------------|
| 0 - 0.33 | Dominancia baja |
| 0.34 - 0.66 | Dominancia media |
| >0.66 | Dominancia alta |

Fuente: Aguirre (2013)

Índice de Margalef

$$DMg = \frac{S-1}{\ln(n)}$$

Donde:

S= número total de especies

n= número total de individuos observados

Tabla 3

Valores de Significancia para el Índice de Margalef

| Valores | Significancia |
|---------|---------------|
| < a 2 | Baja riqueza |
| 2.1 - 5 | Riqueza media |
| > 5 | Alta riqueza |

Fuente: Moreno (2001).

Para determinar la similitud de diversidad de macrofauna edáfica entre estratos y sistema de uso se de tierra se empleó el software PAST 2.02 Paleontological Statistics software package for education and data análisis, a la vez se realizó un análisis cluster que nos permite grupos homogéneos con respecto al sistema de uso, para posterior se realizó dendrogramas, con el fin de determinar si hubiera similitud entre los sistemas de uso y estratos. El índice utilizado fue Jaccard lo cual nos permitió medir la similitud entre sistemas de producción a través de la ausencia o presencia de macrofauna en cada una de ellas (sistemas de producción). La fórmula empleada fue:

$$IJ = \frac{C}{A + B - C} * 100$$

Dónde:

IJ= Índice de Jaccard

A= Número de especies en la comunidad A

B = Número de especies en la comunidad B

C = Número de especies comunes en ambas comunidades

Diseño de la investigación

fue no experimental, ya que no se manipulo variables, se analizó de forma natural cada sistema de uso de tierra, a su vez se empleó de estadística descriptiva con valores de media, mínima, máxima, desviación estándar, coeficiente de variación, et.

Técnicas estadísticas

Se empleo la prueba estadística de Kruscal Wallis para los datos obtenidos concerniente a la biomasa y densidad de macrofauna que no siguieron una distribución normal. Que nos permitió comparar estadísticamente entre sistemas de producción y las profundidades de donde se extrajeron las muestras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Biomasa y densidad poblacional de macrofauna edáfica en cuatro sistemas de producción (pastizal, aguaje, plantación mixta y bambú) en Pueblo Nuevo

Como se observa en la **Tabla 4** en los valores descriptivos de la biomasa (g/m^2) de la macrofauna en cuatro sistemas, en el sistema de Aguaje de 0-10 cm presento una media de $24,770 \text{ g/m}^2$, de 10-20 cm una media de 2.580 g/m^2 y de 20-30 cm una media de $0,050 \text{ g/m}^2$, para el sistema de Bambú mostró de 0-10 cm una media de $12,057 \text{ g/m}^2$, de 10-20 cm una media de $3,145 \text{ g/m}^2$, de 20-30 cm una media de $0,078 \text{ g/m}^2$, para el sistema de Mixto de 0-10 cm una media de $24,796 \text{ g/m}^2$, de 10-20 cm una media de 4.131 g/m^2 , de 20-30 cm una media de $1,051 \text{ g/m}^2$, para el sistema Pastizal de 0-10 cm una media $29,860 \text{ g/m}^2$, de 10-20 cm una media de $6,688 \text{ g/m}^2$, de 20-30 cm una media de $1,427 \text{ g/m}^2$.

Biomasa (g/m^2)

