

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



COMPONENTE MICROBIOLÓGICO (MACRO INVERTEBRADOS) EN EL
SISTEMA DE USO DEL SUELO (*Theobroma cacao* L.) CACAO Y (*Guazuma*
***crinita* L.) BOLAINA EN EL FUNDO ROSALES – CASTILLO GRANDE**

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES MENCIÓN
CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

Presentado por:

FRANKLIN DAZA ROMERO

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María – Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

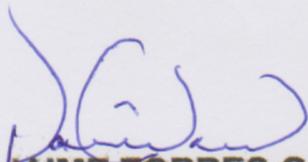
Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 22 de Junio del 2017, a horas 11:00 a.m. en la Sala de Sesiones del Departamento Académico de Ciencias en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

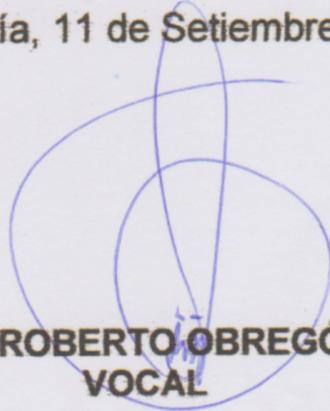
“DETERMINACIÓN DEL COMPONENTE MACRO BIOLÓGICO (MACRO INVERTEBRADOS) DEL SISTEMA DE USO DEL SUELO CACAO (*Theobroma cacao* L.) Y BOLAINA (*Guazuma crinita*), EN EL FUNDO LOS ROSALES – CASTILLO GRANDE”

Presentado por el Bachiller: **FRANKLIN DAZA ROMERO**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“BUENO”**

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

Tingo María, 11 de Setiembre del 2017.


Ing. **JAIME TORRES GARCÍA**
PRESIDENTE


Ing. Mg. **ROBERTO OBREGÓN PEÑA**
VOCAL


Ing. **EDILBERTO DÍAZ QUINTANA**
VOCAL

Ing. M.Sc. **SANDRO J. RUIZ CASTRE**
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES



COMPONENTE MICROBIOLÓGICO (MACRO INVERTEBRADOS) EN EL
SISTEMA DE USO DEL SUELO (*Theobroma cacao* L.) CACAO Y (*Guazuma*
***crinita* L.) BOLAINA EN EL FUNDO ROSALES – CASTILLO GRANDE**

Autor : Franklin, DAZA ROMERO

Asesor : Ing. M.Sc. Sandro Jr. RUIZ CASTRE

Programa de Investigación : Ciencias Básicas

Línea (S) de investigación : Física y Química de Suelos

Eje temático de investigación : Indicadores de la calidad del suelo

Lugar de Ejecución : Fundo Los Rosales, distrito Castillo Grande.

Duración : Fecha de Inicio : 06/06/2015
Termino : 02/03/2017

Financiamiento :

Propio : Si

Monto : 1990.30

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis padres: Félix Daza Vidal y Pascuala Romero de Daza, quiénes han sido un apoyo incondicional siendo mi guía en las diferentes etapas de mi vida, transmitiéndome valores, brindándome consejos y luchando a mi lado.

A mi familia, amigos y personas especiales en mi vida que son las personas que depositaron su confianza los que estuvieron involucrados, ayudándome en mi formación profesional y en la realización de este trabajo de investigación.

AGRADECIMIENTO

A mis padres, mis hermanos que son las personas que me han ofrecido el amor y la calidez de la familia a la cual amo.

Al Ing. M.Sc. Sandro Ruíz Castre, por la confianza depositada y por su valioso apoyo y amistad brindada para concluir con este trabajo.

A la Universidad Nacional Agraria de la selva (UNAS), a la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente (FARENA) por apoyarnos y facilitarnos este espacio de superación.

ÍNDICE

página

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
	1.1. Objetivo general.....	2
	1.2. Objetivos pecífico.....	2
II.	REVISIÓN.....	4
	2.1. Ecología del suelo.....	4
	2.2. Cobertura vegetal: Área de no bosque amazónico (ANO - BA) ¡Error!	
	Marcador no definido.	
	2.3. Macro fauna del suelo.....	4
	2.4. Grupos funcionales de la macro fauna.....	4
	2.4.1. Herbívoros.....	4
	2.4.2. Detritívoros.....	5
	2.4.3. Depredadores.....	5
	2.5. Relaciones macro fauna - hábitat.....	6
	2.6. Biodiversidad o diversidad biológica.....	6
	2.6.1. Tipos de diversidad.....	6

2.6.2. Diversidad genética.....	7
2.6.3. Diversidad de especies	7
2.6.4. Diversidad de ecosistemas	7
2.6.5. Medidas e índices de diversidad	7
2.6.5.1. Índices de diversidad alfa.....	20
2.6.5.2. Medición de la diversidad beta.....	22
2.6.5.3. Medición de la diversidad gamma.....	23
2.7. Clima	24
2.8. Características del suelo	10
2.9. Relación entre macro fauna y micro fauna; Error! Marcador no definido.	
2.10. Bolaina blanca (<i>Guazuma crinita</i> L.)	10
2.11. Sistemas agroforestales.....	10
2.12. Sistema agro silvícola con cacao	11
2.13. Fertilización y manejo de suelos	11
2.14. Cambio climático y sistemas agroforestales	12
2.15. La biomasa.....	12
2.16. Antecedentes de trabajos relacionados con la investigación	13
III. MATERIALES Y METODOS.....	32

3.1. Lugar de ejecución de la investigación.....	21
3.1.1. Ubicación política	
3.1.2. Ubicación geográfica.....	
3.1.3. Ubicación en coordenadas UTM del sistema agroforestal.....	21
3.1.4. Clima	21
3.1.5. Ecología	21
3.1.6. Fisiografía.....	21
3.1.7. Suelo	22
3.1.8. Hidrografía.....	22
3.1.9. Accesibilidad.....	22
3.2. Materiales, herramientas y equipos.....	23
3.2.1. Materiales de escritorio	23
3.2.2. Materiales de campo.....	23
3.2.3. Materiales de laboratorio	23
3.2.4. Herramientas	23
3.2.5. Equipos	23
3.3. Metodología	24

3.3.1. Establecer la relación que existe entre el sistema de uso (agroforestal) con la población de macro invertebrados.....	24
3.3.2. Estimar la diversidad, densidad y biomasa de la macro fauna en el sistema de uso (agroforestal) del suelo estudiado.....	27
3.4. Análisis de datos	28
3.5. Análisis estadístico.....	
3.6. Variables en estudio.....	
3.6.1. Variable dependiente.....	31
3.6.2. Variable independiente	31
IV. RESULTADOS.....	46
4.1. Establecer la relación que existe entre el sistema de uso (agroforestal) con la población de macro invertebrados	32
4.1.1. Análisis de la abundancia de la macro fauna	32
4.1.1.1. Abundancia de individuos en el sistema de manejo.....	32
4.1.2. Abundancia de macro fauna por profundidad del suelo.....	33
4.2. Estimar la diversidad, densidad y biomasa de la macro fauna en el sistema de uso (agroforestal) del suelo estudiado.....	36
4.2.1. Índice de diversidad de unidades de vegetación	36

4.2.2. Diversidad de la macro fauna del suelo con base en el índice de Shannon-Wiener	37
4.2.3. Índice de Simpson	37
4.2.4. Diversidad de macro fauna estimada por estratos vs abundancia de macro fauna	37
4.2.5. Índice de diversidad de Margalef	38
4.3. Ordenes de macro fauna identificados en el estudio.....	39
V. DISCUSIÓN.....	55
VI. CONCLUSION.....	58
VII. RECOMENDACIONES.....	
VIII. RESUMEN.....	60
IX. REFERENCIAS	
BIBLIOGRAFICAS.....	61
X. ANEXO.....	68
10.1. Panel fotográfico.....	68

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	pág.
1. Clasificación de macro fauna del suelo.....	¡Error! Marcador no definido.
2. Clasificación de macro fauna del suelo.....	¡Error! Marcador no definido.
3. Ubicación de la parcela de investigación cacao con bolaina	21
4. Parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo (variables).....	31
5. Abundancia de individuos	32
6. Individuos por sustrato	34
7. Valores de diversidad de Shannon-Wiener por estrato y abundancia de macro fauna	38
8. Cantidad de individuos por muestra en el bloque I.	74
9. Cantidad de individuos por muestra en el bloque II.	75
10. Cantidad de individuos por muestra en el bloque III.	76
11. Cantidad de individuos por muestra en el bloque IV.	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	pág.
1. Relación entre las actividades de la macro fauna ¡Error! Marcador no definido.	
2. Diagrama del muestreo de suelos.....	24
3. Esquema del plan de muestreo.....	25
4. Transectos y distribución de monolitos para la caracterización de la macro fauna en el fundo los rosales	26
5. Cantidad de individuos colectados por estratos	35
6. Índice de diversidad por unidad de vegetación en el sistema de	36
7. Índice de diversidad por unidad de vegetación en órdenes de macro fauna identificados en la investigación.....	39
8. Parcelas donde se realizó el trabajo	69
9. Recolección de monolitos para el análisis de macro fauna.....	70
10. Recolección de monolitos	71
11. Separacion de los individuos del suelo	72
12. Selección de los individuos por orden.....	73

RESUMEN

La investigación se realizó con la finalidad de determinar la abundancia y los índices de diversidad para determinar la macrofauna en el suelo de un sistema agroforestal (*Theobroma cacao* L.) cacao y (*Guazuma crinita* L.) bolaina, ubicado en el fundo los Rosales, Castillo Grande. La metodología implementada fue la propuesta por el programa Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF), en cuatro bloques con seis monolitos cada uno, se consideró trabajar con la suma total de individuos encontrados debido a que las características físicas de las parcelas fueron homogéneas. Los resultados muestran una relación funcional entre el número total de especies con 1,535 y el número total de individuos de 16 donde las especies de mayor importancia en este sistema fue la Oligochaeta, seguido de Diplopoda y en menor importancia la Isóptera a una profundidad de 0 a 10 cm. Presenta una baja diversidad de macro fauna según valores del índice de Shannon-Wiener (diversidad equitativa), Simpson_1-D (índice de dominio) refleja un índice muy significativo, margalef (índice de riqueza específica) reporta que existe una relación funcional entre el número total de especies y el número total de individuos

