

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



INDICADORES FÍSICOS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DEL SUELO EN TRES
SISTEMAS DE USO CENTRO POBLADO MENOR HUARISCA GRANDE,
DISTRITO AHUAC, PROVINCIA CHUPACA - JUNÍN

Tesis para optar el título de:

INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

Presentado por:

MAYDY SELOMIT CALLIRI AHUASHI

Tingo María - Perú

2021



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS Nº 019-2021-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 02 de Junio de 2021, a horas 10:30 a.m. en la Sala virtual Microsof Teams de del Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua para calificar la Tesis titulada:

“INDICADORES FÍSICOS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DEL SUELO EN TRES SISTEMAS DE USO CENTRO POBLADO MENOR HUARISCA GRANDE, DISTRITO AHUAC, PROVINCIA CHUPACA - JUNÍN”

Presentado por el Bachiller: **CALLIRI AHUASHI, Maydy Selomit**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADA** con el calificativo de **“MUY BUENO”**

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

Tingo María, 26 de Julio de 2021

Dr. LUCIO MANRIQUE DE LARA SUÁREZ
PRESIDENTE

Ing. M. Sc. VÍCTOR M. EBTETA ALVARADO
MIEMBRO

Dr. ROBERTO OBREGÓN PEÑA
MIEMBRO



Ing. M. Sc JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO
ASESOR

Ing. IVAN SERAFIN CHAMORRO
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES



INDICADORES FÍSICOS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DEL SUELO EN TRES SISTEMAS DE USO CENTRO POBLADO MENOR HUARISCA GRANDE, DISTRITO AHUAC, PROVINCIA CHUPACA - JUNÍN

Autor : Maydy Selomit, CALLIRI AHUASHI

Asesor : Ing. M.Sc. Juan Pablo, RENGIFO TRIGOZO

: Ing. Iván Cruz, SERAFIN CHAMORRO

Programa de Investigación : Ciencias Básicas

Línea (S) de investigación : Ecología y Conservación de Suelos

Eje temático de investigación : Indicadores de la calidad del suelo

Lugar de Ejecución : Centro Poblado menor Huarisca Grande.

Duración : Fecha de Inicio : 26/02/2019

Termino : 20/09/2019

Financiamiento : **Propio** : Si

Monto : 4,465.00

Tingo María - Perú

2021



DEDICATORIA

A Dios, porque el señor es mi luz y mi salvación. Él es mi protección.

A mis padres, Maximo Calliri Ramos y Clarisa Ahuashi Berna, por su paciencia y apoyo incondicional en todo sentido que hicieron posible mi formación como persona y profesional.

A mis hermanos por su paciencia y apoyo incondicional durante mi carrera.

A mi esposo Ángel Acosta Ordoñez, por su amor, apoyo y palabras de aliento.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo tuvo termino gracias a la colaboración de varias personas que a lo largo de mi carrera ofrecieron su apoyo incondicional, al igual de personas que con su experiencia fue posible finalizar y son:

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Recursos Naturales Renovables que contribuyeron sobre mi formación profesional.
- A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables en especial a los docentes de la especialidad de Conservación de Suelos y Agua que quienes entregaron todos sus conocimientos y experiencias en bien de formar buenos profesionales.
- Al Ing. MSc. Juan Pablo, Rengifo Trigozo; por la oportunidad ofrecida, paciencia, aporte y colaboración en la dirección de este trabajo de investigación.
- A los miembros del jurado de tesis, Ing. Dr. Lucio Manrique de Lara Suarez, Ing. MSc. Víctor Manuel Beteta Alvarado, Dr. Roberto Obregón Peña por su colaboración en el presente trabajo.
- A mis familiares, amigas y compañeros de la carrera por sus palabras de comprensión y apoyo.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo general.....	1
1.2. Objetivos específicos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Antecedentes.....	3
2.1.1. Internacionales	3
2.1.2. Nacionales.....	4
2.2. Marco teórico.....	5
2.2.1. Suelo	5
2.2.2. Fertilidad física del suelo	7
2.2.3. Fertilidad química del suelo.....	9
2.2.4. Fertilidad biológica del suelo.....	13
2.2.5. La biodiversidad	14
2.2.6. Macrofauna del suelo.....	15
2.2.7. Órdenes existentes en el suelo	18
III. MATERIALES Y METODOS	22
3.1. Lugar de ejecución.....	22
3.1.1. Clima.....	22
3.1.2. Zonas de vida.....	23
3.1.3. Suelo	23
3.1.4. Relieve	23
3.1.5. Hidrografía.....	23
3.1.6. Vías de acceso.....	24
3.2. Materiales y equipos	24