Tabla 4

Valores descriptivos de la biomasa (g/m^2) de macrofauna en cuatro sistemas

| Sistema | Profundidad | N | Media | D.E | E.E | C.V | Min | Max |
|----------|-------------|---|--------|--------|-------|---------|--------|--------|
| Aguaje | 0-10 cm | 5 | 24.770 | 19.890 | 8.900 | 80.300 | 0.560 | 46.270 |
| Aguaje | 10-20 cm | 5 | 2.580 | 4.060 | 1.810 | 157.170 | 0.000 | 9.270 |
| Aguaje | 20-30 cm | 5 | 0.050 | 0.100 | 0.050 | 223.610 | 0.000 | 0.230 |
| Bambú | 0-10 cm | 5 | 12.057 | 7.401 | 3.310 | 61.385 | 7.310 | 25.072 |
| Bambú | 10-20 cm | 5 | 3.145 | 4.550 | 2.035 | 144.665 | 0.000 | 9.939 |
| Bambú | 20-30 cm | 5 | 0.078 | 0.174 | 0.078 | 223.607 | 0.000 | 0.389 |
| P.mixto | 0-10 cm | 5 | 24.796 | 21.373 | 9.558 | 86.194 | 9.805 | 60.344 |
| P.mixto | 10-20 cm | 5 | 4.131 | 4.714 | 2.108 | 114.104 | 0.000 | 9.717 |
| P.mixto | 20-30 cm | 5 | 1.051 | 1.476 | 0.660 | 140.383 | 0.000 | 3.088 |
| Pastizal | 0-10 cm | 5 | 29.860 | 12.394 | 5.543 | 41.506 | 12.406 | 46.571 |
| Pastizal | 10-20 cm | 5 | 6.688 | 5.038 | 2.253 | 75.332 | 1.434 | 14.349 |
| Pastizal | 20-30 cm | 5 | 1.427 | 2.419 | 1.082 | 169.511 | 0.000 | 5.693 |

D.E: Desviación estándar; E.E: Error estándar; C.V: Coeficiente de variación; Min: Mínimo; Max: Máximo

En la **Tabla 5** se observa mediante la prueba de Kruskal Wallis de la biomasa (g/m^2) de macrofauna en los cuatro sistemas, no se registraron diferencias estadísticas significativas con un p-valor (0,200). Sin embargo, numéricamente el sistema Pastizal presento un $38,92 \text{ g/m}^2$ siendo superior a los demás, seguidamente, se encuentra el sistema mixto con $30,80 \text{ g/m}^2$, el sistema Aguaje con $29,07 \text{ g/m}^2$, el sistema Bambú con $16,16 \text{ g/m}^2$.

Tabla 5

Prueba de Kruskal Wallis de la biomasa (g/m^2) de macrofauna en cuatro sistemas de producción

| Sistema | N | Medias | D.E | Medianas | gl | H | P |
|----------|---|--------|-------|----------|----|------|---------------------|
| Aguaje | 5 | 29.07 | 22.85 | 38.82 | 3 | 4.63 | 0.200 ^{NS} |
| Bambu | 5 | 16.16 | 10.19 | 11.45 | | | |
| P.mixto | 5 | 30.8 | 25.41 | 19.9 | | | |
| Pastizal | 5 | 38.92 | 9.98 | 36.37 | | | |

**: altamente significativo; * significativo; NS: no significativo

Con respecto a la **Tabla 6**, se muestra la prueba de Kruskal Wallis para la biomasa (g/m^2) de macrofauna en tres profundidades (0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm), que existen diferencias estadísticas altamente significativas con un p-valor de (0,001), que resulta ser inferior al 5 %.

Tabla 6

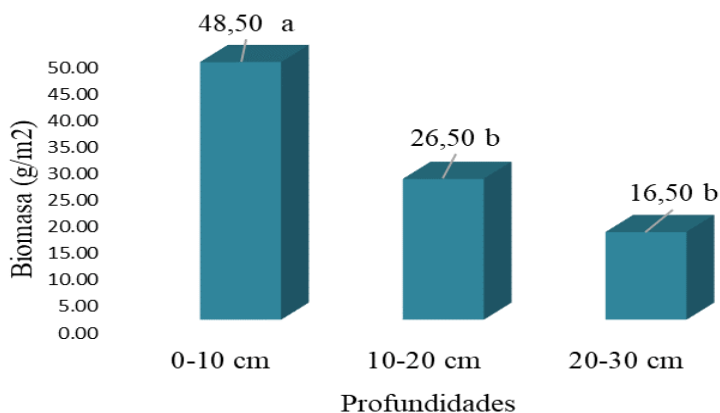
Prueba de Kruskal Wallis para la biomasa de macrofauna en tres profundidades

| Profundidades | N | Medias | D.E | Medianas | gl | H | P |
|---------------|----|--------|------|----------|----|-------|---------|
| 0-10 cm | 20 | 22.87 | 16.4 | 19.83 | 2 | 35.15 | 0.001** |
| 10-20 cm | 20 | 4.14 | 4.52 | 2.87 | | | |
| 20-30 cm | 20 | 0.65 | 1.44 | 0.00 | | | |

**: altamente significativo; * significativo; NS: no significativo

Figura 1

Comparación de medias de macrofauna en tres profundidades



En la **Figura 3** se puede observar en la comparación de medias de macrofauna en tres profundidades, se presentó una biomasa de 48,50 g/m² a una profundidad de 0-10 cm, del mismo modo, una biomasa de 26,50 g/m² a una profundidad de 10-20 cm y, por último, una biomasa de 16,50 g/m² a una profundidad de 20-30 cm.