RESUMEN

La investigación se realizó con la finalidad de determinar la abundancia y los índices de diversidad para determinar la macrofauna en el suelo de un sistema agroforestal (*Theobroma cacao* L.) cacao y (*Guazuma crinita* L.) bolaina, ubicado en el fundo los Rosales, Castillo Grande. La metodología implementada fue la propuesta por el programa Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF), en cuatro bloques con seis monolitos cada uno, se consideró trabajar con la suma total de individuos encontrados debido a que las características físicas de las parcelas fueron homogéneas. Los resultados muestran una relación funcional entre el número total de especies con 1,535 y el número total de individuos de 16 donde las especies de mayor importancia en este sistema fue la Oligochaeta, seguido de Diplopoda y en menor importancia la Isóptera a una profundidad de 0 a 10 cm. Presenta una baja diversidad de macro fauna según valores del índice de Shannon-Wiener (diversidad equitativa), Simpson_1-D (índice de dominio) refleja un índice muy significativo, margalef (índice de riqueza específica) reporta que existe una relación funcional entre el número total de especies y el número total de individuos

I. INTRODUCCIÓN

La población faunística de los suelos varía grandemente, desde pequeños roedores a organismos unicelulares microscópicos. Esta variación de fauna, obedeciendo a sus tamaños, ha llevado a clasificarlo en tres grupos principales: macro fauna, meso fauna y micro fauna. La macro fauna ocupa un lugar importante en el suelo debido a su actividad, como la remoción y mezcla de horizontes, la apertura de galerías, entre otros, que permite mejorar las propiedades físicas del suelo (FERNÁNDEZ, 2002; PORTA *et al.*, 1999).

La alteración de biomasa, la densidad y la diversidad de la macro fauna y otros organismos del suelo, ocasiona un desequilibrio en el ecosistema del suelo. El estudio de estos parámetros en la macro fauna, según algunos estudios, confirman que la eliminación o pérdida de algunas especies favorece la abundancia de otras ocasionando cambios en el ecosistema del suelo, lo cual permite considerárselos como bio indicadores para el funcionamiento del suelo, algunos de estos organismos afectan en forma directa o indirecta la disponibilidad de un recurso, para otras especies, por la modificación física de materiales bióticos o abióticos (FERNÁNDEZ, 2002). Estas consideraciones y la pretensión de aportar información y con esto contribuir al desarrollo de una agricultura sostenible, principalmente de la población rural, que permite proteger y conservar especies de la flora y fauna a través de la implementación de

sistemas agroforestales, han motivado el desarrollo del trabajo de investigación. En base a la mencionado se plantea la siguiente interrogante ¿Cuál será el componente biológico (macro invertebrados) del sistema de uso del suelo (*Theobroma cacao* L.) cacao y (*Guazuma crinita* L.) bolaina en el fundo los Rosales – Castillo Grande? Formulándose la hipótesis: la población de macrofauna en un sistema de uso de suelo biológico (macro invertebrados) del sistema de uso del suelo (*Theobroma cacao* L.) cacao y (*Guazuma crinita* L.) bolaina es diverso en el fundo los Rosales – Castillo Grande

1.1. Objetivo general

Determinar el componente microbiológico (macro invertebrados) del sistema de uso del suelo (*Theobroma cacao* L.) cacao y (*Guazuma crinita* L.) bolaina en el fundo los Rosales – Castillo Grande.

1.2. Objetivo específico

- Determinar la abundancia de macrofauna en un sistema agroforestal (*Theobroma cacao* L. y *Guazuma crinita* L.) por profundidades del suelo.
- Estimar los índices de diversidad en un sistema agroforestal (*Theobroma cacao* L. y *Guazuma crinita* L.) del suelo estudiado.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Ecología del suelo

Existen millones de seres vivos por m² en cualquier suelo de las ciudades. Muchos de ellos, de gran tamaño, se pueden observar a simple vista como las lombrices o los escarabajos, constituyendo la macro fauna, otros los podemos ver sin la necesidad de lupas o microscopios, pero necesitan de una observación más atenta, forman la meso fauna, y finalmente los que componen la micro fauna solo son observados con un microscopio (BELLO, *et al.*, 2002).

2.2. Macro fauna del suelo

Para LAVELLE *et al.* (1994) “la macro fauna son especies conspicuos y se encuentran visibles, encontrándose: las termitas, lombrices de tierra, escarabajos, arácnidos, larvas de mariposa y mosca, caracoles, milpiés, ciempiés y las hormigas. Mientras que FEIJOO y KNAPP (1998) manifiesta que la macro fauna del suelo es afectada al momento de establecer las diferentes prácticas agrícolas, producto de la labranza y el uso de insumos químicos, reflejándose en la reducción o eliminación de especies y en la disminución de la biomasa de estas poblaciones; dada la susceptibilidad a ser afectada por dichas prácticas, la macro fauna se ha establecido como un indicador de la calidad de los suelos”.

La macrofauna participan en muchos procesos en el suelo, al fragmentar las partículas, producir desechos fecales y estimular la actividad microbiana intervienen en el ciclo de la materia orgánica y de nutrientes, la mezcla de suelo con partículas orgánicas y la producción de desechos fecales causan mejoras en la agregación, modificando la aeración e infiltración y la textura (LAVELLE *et al.*, 2006). El mismo autor manifiesta que la macrofauna actúan directamente sobre las propiedades del suelo, en procesos de humificación y mineralización de la materia orgánica (LAL, 1988; JONES *et al.*, 1994). Sus actividades determinan la arquitectura del suelo a través de la acumulación de agregados, poros de diferente tamaño y estructura del suelo (LAVELLE *et al.*, 2006).

2.3. Grupos funcionales de la macro fauna

MASTERS (2004) manifiesta que los grupos funcionales intervienen en la regulación de los procesos edáficos. Mientras que MOORE *et al.* (2004) menciona que la calidad y cantidad de los detritos que ingresan al sistema tienen gran importancia en la evolución y mantenimiento de la diversidad de los detritívoros.

2.3.1. Herbívoros

MASTERS (2004) menciona que los invertebrados herbívoros en su mayoría son insectos que habitan el suelo, encargadas de la degradación en las

partes subterráneas y superficiales de las plantas, las órdenes más importantes son: Coleoptera, Hymenoptera, Orthoptera.

CURRY (1987) manifiesta que la abundancia de los insectos es muy variable de un ambiente a otro y de un ciclo anual al siguiente, lo cual dificulta su análisis cualitativo, en algunas regiones templadas puede alcanzar valores de varios cientos de individuos/m².

2.3.2. Detritívoros

ÄNGELES (1996) manifiesta que en general los organismos que se alimentan de residuos, con excepción de Isoptera, tienen poca capacidad para producir cambios químicos en los residuos; el mayor efecto es el cambio físico a través de la disminución del tamaño de la partícula.

2.3.3. Depredadores

El Orden Coleoptera los depredadores son integrantes de las Familias Carabidae y Staphylinidae. Los primeros se alimentan de Collembola, Diptera, Coleoptera, Homoptera (Aphididae), Oligochaeta y otras presas y los segundos de insectos, ácaros y algunos se pueden alimentar de hongos o de materia orgánica en descomposición, e incluso de excrementos” (MITCHELL, 1963; citado por CURRY, 1987). “En el Orden Hemiptera, la Familia Nabidae se alimenta de Homoptera (áfidos, chicharritas) y larvas de Lepidoptera. En el Orden Hymenoptera, las Familias Formicidae y Vespidae son depredadoras generalistas (JIMÉNEZ, 1996).

2.4. Relaciones macro fauna - hábitat

La fauna del suelo o edáfica está constituida por organismos que pasan toda o una parte de su vida sobre la superficie inmediata del suelo, en los troncos podridos y la hojarasca superficial y bajo la superficie de la tierra, incluyendo desde animales microscópicos hasta vertebrados de talla mediana. Para vivir en el suelo, estos organismos han tenido que adaptarse a un ambiente compacto, con baja concentración en oxígeno y luminosidad, pocos espacios abiertos, baja disponibilidad y calidad de alimentos y fluctuaciones micro climáticas que pueden llegar a ser muy fuertes (LAVELLE *et al.*, 1992).

SYERS & SPRINGETT (1983) manifiesta que la composición de la macro fauna en distintos ecosistemas es importante punto de partida para entender sus efectos potenciales en el medio edáfico y en la productividad vegetal.

2.5. Biodiversidad biológica

La biodiversidad biológica viene a ser la variedad de especies de plantas, animales y otras formas de vida presentes en el Planeta, comprende los diferentes biomas, ecosistemas, especies presentes en los mismos y la diversidad genética que existe entre los miembros de cada especie (BROWN *et al.*, 2001).

2.5.1. Diversidad genética

Viene a ser la expresión genética que existe para cada especie y hace que algunas especies de plantas y animales sean más resistentes que otras a temperaturas extremas, eventos de sequía, cambios en la disponibilidad de alimentos, enfermedades y otros.

2.5.2. Diversidad de especies

Una percepción significativa asociado al de la diversidad de especies es el de diversidad taxonómica y considera no sólo el número de especies, sino la variedad de categorías taxonómicas representadas por estas especies.

2.5.3. Diversidad de ecosistemas

Viene a ser la variación en los tipos de hábitats de especies, “son sistemas abiertos que intercambian energía, nutrientes e incluso organismos individuales (aves, insectos, semillas) con los alrededores” (BROWN *et al.*, 2001).

2.5.4. Medidas e índices de diversidad

2.5.4.1. Índices de diversidad alfa

- ***Riqueza específica (S)***

Viene a ser el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas.

- **Índices de abundancia**

MORENO (2001) *clasificó estos índices de abundancia en índices de equidad, aquellos que toman en cuenta el valor de importancia de cada especie, e índices de heterogeneidad, aquellos que además del valor de importancia de cada especie consideran también el número total de especies en la comunidad. Sin embargo, cualquiera de estos índices enfatiza ya sea el grado de dominancia o la equidad de la comunidad, por lo que para fines prácticos resulta mejor clasificarlos en índices de dominancia e índices de equidad.*

- **Índices de dominancia**

Son parámetros inversos al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad. Toman en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies (MORENO, 2001).

- **Índice de Simpson**

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i ,

- ***Índice de Shannon-Wiener***

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

H' = Índice de diversidad.

p_i = n_i / N .

n_i = Número de individuos de la especie i .

N = Número total de individuos.

ln = logaritmo natural.

2.5.4.2. Medición de la diversidad beta

Es el grado de reemplazamiento de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales” (MORENO, 2001). “Mientras que las diversidades alfa y gamma pueden ser medibles fácilmente en función del número de especies, la medición de la diversidad beta está basada en proporciones o diferencias (MAGURRAN, 1988).

- Coeficiente de similitud de Jaccard.

$$I_j = \frac{c}{a + b - c}$$

Donde:

a = Número de especies presentes en el sitio A.

b = Número de especies presentes en el sitio B.

c = Número de especies presentes en ambos sitios A y B.

El intervalo de valores para este índice va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies.

2.6. Características del suelo

Las propiedades físicas y químicas del suelo afectan a la fauna que lo habita de manera directa por el contenido de materia orgánica y de humedad, el pH, la estructura del suelo y la aeración y, de forma indirecta, a través del efecto que tienen sobre la vegetación.

La densidad de Coleóptera y Oligochaeta tiene una relación positiva con el contenido de carbono orgánico y nitrógeno total (ZERBINO y MORÓN, 2008).

2.7. Bolaina blanca (*Guazuma crinita* L.)

La bolaina es un árbol de 25 a 80 cm de diámetro y 15 a 30 m de altura total, con fuste recto y cilíndrico y forma de copa globosa irregular, corteza externa lisa a finamente agrietada, color marrón claro a grisáceo, corteza interna fibrosa y conformando un tejido finamente reticulado, color amarillo claro, oxida rápidamente a marrón (WITGHTMAN et al., 2006).

2.8. Sistemas agroforestales

Son un conjunto de elementos (vegetales como árboles, arbustos, cultivos, coberturas entre otras o animales como ganado, insectos entre otros)

interactuando en un mismo sitio, con el objetivo de aumentar la sostenibilidad, diversificar el riesgo y aumentar el bienestar humano. Mientras que en el sentido más amplio es un sistema agrícola donde uno de los componentes es un árbol, es decir agricultura con árboles (CATIE, 1998).

2.9. Sistema agro silvícola con cacao

El área donde se siembra el cacao puede aprovecharse al máximo estableciendo otros cultivos y árboles que ayuden a mejorar la nutrición del suelo y la economía de las familias campesinas especialmente antes que el cacao comience a producir. Entre los productos que podemos obtener durante los tres primeros años de establecido el cacao se encuentran: maíz, frijol, paca, yuca, banano y plátanos. El establecimiento de cultivos anuales dentro de áreas de cacao, permitirá reducir costos de establecimiento y manejo en los primeros años de vida del cultivo debido a que producen en pocos meses y parte de la producción puede venderse para garantizar el manejo y enfrentar otras demandas del cultivo de cacao (CATIE, 1998).

2.10. Fertilización y manejo de suelos

En el cultivo de cacao la nutrición se debe considerar como una interacción entre los nutrientes que están en el suelo, el tipo de material que se siembra y la cantidad de agua que permite que estos elementos se disuelvan en el suelo y puedan ser tomados por la planta a través de las raíces y ser transportados a todas sus estructuras. La fertilización que se aplica en el cacao

depende fundamentalmente de la edad y el estado de las plantas, la sombra del cultivo, la fertilidad natural del suelo, las prácticas de manejo, la producción de cacao por hectárea y el tipo de cacao cultivado (CATIE, 1998).

2.11. Cambio climático y sistemas agroforestales

Existe una creciente literatura referente a los impactos del cambio climático sobre la abundancia y la distribución de las especies; así como las interacciones entre organismos al interior de los ecosistemas y entre ecosistemas; sin embargo hay poca experiencia sobre el cambio climático en sistemas agroforestales, reconocen la relación entre clima y uso del suelo sobre la biodiversidad y concluyen que todos los sistemas ecológicos son dinámicos y que si bien es cierto que variaciones en el clima, perturbaciones y otros procesos ecológicos son requeridos para mantener algunas especies y comunidades, el cambio en la biodiversidad en la última década ha sido muy acelerado debido a cambios en el uso del suelo y posiblemente al cambio climático inducido por la actividad humana (CATIE, 1998).

2.12. La biomasa

Biomasa y materia viva son la misma cosa. Cuando nos referimos a ella como fuente de energía de lo que hablamos es del conjunto de la materia orgánica, tanto de origen animal como vegetal, que puede ser utilizada con fines energéticos. La biomasa es una fuente de energía renovable, de hecho, es la fuente de energía renovable que más aporta en la actualidad a las necesidades

de la humanidad. La energía de la biomasa proviene del Sol a través del proceso de la fotosíntesis. Ésta es el proceso por el cual las células vegetales son capaces de formar sustancias orgánicas a partir del CO₂ presente en el aire y de otras sustancias simples, aprovechando para llevar a cabo el proceso la energía procedente del Sol. De las sustancias formadas, que llamamos carbohidratos, se puede extraer energía bien quemándolas directamente, bien convirtiéndolas en un líquido combustible como el alcohol o el aceite, o incluso transformándolas en gas (DEMIRBAS, 1997).

2.13. Antecedentes de trabajos relacionados con la investigación

HUAMAN (2016) evaluó los indicadores físicos y químicos del suelo, identificó y cuantificó la macrofauna en el (cultivo de plátano con cacao, cítrico con cacao y cultivo de cacao) y correlacionar las propiedades fisicoquímicas del suelo con las propiedades biológicas. Los resultados obtenidos presentaron suelos de textura franca óptimos para los cultivos establecidos, de estructura granular, y buena densidad aparente de (1.45 a 1.51 g/cm³) y resistencia a la penetración de (1.5 a 1.8 g/cm²). Los indicadores químicos presentan reacciones extremadamente ácidas con niveles medios en MO, N, P y bajo en P, asimismo obtuvo un bajo potencial de nutrientes por su baja capacidad de cambio (7.48 a 10.52 meq/g suelo). Para los indicadores biológicos se obtuvieron un bajo índice de diversidad (0.65 a 0.98 H'), con densidades desde los 72 hasta los 84 ind.m⁻², y biomasa 7.9 hasta 10.78 g.m⁻², finalmente se obtuvo la relación entre la

biomasa edáfica del suelo con la materia orgánica y el nitrógeno, y la densidad de especies con K_2O .

BARRA (2016) al determinar los indicadores físicos, químicos y biológicos en cuatro sistemas de uso del suelo en la microcuenca picuroyacu castillo grande encontró que el bosque secundario presentó (1.90 g/cm^3) densidad aparente, textura franco arcilloso, (1.4 kg/cm^2) resistencia a la penetración, pH fuertemente ácido, materia orgánica y nitrógeno alto, fósforo medio y potasio bajo. Cacao textura franco arcillo arenoso, (2.00 g/cm^3), densidad aparente, (1.4 kg/cm^2) resistencia a la penetración, pH moderadamente ácido, materia orgánica, nitrógeno y fósforo alto y potasio medio. Café textura franco, (2.00 g/cm^3) densidad aparente, (1.5 kg/cm^2) resistencia a la penetración, pH extremadamente ácido, contenido medio en materia orgánica, nitrógeno y fósforo y potasio. Suelos excocal presentan una textura de franco arcilloso, (2.34 g/cm^3) densidad aparente, (1.5 kg/cm^2) resistencia a la penetración, pH extremadamente ácido, alto contenido en materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio. Los indicadores biológicos del suelo: bosque secundario con una densidad de 153 ind.m^{-2} , café con 123 ind.m^{-2} , y cacao con 120 ind.m^{-2} , y excocal con 88 ind.m^{-2} . El bosque secundario presentó mayor biomasa, seguido por café y menor biomasa el cacao y excocal. Se registró la densidad de 0 -10 cm; 90 ind.m^{-2} , en bosque secundario, 86 ind.m^{-2} en café; 81 ind.m^{-2} en cacao y 47 ind.m^{-2} en excocal respectivamente; la diversidad de especies del suelo fue, cultivo de café ($H=0.62$ y $D= 0.457$), cultivo de cacao ($H=0.61$ y $D=0.405$), bosque secundario ($H=0.60$ y $D= 0.343$) y excocal ($H=0.49$ y $D= 0.253$). Los

indicadores estudiados demuestran que la perturbación, degradación y erosión son causadas por la actividad humana y está tiene una influencia negativa en el suelo.

GRANDEZ (2017) al evaluar los parámetros físicos y químicos del suelo en la aplicación del biosol al inicio y final y su efecto en la macrofauna y los microorganismos del suelo, correlacionando las propiedades fisicoquímicas con las variables biológicas, para con ello determinar la calidad del suelo en un sistema agroforestal en el fundo Alborada, distrito de Castillo Grande – Tingo María. La investigación presenta una textura franca a franco arcilloso, la materia orgánica y nitrógeno, se incrementaron con la aplicación del biosol, las demás propiedades no fueron diferentes estadísticamente, encontrándose sus valores dentro de rangos adecuados para uso agronómico, la aplicación del biosol tuvo efecto positivo en las propiedades fisicoquímicas del suelo, la CIC (capacidad de intercambio catiónico), textura franca, contenido de calcio, están directamente relacionados con la fauna edáfica, que con un cambio drástico en estas propiedades, los microorganismos del suelo tienden a disminuir.