Con respecto a lo anteriormente mencionado, desde el punto de vista de los sistemas de producción donde el sistema Pastizal presentó un 38,92 g/m² siendo superior a los demás, seguidamente, se encuentra el sistema mixto con 30,80 g/m², el sistema Aguaje con 29,07 g/m², el sistema Bambú con 16,16 g/m²; por otro lado, con respecto a la profundidad se presentó una biomasa de 48,50 g/m² a una profundidad de 0-10 cm, del mismo modo, una biomasa de 26,50 g/m² a una profundidad de 10-20 cm y, por último, una biomasa de 16,50 g/m² a una profundidad de 20-30 cm.

En tal sentido, el autor Pashanasi (2001) realizó un estudio de la macrofauna del suelo para cada zona: en Yurimaguas y Pucallpa. Para bosque primario, presentaron una biomasa de 5,1 a 32,4 g peso fresco/m², los resultados de dicho autor se asemejan a los resultados en la investigación; de igual modo, para el autor Panduro, (2013) en su estudio la diversidad de macrofauna en diferentes sistemas de uso del suelo en el BRUNAS, Tingo María, evaluó sistemas tipo pastizal, bosque secundario, bambuzal, tornillal y cacaotal. Los resultados obtenidos fueron una biomasa superior en pastizal con 332,13 g/m², seguido por el cacao con 156,26 g/m², bosque con 50,29 g/m², tornillal con 27,36 g/m² y Bambuzal con 14,69 g/m², con referencia a los resultados del autor en comparación con nuestros resultados, se difiere en cuanto a los datos obtenidos en el sistema de producción de Pastizal, sin embargo, los resultados se asemejan en el sistema de producción Bambú; asimismo, el autor Casimiro (2022) determinó la abundancia de macrofauna del suelo en dos sistemas agroforestales en el fundo Alborada, en Tingo María, Los resultados obtenidos en los sistemas agroforestales Teobroma cacao L. "cacao" variedad CCN - 55 con *Calycophyllum spruceanum* "capirona" presenta una biomasa de la macrofauna de 7,12 g/m², y Teobroma cacao L. "cacao" variedad aromática CPM - 15 con *Guazuma Crinita* "bolaina blanca" presenta una biomasa de 14,1 g/m², dichos resultados difieren con los resultados obtenidos en la investigación.

En resumen, a lo anterior, cabe resaltar que factores de clima, edafología y tipo de especie pueden influenciar en el proceso de producir y generar biomasa, además, el uso de insumos agroquímicos produce una posible disminución en el desarrollo de la raíz y una alteración en el microclima del suelo.

Densidad (ind/m²)

En la **Tabla 7**, se muestra los valores descriptivos de la densidad de macrofauna (Ind/m²) en los cuatro sistemas de producción, donde se presenta el sistema Aguaje con una media de 76,8 Ind/m², en el sistema Bambu una media de 80 Ind/m², en el sistema P. mixto una media de 137,6 Ind/m² y en el sistema Pastizal una media de 201,6 Ind/m², obteniendo una media superior a los demás.

Tabla 7

Valores descriptivos de la densidad de macrofauna (Ind/m²) en cuatro sistemas de producción

| Sistema | N | Media | D.E | E.E | C.V | Min | Mx |
|----------|---|-------|-------|-------|-------|-----|-----|
| Aguaje | 5 | 76.8 | 49.83 | 22.29 | 64.89 | 16 | 128 |
| Bambu | 5 | 80 | 37.52 | 16.78 | 46.9 | 48 | 128 |
| P.mixto | 5 | 137.6 | 64.6 | 28.89 | 46.95 | 80 | 240 |
| Pastizal | 5 | 201.6 | 31.19 | 13.95 | 15.47 | 160 | 240 |

D.E: Desviación estándar; E.E: Error estándar; C.V: Coeficiente de variación; Min: Mínimo; Max: Máximo

Como se presenta en la **Tabla 8** en la prueba de Kruscal Wallis para la densidad (Ind/m²) de macrofauna en los cuatro sistemas de producción (sistema Aguaje, sistema Bambu, sistema P. mixto y sistema Pastizal) se puede observar que existen diferencias estadísticas altamente significativas, presentando un p-valor de (0,0142).

Tabla 8

Prueba de Kruscal Wallis para la densidad de macrofauna en cuatro sistemas de producción

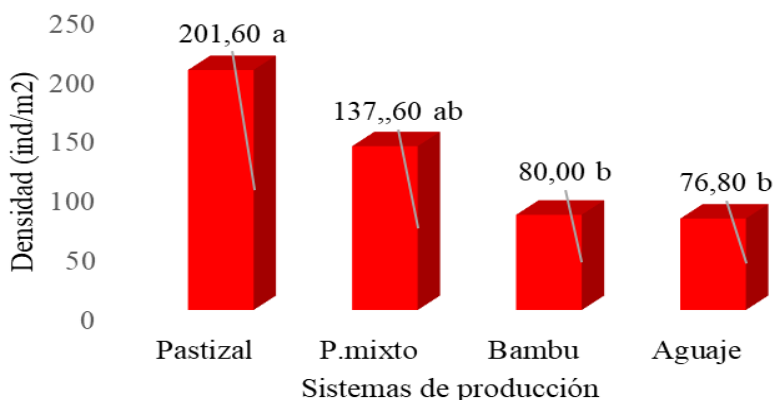
| Sistema | N | Media | D.E | Medianas | gl | H | P |
|----------|---|-------|-------|----------|----|-------|----------|
| Aguaje | 5 | 76.8 | 49.83 | 64 | 3 | 10.48 | 0.0142** |
| Bambú | 5 | 80 | 37.52 | 64 | | | |
| P.mixto | 5 | 137.6 | 64.6 | 112 | | | |
| Pastizal | 5 | 201.6 | 31.19 | 192 | | | |

** : altamente significativo; * significativo; NS: no significativo

Para la **Figura 4** en la comparación de medias de la densidad de macrofauna (ind/m²) en cuatro sistemas, se presentó una media superior en el sistema Pastizal de 201,60 ind/m², el sistema P. mixto con una media de 137,60 ind/m², el sistema Bambu con una media de 80,00 ind/m² y el sistema Aguaje con una media de 76,80 ind/m². Con respecto a lo anterior, para los autores Quiroz *et al.* (2021) que realizaron una caracterización de la macrofauna edáfica en diferentes sistemas agroforestales, en Nicaragua. La mayor abundancia se encontró en el sistema CMIE: Café, musáceas, Inga, Erithryna y árboles (162 individuos) en la época lluviosa y mínima en el sistema CA: Café y árboles en época seca y época lluviosa (91 individuos) en la época seca, dichos resultados difieren con los de la investigación realizada, asimismo, para el autor Pashanasi (2001) realizó un estudio de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en Yurimaguas y Pucallpa. El bosque primario presentó una densidad (382 a 853 individuos/m²). Los cultivos de esta comunidad, cuya densidad es de 362 a 574 individuos/m². Las pasturas tienen una densidad de su población varía en un rango de 654 a 1 034 individuos/m². En las purmas, la densidad poblacional está en un rango de 334 a 838 individuos/m², resultados superiores a los de la investigación ejecutada.

Figura 2

Comparación de medias de la densidad de macrofauna (ind/m²) en cuatro sistemas



De la misma forma, para el autor Panduro (2013) estudio la diversidad de macrofauna en diferentes sistemas de uso del suelo en el BRUNAS, Tingo María. Los resultados obtenidos fueron con respecto a la densidad de macrofauna, donde el pastizal obtuvo mayor densidad con 2 704 ind/m², Cacao con 1 200 ind/m² y bambuzal con 496 ind/m², los resultados de dicho autor difieren notablemente con los de la investigación realizada, de modo similar, el autor Casimiro (2022) determinó la abundancia de macrofauna del suelo en dos sistemas agroforestales en Tingo María, Los resultados obtenidos en los sistemas agroforestales *Teobroma cacao* variedad CCN - 55 con *Calycophyllum spruceanum* presenta una densidad de 1028 ind.m⁻², y *Teobroma cacao* variedad aromática CPM - 15 con *Guazuma Crinita*, presenta la densidad de especies es de 758 ind.m⁻², en comparación con los resultados de la investigación se observa la diferencia en la densidad de macrofauna.