RIOS (2019) al evaluar la densidad y diversidad biológica en sistemas de uso del suelo en Palo de Acero, distrito de Huamalíes; los objetivos específicos fueron: realizar la caracterización físico y químico, identificación y cuantificación de macrofauna, densidad y diversidad biológica y relación existente entre la macrofauna edáfica con las propiedades fisicoquímicos del suelo en los sistemas (pasto, cultivos de plátano, cacao y maíz). Los resultados

obtenidos respecto a la caracterización físico y químico de los sistemas de uso del suelo son sensibles a cambios en el manejo agrícola. Los indicadores biológicos encontrados fueron 15 ordenes, predominando la Himenóptera seguido por Haplotaxida e isóptera y finalmente la Isopoda, densidad (63 Ind.m² a 84 Ind.m²), biomasa (7.95 g.m² a 10.78 g.m²), la diversidad y densidad predomino en el pasto y el plátano con mayor número de individuos, presenta un bajo índice de diversidad en promedio (0.33 a 0.45 H'), la densidad aparente y la materia orgánica se relacionan directamente con la macrofauna edáfica, siendo indicadores de actividad biológica importantes para su conservación y calidad de suelo.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se realizó en los terrenos del fundo Los Rosales perteneciente al señor Mendis, PAREDES ARCE, ubicada en la margen izquierda del río Huallaga en el distrito Castillo Grande sector Papayal provincia de Leoncio Prado con una extensión de 6.8 ha. Presenta las coordenadas UTM del Datum WSG84 de la zona 18L, 385748 Este, 8990838 Norte y una altitud de 665 m.s.n.m.

3.1.1. Ubicación política

Políticamente pertenece al departamento de Huánuco, provincia de Leoncio Prado, distrito Castillo Grande, fundo los Rosales.

3.1.2. Ubicación geográfica

Latitud : 9° 07' 23" S

Longitud : 76° 02' 04.75" O

Altitud : 605 m.s.n.m.

3.1.3. Ubicación en coordenadas UTM del sistema agroforestal

Ubicación de las parcelas de investigación ubicadas dentro del terreno del fundo Los Rosales.

Cuadro 1. Ubicación de la parcela de investigación cacao con bolaina

sistemas de uso de suelo	Coordenadas UTM		Altitud (m.s.n.m.)
	E	N	
Densidad de Siembra 3 m x 2 m	385748	8990838	664

3.1.4. Clima

Es tropical y presenta una temperatura promedio mensual es de 24°C con una precipitación promedio anual de 3,350 mm/año y la humedad relativa anual aproximada de 80%; por lo tanto, se puede decir que el clima es cálido-húmedo-lluvioso.

3.1.5. Ecología

Según el diagrama bioclimático de HOLDRIDGE (1978), le corresponde a la zona de vida bosque muy húmedo pre montano sub tropical (bmh-PMST)

3.1.6. Fisiografía

La fisiografía de la zona de estudio se caracteriza por tener terraza baja inundable, con pendientes planas de 0 a 5%.

3.1.7. Suelo

PAREDES (2015) menciona que el fundo Los Rosales, presenta suelos profundos, aptos para cultivos permanentes y cultivos tardíos, son de textura franco limoso a franco arenoso, con abundante materia orgánica, el pH que varía de 5.5 a 6.5 moderadamente ácidos.

3.1.8. Hidrografía

El área de estudio presenta pequeñas montañas, cubiertas algunas de una densa vegetación, purmas y sotobosque, cuyo principal río por el este el río Huallaga y por el oeste una quebrada sin nombre que pasa por el mismo predio y es tributario del río Huallaga.

3.1.9. Accesibilidad

El acceso al fundo Los Rosales es vía terrestre, mediante una carretera asfaltada desde la ciudad de Tingo María hasta el recreo turístico Aserradero, de este hasta la entrada, mediante un desvío hacia el sector Papayal a unos 850 m. con una carretera afirmada se encuentra el fundo Alborada con un recorrido de unos 11 km desde la ciudad de Tingo María con un tiempo aproximado de 20 minutos en trimovil (Bajaj) y aproximadamente 15 minutos en motocicleta lineal.

Las muestras se tomaron en el terreno con plantaciones de cacao asociada con bolaina que se encuentra en el fundo los Rosales.

3.2. Materiales, herramientas y equipos

Están constituidos por aquellos necesarios para el trabajo

3.2.1. Materiales de escritorio

Libreta de campo, lapiceros, papel bond A4 y etiquetas.

3.2.2. Materiales de campo

Monolito de metal 25 cm X 25 cm X 30 cm, rafia, lupas de mano, pinzas entomológicas, guantes y bolsas de polietileno.

3.2.3. Materiales de laboratorio

Frasquitos de vidrio con tapas, formol al 4%, alcohol al 70%, caja de polietileno y guantes.

3.2.4. Herramientas

Pala recta y bandeja rectangular.

3.2.5. Equipos

Cámara digital, GPS y Laptop Intel Core i7, Software (Microsoft Word y Excel 2010 y ArcGIS).

3.3. Metodología

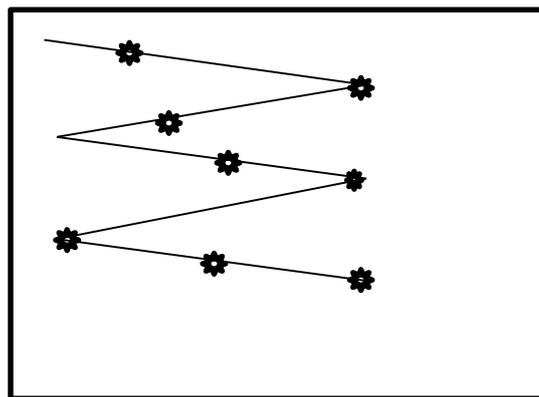
3.3.1. Determinar la abundancia de macrofauna en un sistema agroforestal (*Theobroma cacao* L. y *Guazuma crinita* L.) por profundidades del suelo

- Reconocimiento del terreno

Se realizó el recorrido del terreno con el propietario del fundo Los Rosales con la finalidad de que nos enseñara la ubicación del sistema de uso y de esta manera se empiece con la ejecución de la investigación.

- Muestreo de suelos

Se ubicó y georreferenció el área de terreno con un GPS digital y Carta Nacional. Los suelos se muestrearon al azar, con una pala recta Figura 1.



Sistema de uso del suelo



Unidad de muestreo

FIGURA 1. Diagrama del muestreo de suelos

- Muestreo de la macro invertebrados del suelo

El muestreo de la macro fauna del suelo fue similar a la metodología recomendada por el Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) e implementado por (ZERBINO, 2005), recomienda muestrear un mínimo de 5 monolitos, para la investigación se utilizaron 10 monolitos de suelo. Cada monolito fue evaluado una profundidad de 0 – 10 cm, de 10 – 20 cm y de 20 – 30 cm, se utilizó un cuadrado muestreador de 25 x 25 x 30 cm 1 - 2 meses después del inicio de la época lluviosa, y clasificar sus macro-invertebrados (largo del cuerpo mayor a 2 mm). Esta técnica fue diseñada para muestrear fauna del suelo; experimentos manipulativos puede requerir otras estrategias de muestreo. La macrofauna presente fueron identificados por unidades taxonómicas (clases y órdenes) en el laboratorio de entomología de la UNAS. *La densidad fue calculada en individuos/m² y la biomasa en gramos de peso fresco/m².*

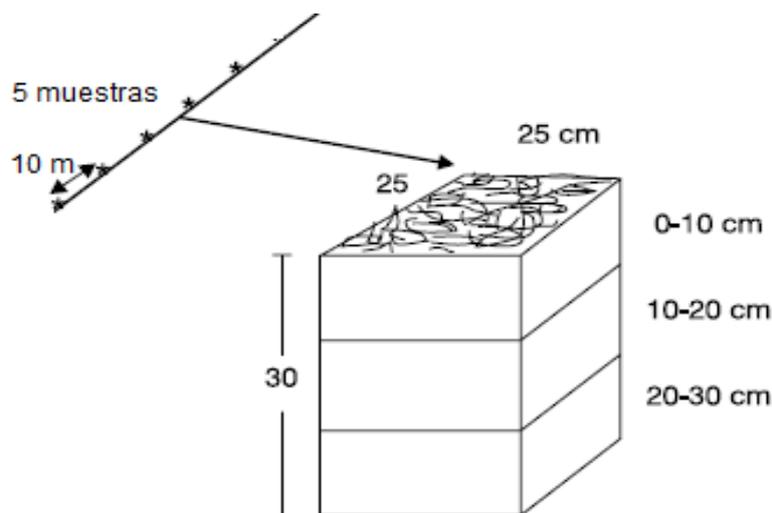


Figura 2. Esquema del plan de muestreo.

- Descripción del trabajo de campo

El lugar de muestreo se determinó al azar y se ubicó dentro del área seleccionada; estos fueron marcados para que no exista duplicidad. En el sistema se establecieron 4 bloques, dentro de cada bloque se colectaron 6 monolitos. La unidad de muestreo fue a través de un monolito de dimensiones 25 x 25 x 30 cm, en el sistema agroforestal se colecto y muestreo 24 monolitos separados 5 m a lo largo de un transectos de línea recta de 30 m (Figura 3).

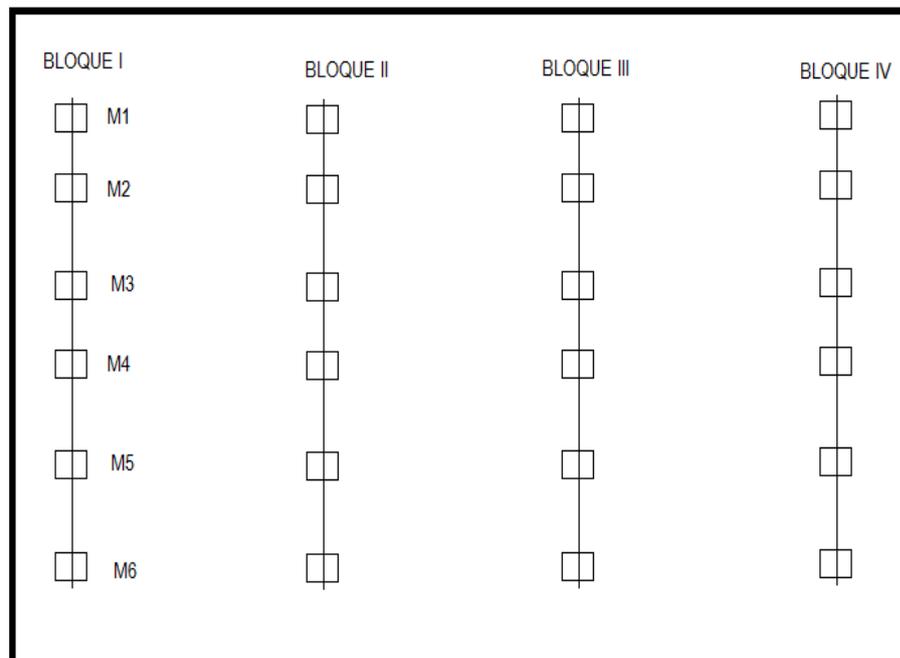


FIGURA 3. Caracterización de la macrofauna mediante transectos en el fundo los rosales

- Conteo y colecta de macro fauna

El conteo de la macrofauna edáfica se realizó en el lugar y se depositaron en soluciones de alcohol al 80% para insectos de cuerpo endurecido

y en formol de 4% hasta 10% para las larvas e insectos de cuerpo no endurecido. Se cuantificó la biomasa (g/m^2) y densidad (individuos/m^2) de todos los macro invertebrados y se pesó en una balanza digital, según metodología de (DECAENS *et al.*, 1994).