Con lo mencionado anteriormente, la diferencia en los resultados de la investigación se debe posiblemente a los nutrientes que se encuentran disponibles en el suelo de los diversos sistemas de producción estudiados, adicionalmente, la humedad es un factor de importancia en la densidad de macrofauna edáfica.

Diversidad de macrofauna edáfica en cuatro sistemas de producción (pastizal, aguaje, plantación mixta y bambú) en Pueblo Nuevo.

Abundancia de macrofauna

En la **Tabla 9**, se muestra la abundancia de familia de macrofauna edáfica en cuatro sistemas de producción, donde el sistema de producción Aguaje obtuvo 24 individuos, para el sistema de producción Bambú 25 individuos, para el sistema de producción mixto con 43 individuos y el sistema de producción Pastizal 63 individuos, quien resulto superior a comparación de los demás.

Tabla 9

Abundancia de familia de macrofauna edáfica en cuatro sistemas de producción

| Orden de fila | Aguaje | bambú | Plantación mixta | Pastizal |
|---------------|--------|-------|------------------|----------|
| Blatellidae | - | - | - | 1 |
| Carabidae | - | - | 1 | - |
| Formicidae | - | - | - | 1 |
| Gryllidae | - | - | - | 1 |
| Helicidae | 1 | - | - | - |
| Labiduridae | 1 | 1 | - | - |
| Lumbricidae | 22 | 20 | 38 | 57 |
| Lycosidae | - | - | - | 1 |
| Miriapoda | - | - | - | 1 |
| Scarabaeidae | - | 4 | 4 | 1 |
| Total | 24 | 25 | 43 | 63 |

Como se menciona anteriormente, la abundancia de familia de macrofauna edáfica en cuatro sistemas de producción, donde el sistema de producción Aguaje obtuvo 24 individuos con (01 helicidae, 01 Labiduridae y 22 Lumbricidae), para el sistema de producción Bambu con (01 Labiduridae, 20 Lumbricidae y 04 Scarabaeidae), para el sistema de producción plantación mixto con (01 Carabidae, 38 Lumbricidae, 04 Scarabaeidae) y el sistema de producción Pastizal con (01 Blatellidae, 01 Formicidae, 01 Gryllidae, 57 Lumbricidae, 01 Lycosidae, 01 Miriapoda y 01 Scarabaedidae). Con lo antes mencionado, los autores Quiroz *et al.* (2021) realizaron una caracterización de la macrofauna edáfica en diferentes sistemas agroforestales en Nicaragua, los sistemas evaluados fueron Café, musáceas, Inga, Erithryna y árboles, CIE: Café, Inga, Erithryna y árboles y CA: Café y árboles en época seca y época lluviosa. La abundancia de la macrofauna favorece la presencia de especie de Philoscidae y lombrices de suelos orden Haplotaxida, los resultados de dicho autor no se asemejan a los obtenidos en nuestra investigación, de igual forma, en la investigación el autor Zerbino (2010) evaluó la macrofauna del suelo en rotaciones cultivos–pasturas con laboreo convencional, los grupos taxonómicos más abundantes fueron Oligochaeta y Coleóptera, dichos resultados difieren con los de la investigación realizada, por otro lado, los autores Del Carmen *et al.* (2017) compararon la macrofauna del suelo en sistema agroforestal, potrero tradicional y bosque latifoliado en Nicaragua. La riqueza taxonómica, encontrada fue de 27 grupos de artrópodos identificados y 8425 individuos seguido por la clase arácnida con 5 órdenes y 1411 individuos de los cuales los ácaros ocupan el 69%. En tal sentido, la diferencia en los resultados se debe posiblemente al tipo de cobertura vegetal que existe en el área de estudio junto con el sistema de producción, además dichos componentes se pueden ver influenciados por las características de climatológicas, indicadores fisicoquímicos del suelo, cabe mencionar que una fragmentación de hábitad puede darse por la pérdida de materia orgánica.

Diversidad alfa

Como se observa en la **Tabla 10**, la diversidad alfa en cuatro sistemas de producción donde para el índice Simpson se presenta el sistema de producción Bambú con 0,3328 quien fue superior con respecto a los demás; para el índice de Shannon se presenta el sistema de producción Bambú con 0,6005, siendo superior; y, por último, para el índice de Margalef se presenta el sistema de producción Pastizal con 1,448.