Se contabilizó el número de individuos, se identificaron y clasificaron por grupo taxonómico por monolito, se determinó el total de individuos por taxón y se determinaron el porcentaje de abundancia o densidad relativa promedio de cada unidad taxonómica por cada sistema de suelo. Se pesó para determinar la biomasa de la macrofauna de los diferentes sistemas de suelo.

DRM= Densidad relativa por monolito= $\frac{\text{Sumatoria de los monolitos}}{\text{Total, de Monolitos}}$

Total, de Monolitos

% Frecuencia = $\frac{\text{Sumatoria de densidades}}{\text{Número de unidades taxonómicas}}$

Número de unidades taxonómicas

3.3.2. Estimar los índices de diversidad para determinar la macrofauna en el sistema agroforestal (*Theobroma cacao* L. y *Guazuma crinita* L.) del suelo estudiado

- Índice de diversidad de especies

Para determinar el índice de diversidad de especies se utilizó las fórmulas de Simpson y Shannon Wiener.

- Índice de diversidad biológica alfa

Los índices de diversidad alfa fueron calculados mediante:

Índice de Diversidad de Shannon - Wiener (H')

Para cuantificar la diversidad en el sistema de manejo agroforestal, se utilizó el índice de Shannon Wiener, cuyo propósito es representar la riqueza y abundancia de las especies en el sistema de manejo. Su fórmula es:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log p_i$$

Dónde: n_i = Abundancia de género

N = Abundancia total de los géneros = $\sum n_i$

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Se calculó la abundancia y biomasa de esos grupos por m², con base en muestras de 0.0625 m² (ancho del bloque y de la trinchera alrededor al cuadrado).

3.4. Análisis de datos

El análisis de los datos se realizó en el Excel de acuerdo a las variables evaluadas, se determinaron según las formulas:

- **Índice de Shannon – Wiener** (BEGON *et al.*, 1995)

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Donde:

S = número de especies.

$$P_i = \frac{n_i}{N}$$

n_i = Abundancias de especies i

$\ln = \log$ base n

- **Índice de equidad** (BEGON *et al.*, 1995)

$$J = \frac{H'}{\ln S}$$

Donde:

H' = índice de diversidad de Shannon – Wiener.

S = Número de especies.

$\ln = \log$ base n

- **Biomasa**

$$B = \frac{W}{A}$$

Donde:

W = es el peso de individuos.

A = Área.

La biomasa fue medida en: gramos de peso fresco/m².

- **Densidad** (ZERBINO, 2005):

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

Donde:

N = Es el número de individuos.

A = El área.

La densidad es medida en m².

3.5. Análisis estadístico

Se realizaron mediante una:

- Estadística descriptiva:
- Análisis estadístico multivariado:
 - **Componentes principales.** Es una técnica que consiste en reducir un conjunto de variables observadas a un conjunto menor de variables o factores, normalmente con intenciones de obtener un modelo de relaciones entre las variables observadas y los factores.
 - **Análisis Clúster.** Es una técnica orientada a la clasificación de casos o elementos entre variables cualitativas o cuantitativas en base a distancias o similitudes de los elementos o casos.

3.6. Variables en estudio

3.6.1. Variable dependiente

Son las siguientes:

- Índice de diversidad (densidad y diversidad de macrofauna).

3.6.2. Variable independiente

Son las siguientes:

- Sistema agroforestal.
- Cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.).
- Estrato del suelo.
- Profundidad del suelo.

Para evaluar la macro fauna como indicador biológico, se determinó el componente biológico del suelo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo (variables)

Parámetros biológicos	Método de su determinación
Densidad de la macro fauna	Método directo por conteo
Diversidad de especies	Método Shannon – Winner

IV. RESULTADOS

4.1. Determinar la abundancia de macrofauna en un sistema agroforestal por profundidades del suelo

4.1.1. Abundancia de macro fauna

4.1.1.1. Número de individuos en el sistema agroforestal

En el Cuadro 3, el sistema (*Theobroma cacao* L.) cacao y (*Guazuma crinita* L.) bolaina, registra un total de 1,535 individuos, siendo la más abundante la Oligochaeta. Asimismo, el bloque tres (BIII) se registró mayor número de individuos con un promedio de 27.13. La variación en la cantidad de individuos está asociada al grado y frecuencia de alteraciones producto del manejo que se le da al suelo; y en consecuencia la cantidad y calidad de los recursos del mismo.

Cuadro 3. Abundancia de individuos

N°	Individuos	Bloques				Total
		Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	
1	Arácnidos	1	5	6	6	18
2	Blattaria	7	9	4	1	21
3	Chilopoda	19	67	44	7	137

4	Coleóptera	31	22	22	27	102
5	Dermáptera	0	11	10	0	21
6	Diplopoda	48	73	65	50	236
7	Enquitreidos	4	2	3	6	15
8	Gasterópoda	4	11	9	3	27
9	Hemíptera	10	4	3	4	21
10	Hymenóptera	3	2	8	3	16
11	Isópoda	19	37	19	26	101
12	Isóptera	104	3	63	54	224
13	larva	44	44	24	38	150
14	Oligochaeta	88	95	149	90	422
15	Orthoptera	5	3	5	1	14
16	Pseudoescorpionida	0	8	0	2	10
Promedio		24.19	24.75	27.13	19.88	95.94
Total						1,535

4.1.2. Macro fauna por profundidad del suelo

En el Cuadro 4, presentamos la abundancia de individuos por profundidades de sustrato.

De manera general se encontró diferencias en la macrofauna por profundidad de muestreo, mayor concentración de individuos de macrofauna se registró a la profundidad de 0 a 10 cm, seguido de 10 cm a 20 cm y en menor

concentración a la profundidad de 20 cm a 30 cm, existe una relación entre el número de individuos de la macrofauna con la profundidad de muestreo, se caracterizó la macrofauna en el sistema de suelo agroforestal (*theobroma cacao* L.) cacao y (*Guazuma crinita* L.) bolaina.

Cuadro 4. Individuos por sustrato

N°	individuos	Profundidad (cm)				Total
		hojarasca	0 - 10	10 - 20	20 - 30	
1	Arácnidos	2	10	4	2	18
2	Blattaria	2	12	5	2	21
3	Chilopoda	14	79	33	12	137
4	Coleóptera	10	59	24	9	102
5	Dermáptera	2	12	5	2	21
6	Diplopoda	23	136	56	20	236
7	Enquitreidos	1	9	4	1	15
8	Gasterópoda	3	16	6	2	27
9	Hemíptera	2	12	5	2	21
10	Hymenóptera	2	9	4	1	16
11	Isópoda	10	58	24	8	101
12	Isóptera	22	129	54	19	224
13	larva	15	87	36	13	150
14	Oligochaeta	42	244	101	35	422
15	Orthoptera	1	8	3	1	14

16 Pseudoescorpionida	1	6	2	1	10
Total	152	886	366	130	1,535

En la Figura 4, se puede observar que la mayor cantidad de individuos encontrados está en el estrato de 0 a 10 cm con un total de 887 y la menor cantidad en el estrato de 20 a 30 cm con 129 individuos.

La presencia de macrofauna en los primeros centímetros del suelo en el sistema agroforestal (*theobroma cacao* L.) cacao y (*Guazuma crinita* L.) bolaina se debió a la presencia de la cobertura vegetal.

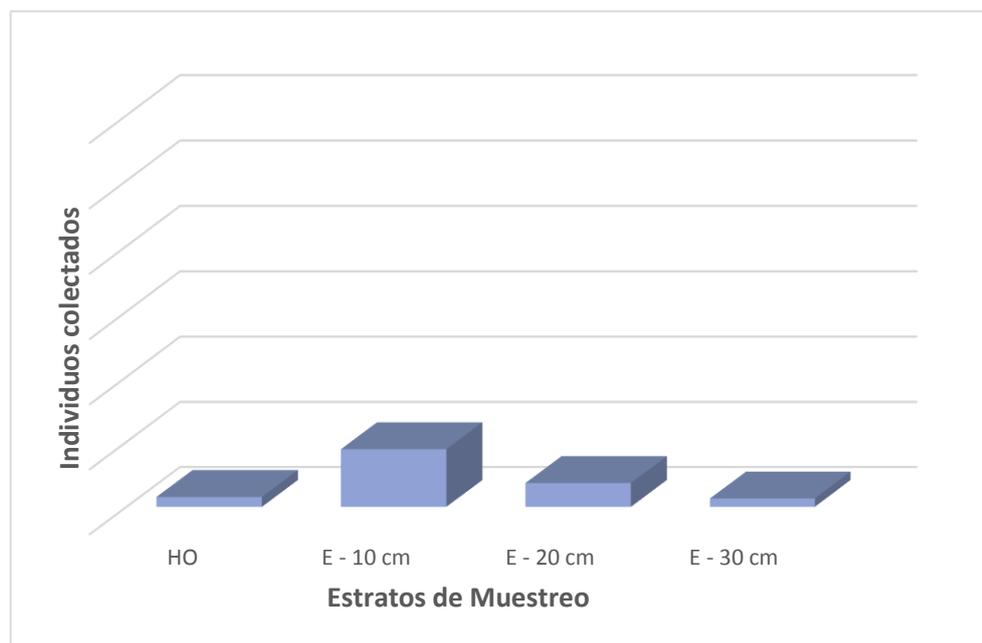


Figura 4. Número de individuos de macrofauna por estratos

4.2. Estimar los índices de diversidad para determinar la macrofauna en el sistema agroforestal (*Theobroma cacao* L. y *Guazuma crinita* L.)

La estimación de la diversidad en toda el área de intervención de la investigación, se calcularon mediante los índices de diversidad Shannon y Wiener (H') (índice de equidad) indicandonos que presentan una diversidad baja, índice de Simpson_1-D (índice de dominio), donde a medida que el índice de Simpson se incrementa la diversidad decrece mientras que el índice de margalef (índice de riqueza específica), asumiendo que existe una relación entre el número total de especies y el número total de individuos, Figura 5.

4.2.1. Índice de diversidad de unidades de vegetación

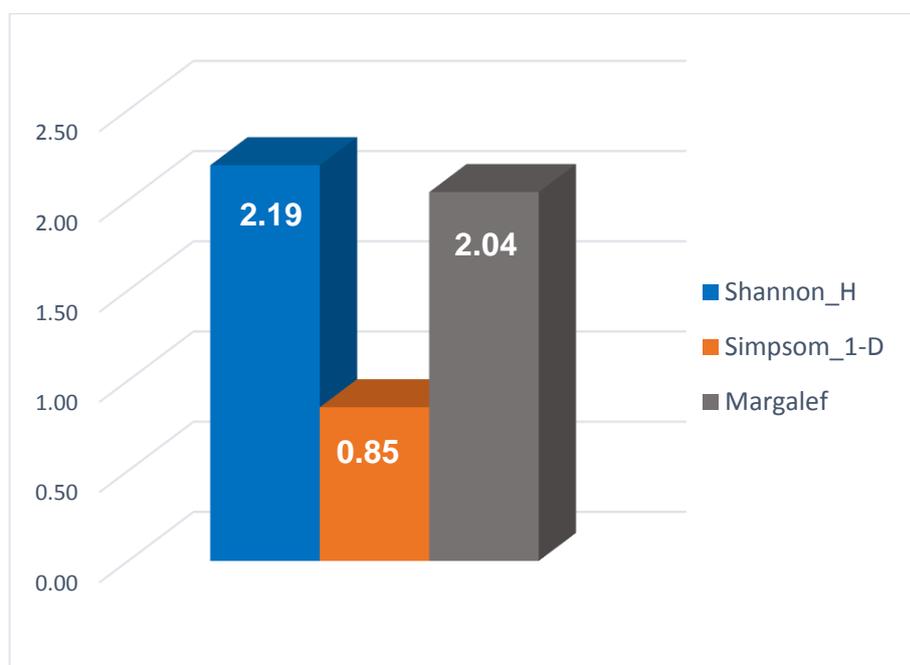


Figura 5. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DEL SUELO EN EL SISTEMA AGROFORESTAL (*TEOBROMA CACAO* L) CACAO Y (*GUAZUMA CRINITA* L.) BOLAINA.

4.2.2. Diversidad de la macro fauna del suelo en un sistema agroforestal

De manera general los valores obtenidos del índice de Shannon-Wiener el sistema agroforestal (*Theobroma cacao* L.) cacao y (*Guazuma crinita* L.) bolaina, el valor de diversidad con $H' = 2.19$ bits/ind para la unidad de vegetación (ANO - BA), reporta una baja diversidad de macrofauna, encontrándose por debajo de 3.

4.2.3. Índice de Simpson

Toma en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies.

Los valores obtenidos de la diversidad fueron de $\lambda = 0.15$, el índice de diversidad alfa o de Simpson $1-D = 0.85$, donde a medida que el índice se incrementa, la diversidad decrece. Presentándose el Índice de Simpson como una medida de la dominancia, reflejándose un índice muy significativo referente a la diversidad de especies, entre más aumente el valor a uno, la diversidad disminuye.

4.2.4. Diversidad de macro fauna estimada por estratos vs abundancia de macro fauna

De la misma forma la diversidad de macrofauna del suelo en el sistema (*Theobroma cacao* L.) cacao y (*Guazuma crinita* L.) bolaina.

Reportándose una baja diversidad de macrofauna según los valores obtenidos del índice de Shannon-Wiener (Cuadro 5), nos indican una diversidad baja con $H=1.096$, por encontrarse por debajo de 3.

El análisis de la diversidad por estratos versus abundancia el valor más alto es a los 10 cm con 0.578. Existe similitud entre el estrato superficial con el de mayor profundidad; así como similitud entre los estratos 0 a 10 cm con 10 a 20 cm.

Cuadro 5. Valores de Shannon-Wiener por estrato y abundancia de macro fauna

Profundidad	Abundancia		
X	Y	pi	H
0	152	0.099	0.229
10	887	0.578	0.317
20	367	0.239	0.342
30	129	0.084	0.208
Total	1,535		1.096

4.2.5. Índice de diversidad de Margalef

La relación funcional entre el número total encontrados es de 3,812 y el número total de individuos de 16. En el cálculo de este índice de riqueza específica fue de 1.82. El índice varía con el tamaño de muestra de forma desconocida. Usando $S - 1$, en lugar de S , da $D Mg = 0$ cuando hay una sola especie.

4.3. Ordenes de macro fauna

Se registraron 11 órdenes presentes en el suelo del sistema agroforestal (*Theobroma cacao* L.) cacao y (*Guazuma crinita* L.) bolaina, 4 clases de especies y 1 especie a nivel de subclase todos trabajados a nivel de orden para la cuantificación y simplificación para el proceso de datos. El orden Oligochaeta registró mayor número con un total de 442 individuos, seguido del orden Diplopoda con 236 individuos, Figura 6.

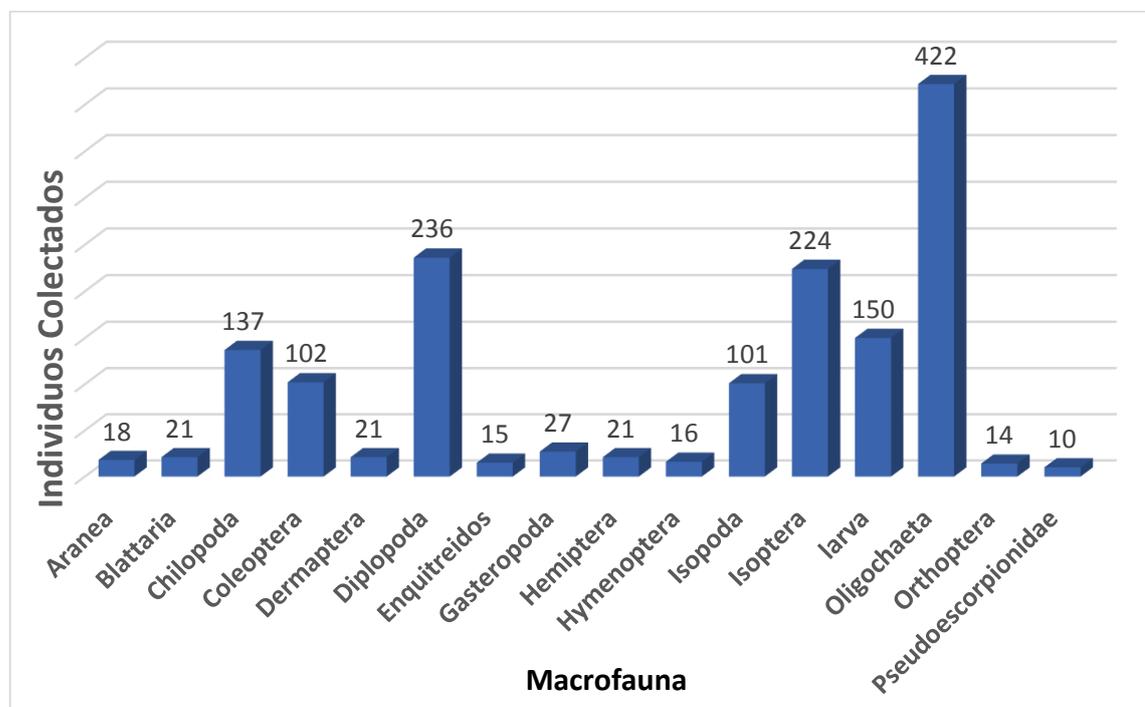


Figura 6. Índice de diversidad por órdenes de macro fauna.

V. DISCUSIÓN

LAVELLE *et al.* (1994) manifiestan que la macrofauna son conspicuos y visibles en la superficie o interior del suelo, encontrándose dentro de ellos, las termitas, lombrices de tierra, escarabajos, arácnidos, larvas de mosca y de mariposa, caracoles, milpiés, ciempiés y las hormigas, registrándose en la investigación en el bloque tres (BIII) mayor número de individuos con 27.13 en promedio. Del mismo modo el autor manifiesta que la abundancia puede alcanzar millones de individuos/ha y su biomasa toneladas/ha, encontrándose en el sistema agroforestal en los cuatro bloques 1,535 individuos.

BARRA (2016) determinó los indicadores físicos, químicos y biológicos en cuatro sistemas de uso del suelo en la microcuenca picuroyacu castillo grande encontró que el bosque secundario presenta densidad de 153 ind.m⁻², café 123 ind.m⁻², cacao 120 ind.m⁻² y ex cocal con 88 ind.m⁻², en los primeros 10 cm; teniendo relación con el trabajo realizado en el sistema agroforestal, encontrándose mayor concentración de individuos de macrofauna a la profundidad de 0 a 10 cm, decreciendo a medida que aumenta la profundidad, Figura 4. HUAMAN (2016) evaluó los indicadores físicos y químicos del suelo, identificó y cuantificó la macrofauna a diferentes profundidades en tres sistemas de uso de la tierra (cultivo de plátano con cacao, cítrico con cacao y cultivo de cacao) y correlacionar las propiedades fisicoquímicas del suelo con las

propiedades biológicas. Los resultados obtenidos presentaron densidades desde los 72 hasta los 84 ind.m⁻², y biomasa 7.9 hasta 10.78 g.m⁻². Mientras que RIOS (2019) evaluó la densidad y diversidad biológica en sistemas de uso del suelo en Palo de Acero, distrito de Huamalíes; en los sistemas (pasto, cultivos de plátano, cacao y maíz). Los resultados obtenidos respecto a los indicadores biológicos encontrados fueron 15 ordenes, predominando la Himenóptera seguido por Haplotaxida e isóptera y finalmente la Isopoda, densidad (63 Ind.m² a 84 Ind.m²), biomasa (7.95 g.m² a 10.78 g.m²), la diversidad y densidad predominó en el pasto y el plátano con mayor número de individuos, presenta un bajo índice de diversidad en promedio (0.33 a 0.45 H'), siendo indicadores de actividad biológica importantes para su conservación y calidad de suelo.