Tabla 10

Diversidad alfa en cuatro sistemas de producción

| índices | Aguaje | bambú | P.mixto | Pastizal |
|-------------|--------|--------|---------|----------|
| Simpson_1-D | 0.1563 | 0.3328 | 0.2098 | 0.1799 |
| Shannon_H | 0.3446 | 0.6005 | 0.4176 | 0.4851 |
| Margalef | 0.6293 | 0.6213 | 0.5317 | 1.448 |

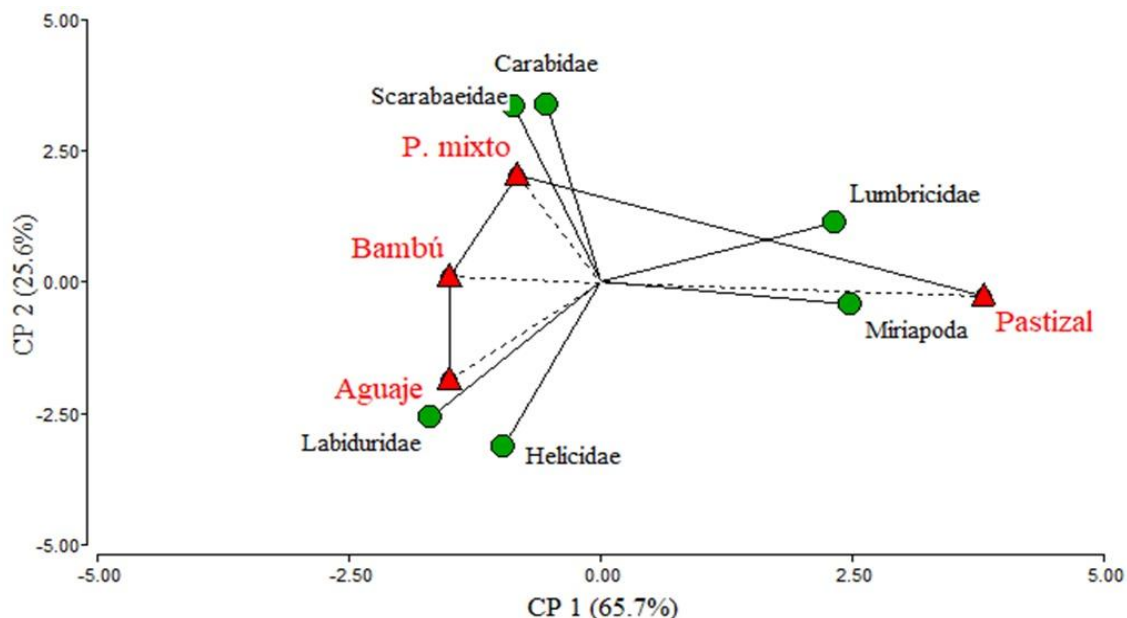
De acuerdo con lo anterior, los autores Quiroz *et al.* (2021) realizaron una caracterización de la macrofauna edáfica en diferentes sistemas agroforestales. El índice de diversidad de Shannon fue más alto en el sistema CA: Café y árboles en época seca y época lluviosa (2,73) en la época seca y mínimo en el sistema CIE: Café, Inga, Erithryna y árboles (1,44), resultados superiores a los de la investigación realizada, del mismo modo, en su estudio el autor Panduro (2013) de la diversidad de macrofauna en diferentes sistemas de uso del suelo en el BRUNAS, Tingo María. Los índices de diversidad fueron: Shannon – Wiener (H') obtuvo valores de 1,47 en el tornillal, 1,50 para bambuzal, 0,48 en el pastizal, 1,31 en el sistema de bosque y 1,76 para el cacaotal, por su parte, los autores Del Carmen *et al.* (2017) compararon la macrofauna del suelo en sistema agroforestal, potrero tradicional y bosque latifoliado en microcuenca del trópico seco, Tomabú, Nicaragua, los valores más altos para el índice de Shannon (H') fueron para el sistema bosque y menores para los sistemas silvopastoril y potrero tradicional, con valores de 1,93, 1,69 y 1,68 respectivamente, siendo índices superiores en comparación a los de la investigación. Por consiguiente, el índice de diversidad es influenciado posiblemente por la cantidad de especies que existan en el área de estudio, además, el manejo silvicultural y el empleo de agroquímicos genera un deterioro en la diversidad de macrofauna en el suelo, asimismo, la erosión, la degradación del suelo ocasiona pérdida de hábitad para la macrofauna.

Diversidad beta

Para la **Figura 6**, se muestra el análisis de componentes principales de los cuatro sistemas de producción, donde los sistemas mixtos, Bambú y Aguaje presentan similitud en la diversidad de familias, por otro lado, se encuentra el sistema de producción Pastizal que no presenta similitud con los demás sistemas de producción.

Figura 3

Análisis de componentes principales de los cuatro sistemas de producción



En la **Tabla 11**, se muestra la diversidad beta con el índice de Jaccard en cuatro sistemas de producción, donde el sistema de producción de Aguaje obtuvo similitud (0,500) con el sistema de producción Bambú, también, el sistema de producción Bambú obtuvo similitud (0,500) con el sistema de producción Aguaje y mixto, además, el sistema de producción mixto obtuvo similitud (0,500) con el sistema de producción Bambú, y por último, el sistema de producción Pastizal obtuvo similitud (0,250) con el sistema de producción Bambú y mixto.

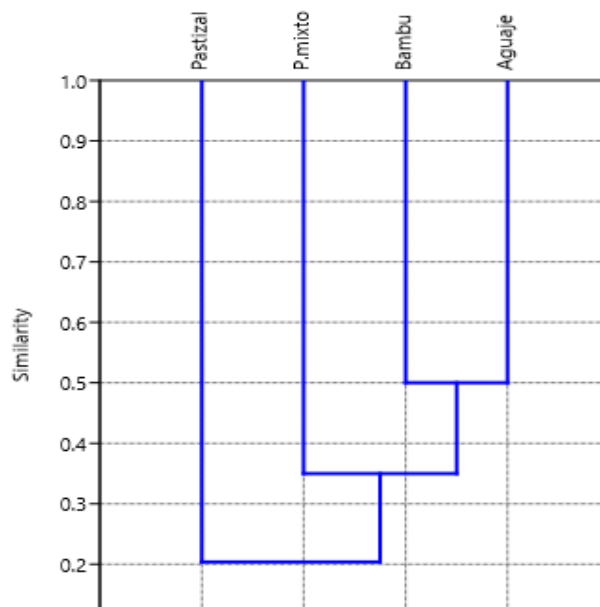
Tabla 11

Diversidad beta en cuatro sistemas de producción.

| Sistemas | Aguaje | Bambú | Plantación mixta | Pastizal |
|----------|--------|-------|------------------|----------|
| Aguaje | 1.000 | 0.500 | 0.200 | 0.111 |
| Bambú | 0.500 | 1.000 | 0.500 | 0.250 |
| P.mixto | 0.200 | 0.500 | 1.000 | 0.250 |
| Pastizal | 0.111 | 0.250 | 0.250 | 1.000 |

Figura 4

Índice de similitud de Jaccard para los cuatro sistemas de producción



En la **Figura 7**, se observa el primer grupo con similitud donde se encuentra el sistema de producción Bambú y Aguaje (0,500), por otro lado, se encuentran otros sistemas de producción con nivel de similitud inferior (0,250) sistema de producción P. mixto y Pastizal.

Con respecto a los anterior, en la investigación del autor Hernández (2018) buscó determinar el índice beta de la macrofauna edáfica, en la metodología se estudiaron las siguientes áreas : Área de conservación, Bosque maduro, Bosque intermedio y Zona de aprovechamiento; como resultado se obtuvo en el índice de diversidad beta (Jaccard) que para el Área de Bosque maduro y la Zona de aprovechamiento obtuvo un valor de similitud de 0,41, para Bosque maduro y la Zona de aprovechamiento presentó un 0,6, que dio lugar a una mayor similitud en cuanto a la composición, del mismo modo el autor Trávez (2020) en su investigación de la macrofauna edáfica, con la finalidad de determinar la diversidad de la macrofauna edáfica, estudio las siguientes zonas: Bosque nativo, Bosque plantado, Pastizal y Monocultivo. Para los resultados el índice de diversidad beta (Sorensen) se obtuvo que para el Bosque plantado y Bosque nativo resulto un 0,70 de similitud, por otro lado, la zona de Pastizal, Monocultivo, Bosque plantado y Bosque nativo presento un valor de 0,50, los datos obtenidos por los autores antes mencionados se asemejan a los de la investigación realizada. En este contexto, el índice de Jaccard puede verse influencia a las características de la zona donde se realiza la investigación, del mismo modo, existes factores que pueden influenciar adicionalmente como la temperatura, humedad y las características topográficas.