BARRA (2016) determinó los indicadores físicos, químicos y biológicos en cuatro sistemas de uso del suelo en la microcuenca picuroyacu castillo grande encontró que el bosque secundario presenta la diversidad de especies del cultivo de café (H=0.62 y D= 0.457), cultivo de cacao (H=0.61 y D=0.405), bosque secundario (H=0.60 y D= 0.343) y excocal (H=0.49 y D= 0.253), la investigación que presentan una diversidad baja, índice de Simpson_1-D (índice de dominio), a medida que el índice de Simpson se incrementa la diversidad decrece mientras que el índice de margalef (índice de riqueza específica), asumiendo que existe una relación entre el número total de especies y el número total de individuos, Figura 5. Los indicadores estudiados demuestran que la perturbación, degradación y erosión son causadas por el hombre y su influencia es negativa en el suelo.

HUAMAN (2016) evaluó los indicadores físicos y químicos del suelo, identificó y cuantificó la macrofauna a diferentes profundidades en tres sistemas de uso de la tierra (cultivo de plátano con cacao, cítrico con cacao y cultivo de cacao) y correlacionó las propiedades fisicoquímicas del suelo con las propiedades biológicas. Los resultados presentaron los indicadores biológicos se obtuvieron un bajo índice de diversidad (0.65 a 0.98 H'). mientras que RIOS (2019) evaluó la densidad y diversidad biológica en sistemas de uso del suelo en Palo de Acero, distrito de Huamalíes; en los sistemas (pasto, cultivos de plátano, cacao y maíz). Los resultados obtenidos respecto a los indicadores biológicos encontrados fueron 15 ordenes, predominando la Himenóptera seguido por Haplotaxida e isóptera y finalmente la Isopoda, densidad (63 Ind.m² a 84 Ind.m²), biomasa (7.95 g.m² a 10.78 g.m²), la diversidad y densidad predominó en el pasto y el plátano con mayor número de individuos, presenta un bajo índice de diversidad en promedio (0.33 a 0.45 H'), siendo indicadores de actividad biológica importantes para su conservación y calidad de suelo.

Las predominancias de estos grupos ecológicos están determinadas por un conjunto de factores ambientales, dichos autores consideran que la temperatura, seguido de la disponibilidad de recursos (riqueza de nutrientes) y de la variación estacional de la humedad, son los principales determinantes. RIOS (2019) evaluó la densidad y diversidad biológica en sistemas de uso del suelo en Palo de Acero, distrito de Huamalíes; en los sistemas (pasto, cultivos de plátano, cacao y maíz). El resultado obtenido presenta un bajo índice de diversidad en promedio (0.33 a 0.45 H'), siendo indicadores de actividad

biológica importantes para su conservación y calidad de suelo. De manera general los valores del índice de Shannon-Wiener el sistema agroforestal (*Theobroma cacao* L.) cacao y (*Guazuma crinita* L.) bolaina, el valor de diversidad con $H' = 2.19$ bits/ind para la unidad de vegetación (ANO - BA), reporta una baja diversidad de macrofauna, encontrándose por debajo de 3; asimismo los valores de la diversidad fueron de $\lambda = 0.15$, el índice de diversidad alfa o de Simpson $1-D = 0.85$, donde a medida que el índice se incrementa, la diversidad decrece. Presentándose el Índice de Simpson como una medida de la dominancia, reflejándose un índice muy significativo referente a la diversidad de especies, entre más aumente el valor a uno, la diversidad disminuye, mientras que en el sistema agroforestal el análisis de la diversidad por estratos versus abundancia el valor más alto fue a los 10 cm con 0.578. Existe similitud entre el estrato superficial con el de mayor profundidad; así como similitud entre los estratos 0 a 10 cm con 10 a 20 cm, respecto a los indicadores biológicos encontrados, presenta un bajo índice de diversidad en promedio (0.33 a 0.45 H'), siendo indicadores de actividad biológica importantes para su conservación y calidad de suelo y la relación funcional entre el número total encontrados es de 3,812 y el número total de individuos de 16. En el cálculo de este índice de riqueza específica fue de 1.82. Si esto no se mantiene, entonces el índice varía con el tamaño de muestra de forma desconocida. Usando $S - 1$, en lugar de S , da $D_{Mg} = 0$ cuando hay una sola especie, se registraron 11 órdenes presentes en el suelo del sistema agroforestal (*Theobroma cacao* L.) cacao y (*Guazuma crinita* L.) bolaina, 4 clases de especies y 1 especie a nivel de subclase todos

trabajados a nivel de orden para la cuantificación y simplificación para el proceso de datos. El orden Oligochaeta registró mayor número con un total de 442 individuos, seguido del orden Diplopoda con 236 individuos, Figura 6. BARNES (1986) afirman que este es un grupo importante ya que tienen la función de forrajear y anidar en el suelo y pueden enriquecerlo al retornar los nutrientes.

VI. CONCLUSIONES

Se determinó la riqueza específica en el sistema de suelo (*Theobroma cacao* L.) cacao y (*Guazuma crinita* L.) bolaina, encontrando una relación funcional entre el número total de especies con 1,535 y el número total de individuos de 16 donde las especies de mayor importancia en este sistema fue la Oligochaeta, seguido de Diplopoda y en menor importancia la Isóptera a una profundidad de 0 a 10 cm.

Presenta una baja diversidad de macro fauna según valores del índice de Shannon-Wiener (diversidad equitativa), Simpson_1-D (índice de dominio) refleja un índice muy significativo, margalef (índice de riqueza específica) reporta que existe una relación funcional entre el número total de especies y el número total de individuos

VII. RECOMENDACIONES

Es necesario realizar un mayor análisis de datos haciendo comparación con las características físicas, químicas del suelo con la riqueza de especies existentes en el sistema (*Theobroma cacao* L.) cacao y (*Guazuma crinita* L) bolaina.

Es importante realizar colectas en diferentes épocas del año, para conocer sus patrones temporales de macrofauna en el sistema (*Theobroma cacao* L.) cacao y (*Guazuma crinita* L.) bolaina.

Continuar con estudios más detallados de la relación de los factores edafológicos, topográficos y climatológicos con respecto a la vegetación, para conocer con certeza cual su influencia en este tipo de sistema.

COMPONENTE MICROBIOLÓGICO (MACRO INVERTEBRADOS) EN EL SISTEMA DE USO DEL SUELO (*Theobroma cacao* L.) CACAO Y (*Guazuma crinita* L.) BOLAINA EN EL FUNDO ROSALES – CASTILLO GRANDE

VIII. ABSTRACT

The research was conducted in order to determine the abundance and diversity indices to determine the macrofauna in the soil of an agroforestry system (*Theobroma cacao* L.) cocoa and (*Guazuma crinita* L.) Bolaina, located in the Rosales estate, Big Castle The methodology implemented was the one proposed by the Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) program, in four blocks with six monoliths each, it was considered to work with the total sum of individuals found because the physical characteristics of the plots were homogeneous. The results show a functional relationship between the total number of species with 1,535 and the total number of individuals of 16 where the most important species in this system was the Oligochaeta, followed by Diplopoda and in minor importance the Isoptera at a depth of 0 to 10 cm It presents a low diversity of macro fauna according to Shannon-Wiener index values (equitable diversity), Simpson_1-D (domain index) reflects a very significant index, margalef (specific wealth index) reports that there is a functional relationship between the number total species and the total number of individuals.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANGELES, J.A. 1996. Aspectos demográficos de dos especies de *Balanteodrilus*, (Oligochaeta: Annelida) en una selva costera del estado de Veracruz. Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Veracruzana, Córdoba. 76pp.
- ATKINSON, T.H., P.G. KOHELER & R.S. PATTERSON. 1991. Catalog and atlas of the cockroaches (Dictyoptera) of North America North of Mexico. Misc. Public. Entomol. Soc. Amer. 78: 1-86.
- BARRA, C. R. 2016. "Indicadores físicos, químicos y biológicos en cuatro sistemas de uso del suelo en la microcuenca Picuroyacu, Castillo Grande". Tesis para optar el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables – mención Conservación de Suelos y Agua. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. Peru. 93 p.
- BEGON, M., J.L., HARPER Y C.R. TOWNSEND. 1995. Ecología; Individuos, poblaciones y comunidades. Ediciones Omega, S.A Barcelona, España. 886p.
- BELLO, A.; IBÁÑEZ, J.J.; GARCÍA-ÁLVAREZ, A. (2002). El suelo en agricultura ecológica. Manejo de un ente vivo. V Congreso de la SEAE, I Congreso Iberoamericano de Agroecología, Gijón, España, 43-63 p.

- BLANCHART, E., P. LAVELLE, E. BRAUDEAU, Y. BISSONNAIS AND C. VALENTIN. 1997. Regulation of soil structure by geophagous earthworm activities in humid savannas of cote d'Ívore. *Soil Biology and Biochemistry* 29(3/4): 431-439.
- BROWN, G.; C. FRAGOSO; I. BAROIS; P. ROJAS; J.C. PATRÓN; J. BUENO; A. MORENO; P. LAVELLE; V. ORDAZ Y C. RODRÍGUEZ. 2001. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. *Acta Zoológica Mexicana*, Número especial 1: 79-110.
- BURGES, A. y F., Raw (eds.). 1971. *Biología del suelo*. Edit. Ediciones Omega, S. A. Barcelona – España.
- CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA (CATIE), 1998. *Sistemas Agroforestales*.
- CURRY, JP. 1987. The invertebrate fauna of grassland and its influence on productivity. II. Factors.
- DEMIRBAS A. (1997) Calculation of higher heating values of biomass fuels. *Fuel*;76:431–4.
- En: N. Papavero (ed.). *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States*. Depto. de Zoología, Secretaria da Agricultura, São Paulo. 31 pp.