CONCLUSIONES

En los tres niveles del fuste de la especie *M. pellucida*, se obtuvo los siguientes valores del pH siendo en el nivel base de 4,638, seguido del nivel medio con un pH de 4,792 y por último el nivel del ápice con un pH de 4,724 el cual nos indica que la especie en estudio presenta acidez débil ya que se encuentra dentro de los rangos de 4 a 6, también concluimos que con la comparación de medias nos dice que no existen diferencias significativas entre los niveles del fuste con respecto al pH.

La especie *M. pellucida*, posee una capacidad buffer ácida que fluctúa de 0,25 ml a 2,20 ml, presentando un promedio de 0,83 ml en el nivel base, en el nivel medio presenta 1.01 ml y en el nivel ápice 0,82 ml mostrando que estadísticamente no presentan diferencias significativas en los tres niveles del fuste (base, media y ápice).

La especie *M. pellucida*, posee una capacidad buffer alcalina que fluctúa de 0,150 ml a 0,275 ml, también muestra que en el nivel base tiene un promedio de volumen usado de 0,20 ml, en el nivel medio un promedio de volumen usado 0,22 ml y en el nivel del ápice posee un promedio de volumen de 0,20 ml también indica que estadísticamente no presentan diferencias significativas a nivel del fuste (base, media y ápice).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Brown, G; Fragoso, C; Barois, I; Rojas, P; Bueno, P; Moreno, A; Lavelle, P; Ordas, V; Rodríguez, C. (2001). Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos.
- Caldas, B., Santos, C., Reategui, R. (2023). Sustentabilidad ambiental de fincas cafetaleras del valle del Monzón – Huánuco. *Rev. Inst. Investig. Fac. Minas. Metal. Cienc. Geogr.* 26(52)
- Casimiro (2022) Abundancia de macrofauna del suelo en dos sistemas agroforestales en el fundo Alborada, distrito Castillo Grande – provincia Leoncio Prado. [Tesis pre grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva] Repositorio UNAS.
<https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/2240>
- Del Carmen, A., Bartolomé, J., González, N. (2017) Estudio comparativo macrofauna del suelo en sistema agroforestal, potrero tradicional y bosque latifoliado en microcuenca del trópico seco, Tomabú, Nicaragua. *Rev. Ciencias Ambientales.* 22 (1): 39 – 49.
- Hernández, U. (2018). Macrofauna edáfica asociada a un bosque de Pino con Aprovechamiento Foresta en Eloxochitlán, Zacatlán, Puebla. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Puebla]. Repositorio institucional BUAP.
<https://repositorioinstitucional.buap.mx/bitstream/handle/20.500.12371/8098/351118T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Panduro, F. (2013) Diversidad de macrofauna en diferentes sistemas de uso del suelo en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María. [Tesis pre grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva] Repositorio UNAS.
<http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1060>
- Pashanasi, B. (2001). Estudio cuantitativo de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonia peruana. *Rev. Folia amazónica.* 12(1-2): 75- 97.
- Quiroz, C., Castellon, J., Cae, N., Ortiz, M., Zuñiga, C. (2021). Caracterización de la macrofauna edáfica en diferentes sistemas agroforestales, en el Municipio de San Ramón, Departamento de Matagalpa, Nicaragua. *Rev Científica Nexo.* 34 (2): 572-582.
- Trávez, K. (2020). Diversidad de los macroinvertebrados edáficos y su relación con la calidad de suelo en un gradiente de intensidad de uso de la tierra en la Esperanza- Pedro- Moncayo- Ecuador. [Tesis de pregrado, Universidad central del Ecuador]. Repositorio institucional de UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/21140/1/T-UCE-0016-CBI-052.pdf>
- Zerbino, S. (2010). Evaluación de la macrofauna del suelo en rotaciones cultivos–pasturas con laboreo convencional. INIA La Estanzuela. Uruguay