- FAO, (Organización de las Naciones unidas para la Alimentación y la Agricultura), 2002. Soil biodiversity and sustainable agriculture. In International Technical Workshop on Biological Management of Soil Ecosystems for Sustainable Agriculture. Londrina, Embrapa Soja.
- FEIJOO, A. Y E. KNAPP. 1998. El papel de los macroinvertebrados como indicadores de fertilidad y perturbación de suelos de ladera. Suelos Ecuatoriales 28: 254-259.
- FERNANDEZ, C. 2002. Potencial de Utilizacáo dos atributos das comunidades de fauna de solo e de grupos chave de invertebrados como Bióindicadores do manejo de ecosistema. Agro biología. Documentos 157. Seropedica –RJ.
- GRANDEZ, M. E. 2017. “Efecto del abono orgánico biosol en las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo en un sistema agroforestal – Tingo María”. Tesis para optar el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables – mención Forestales. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. Peru. 120 p.
- HOLDRIGE, L. 1986. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica, IICA. 216 p.
- HUAMAN, I. O. 2016. “Indicadores de la calidad de suelos en tres sistemas de uso de la tierra, sector Shitari, Huamalés”. Tesis para optar el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables – mención Conservación de

Suelos y Agua. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María.
Peru. 120 p.

JIMÉNEZ, M.L. 1996. Aranae. Pp. 83-101. En: J.L. Llorente, A.N. García & E. González (eds.). Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. UNAM, México, D.F.

LAVELLE, P. 1997. Faunal activities and soil processes: Adaptive strategies that determine ecosystem function. *Adv. Ecol. Res.* 24:93

LAVELLE, P. 2002. Functional domains in soils. *Ecological Research* 17:441-450.

LAVELLE, P., E. BLANCHART, A. MARTIN. A.V. SPAIN & S. MARTIN. 1992. Impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. Pp. 157-185. En: R. Lal & P.A. Sánchez (eds.). *Myths and science of soils in the tropics*. SSSA Special Publication No. 29, Madison.

LAVELLE, P., M. DANGERFIELD, C. FRAGOSO. V. ESCHENBRENNER, O. LÓPEZ-HERNÁNDEZ, B. PASHANASI & L. BRUSSAARD. 1994. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. Pp. 137-169. En: P.L. Woomer & M.J. Swift (eds.). *The biological management of tropical soil fertility*. John Wiley & Sons, Chichester.

LAVELLE, P., T. DECAËNS, M. AUBERT, S. BAROT, M. BLOUIN, F. BUREAU, P. MARGERIE, P. MORA, AND J. P. ROSSI. 2006. Soil invertebrates

- and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*. 42(Supplement 1): S3-S15.
- LAVELLE, P; SPAIN, AV. 2001. *Soil Ecology*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 654p.
- LEE, KE. 1985. *Earthworms: their ecology and relationships with soils and land use*. New York, Academic Press. 411 p.
- LINARES, D. 2009. *Macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en el Parque Nacional Tingo María, Huánuco, Perú*.
- MAGURRAN, A. 1988. *Ecological diversity and its measurements*. Princeton University Press. New Jersey-U.S.A. 179 P.
- MASTERS, GJ. 2004. *Belowground herbivores and ecosystem processes: Ecological Studies* 173:93-112.
- MINISTERIO NACIONAL DEL AMBIENTE, 2015. *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal-Memoria descriptiva*. Lima, Perú.
- MORENO, CE. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T Manuales y tesis EA, vol.1, Zaragoza, 84p
- PORTA, J. M., LOPEZ – ACEVEDO Y C. ROQUERO 1999. *Edafología. Para la agricultura y el medio ambiente*. 2da. Ed. Edit. Ediciones Mundi – prensa. Bilbao – España.
- RIOS, V. E. A. 2019. *Densidad y diversidad biológica en sistemas de uso del suelo en Palo de Acero, distrito e Monzón*. Tesis para optar el título de

- ingeniero en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables. UNAS. Tingo María – Perú. 100 p.
- ROJAS, P. 1996. Formicidae (Hymenoptera). Pp. 483-500. En: J.L. LLORENTE, A.N.García & E. GONZÁLEZ (eds.). Biodiversidad, taxonomía y biogeografía dartrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. UNAM, México,D.F.
- ROMIG, D., M. GARLYND, R. HARRIS, AND K. MCSWEENEY. 1995. How farmers assess soil health and quality. *Journal of Soil and Water Conservation* 50(3): 229-236.
- STEYSKAL, G.C. 1968. Family Otitidae 54 (Ortalidae; including Pterocallidae, Ulidiidae).
- WITGHTMAN, K.; CORNELIUS, J.; UGARTE, J. 2006. *Plantemos Madera*. ICRAF technical manual no 4. Perú. 193 p
- WOOD, T.G. 1996. The agricultural importance of termites in the tropics. *Agrie. Zool. Rev.* 7: 117-155.
- ZERBINO, M.S.; Altier, N.; Morón, A.; Rodríguez, C. 2008. Evaluación de la macrofauna del suelo en sistemas de producción en siembra directa y con pastoreo. *Agrociencia*. 12:44.
- ZERBINO, MS. 2005. Evaluación de la densidad, biomasa y diversidad de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de producción. Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Ciencias

Ambientales. Facultad de Ciencias. Universidad de Montevideo,
Uruguay. 92 p.

X. ANEXO

Anexo 1. Panel fotográfico



Figura 1. Parcelas donde se realizó el trabajo



Figura 2. Recolección de monolitos para el análisis de macro fauna



Figura 3. RECOLECCIÓN DE MONOLITOS



Figura 4. SEPARACION DE LOS INDIVIDUOS DEL SUELO



Figura 5. SELECCIÓN DE LOS INDIVIDUOS POR ORDEN

Anexo 2. Tabulación de los datos de la investigación

Cuadro 1. Cantidad de individuos por muestra en el bloque I.

INDIVIDUOS	BLOQUES I						TOTAL
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	
Oligochaeta	13	11	17	15	20	12	88
Isóptera	14	16	25	14	15	20	104
Aránea	0	0	0	0	0	1	1
Diplopoda	12	9	3	7	5	12	48
Isópoda	1	3	4	11	0	0	19
Gasterópoda	2	1	0	0	0	1	4
Coleóptera	12	9	6	4	0	0	31
Chilopoda	5	0	3	4	5	2	19
Hemíptera	4	0	2	0	2	2	10
Blattaria	3	0	3	1	0	0	7
Dermáptera	0	0	0	0	0	0	0
Pseudoescorpionida	0	0	0	0	0	0	0
Himenóptera	1	0	0	2	0	0	3
Orthoptera	0	1	0	2	0	2	5
Enquitreidos	0	0	4	0	0	0	4
larva	8	7	7	7	7	8	44

Cuadro 2. Cantidad de individuos por muestra en el bloque II.

INDIVIDUOS	BLOQUES II						TOTAL
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	
Oligochaeta	15	14	18	17	18	13	95
Isóptera	0	2	0	0	1	0	3
Aránea	0	0	1	1	3	0	5
Diplopoda	18	9	5	15	10	16	73
Isópoda	3	5	5	5	12	7	37
Gasterópoda	2	3	0	2	3	1	11
Coleóptera	6	3	5	5	3	0	22
Chilopoda	14	16	11	7	9	10	67
Hemíptera	0	0	2	1	1	0	4
Blattaria	0	0	4	0	2	3	9
Dermáptera	1	2	5	2	1	0	11
Pseudoescorpionida	0	0	2	1	2	3	8
Himenóptera	0	1	0	0	0	1	2
Orthoptera	0	1	1	0	0	1	3
Enquitreidos	0	0	0	0	0	2	2
larva	8	6	9	11	6	4	44

Cuadro 3. Cantidad de individuos por muestra en el bloque III.

INDIVIDUOS	BLOQUES III						TOTAL
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	
Oligochaeta	25	19	28	32	20	25	149
Isóptera	6	14	30	8	3	2	63
Aránea	2	1	0	0	0	3	6
Diplopoda	10	18	15	5	9	8	65
Isópoda	1	6	4	3	1	4	19
Gasterópoda	3	2	4	0	0	0	9
Coleóptera	3	2	1	8	2	6	22
Chilopoda	9	8	7	5	9	6	44
Hemíptera	1	0	2	0	0	0	3
Blattaria	1	2	0	0	1	0	4
Dermáptera	4	0	2	0	1	3	10
Pseudoescorpionida	0	0	0	0	0	0	0
Himenóptera	3	0	2	3	0	0	8
Orthoptera	2	0	0	1	0	2	5
Enquitreidos	3	0	0	0	0	0	3
larva	5	4	6	1	3	5	24

Cuadro 4. 1 Cantidad de individuos por muestra en el bloque IV.

INDIVIDUOS	BLOQUES IV						TOTAL
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	
Oligochaeta	10	20	18	14	13	15	90
Isóptera	3	6	15	16	8	6	54
Aránea	1	0	0	2	2	1	6
Diplopoda	10	7	11	0	13	9	50
Isópoda	4	6	4	3	5	4	26
Gasterópoda	0	3	0	0	0	0	3
Coleóptera	5	3	3	3	4	9	27
Chilopoda	0	4	0	0	2	1	7
Hemíptera	2	0	0	0	0	2	4
Blattaria	0	0	0	0	1	0	1
Dermáptera	0	0	0	0	0	0	0
Pseudoescorpionida	1	1	0	0	0	0	2
Himenóptera	1	0	0	2	0	0	3
Orthoptera	0	0		1	0	0	1
Enquitreidos	2	2	0	0	1	1	6
larva	6	6	7	7	6	6	38