3.2.1.	Material de campo	24
3.2.2.	Materiales para la colecta y muestreo.....	24
3.2.3.	Materiales de laboratorio	24
3.2.4.	Equipos	25
3.3.	Tipo y nivel del estudio	25
3.3.1.	Tipo de estudio.....	25
3.3.2.	Nivel de estudio	25
3.4.	Método y diseño del estudio	25
3.4.1.	Método del estudio.....	25
3.4.2.	Componentes en estudio	26
3.4.3.	Diseño del estudio.....	26
3.5.	Metodología.....	26
3.5.1.	Determinación de los indicadores físicos y químicos en tres sistemas de uso.....	26
3.5.2.	Determinación de la densidad y biomasa de macrofauna presente en el suelo en tres sistemas de uso.....	28
3.5.3.	Determinación del nivel de fertilidad en tres sistemas de uso	30
3.5.4.	Correlación de las características físicas y químicas del suelo con la densidad y biomasa de la macrofauna encontradas en los tres sistemas de uso	31
IV.	RESUTADOS Y DISCUSIÓN	33
4.1.	Determinación de los indicadores físicos y químicos del suelo en tres sistemas de uso	33
4.1.1.	Indicadores físicos del suelo en tres sistemas de uso.....	33
4.1.2.	Indicadores químicos del suelo en tres sistemas de uso	36
4.2.	Identificación y cuantificación de macrofauna del suelo	37
4.2.1.	Identificación de macrofauna.....	37

4.3.	Determinación de la densidad y biomasa de la macrofauna presente en el suelo en tres sistemas de uso.....	39
4.3.1.	Determinación de la densidad y biomasa de macrofauna a diferentes profundidades del suelo en tres sistemas de uso	41
4.4.	Nivel de fertilidad en tres sistemas de uso.....	44
4.5.	Correlación de las características físicas y químicas del suelo con la densidad y biomasa de la macrofauna en tres sistemas de uso.....	46
V.	CONCLUSIONES	60
VI.	PROPUESTAS A FUTURO	61
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
	Anexo	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Categorías de pH dentro del sistema edáfico.	10
2. Categorías de la materia orgánica dentro del sistema edáfico.....	11
3. Categorías del nitrógeno en el sistema edáfico.	11
4. Categorías del fósforo disponible en el sistema edáfico.	12
5. Categorías del potasio disponible (K ₂ O).....	13
6. Taxonomía de los organismos que integran la macrofauna.	17
7. Ubicación y características de las parcelas en estudio.	22
8. Parámetros físicos y químicos del suelo (variables).	28
9. Parámetros biológicos del suelo (variables).	30
10. Valores que componen un suelo ideal.....	31
11. Clase textural del suelo en los diferentes sistemas de uso.	33
12. Densidad aparente del suelo en los diferentes sistemas de uso.....	34
13. Resistencia a la penetración del suelo en los diferentes sistemas de uso.....	35
14. Indicadores edáficos químicos en los diferentes sistemas de uso.	37
15. Agrupación taxonómica en profundidades de los diferentes sistemas de uso.	38
16. Densidades y biomasa de macrofauna edáfica en los diferentes sistemas de uso.....	40
17. Densidad de macrofauna edáfica por profundidad en los diferentes sistemas de uso.....	42
18. Distribución de la biomasa de macrofauna edáfica en las profundidades de los sistemas de uso.....	43
19. Indicadores para la obtención del índice de calidad edáfica.	45
20. Correlación lineal de las propiedades físico-químicas respecto la densidad y biomasa de la macrofauna en los suelos.	47
21. Grupo taxonómico y densidad por sistemas de uso del suelo.	68
22. Biomasa de la macrofauna por sistemas de uso del suelo.	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Diagrama de los sistemas de uso y las variables en estudio.....	26
2.	Diagrama de muestreo de suelos en cada sistema de uso.....	27
3.	Esquema del monolito extraído para la macrofauna.	29
4.	Densidad aparente edáfica en los diferentes sistemas de uso.....	34
5.	Promedios de la resistencia a la penetración en suelos de los diferentes sistemas de uso.	35
6.	Densidad de la macrofauna edáfica en los diferentes sistemas de uso.....	40
7.	Biomasa de la macrofauna edáfica en los diferentes sistemas de uso.	41
8.	Distribución por profundidades de las densidades de la macrofauna edáfica.	42
9.	Biomasa de la macrofauna edáfica distribuidas en profundidades en los diversos sistemas de uso.....	44
10.	Sistema referencial considerado para que sea un suelo ideal.....	46
11.	Correlación entre densidad de macrofauna y el contenido de arena en el suelo.....	48
12.	Correlación entre biomasa de macrofauna y el contenido de arena en el suelo.....	48
13.	Correlación entre densidad de macrofauna y el contenido de limo en el suelo.....	49
14.	Correlación entre biomasa de macrofauna y el contenido de limo en el suelo.....	49
15.	Correlación entre densidad de macrofauna y el contenido de arcilla en el suelo.....	50
16.	Correlación entre biomasa de macrofauna y el contenido de arcilla en el suelo.....	50
17.	Correlación entre densidad de macrofauna y el nivel del pH en el suelo.....	51

18.	Correlación entre biomasa de macrofauna y el nivel del pH en el suelo.	51
19.	Correlación entre densidad de macrofauna y el nivel de materia orgánica en el suelo.....	52
20.	Correlación entre biomasa de macrofauna y el nivel de materia orgánica en el suelo.....	52
21.	Correlación entre densidad de macrofauna y el nivel de nitrógeno en el suelo.....	53
22.	Correlación entre biomasa de macrofauna y el nivel de nitrógeno en el suelo.....	53
23.	Correlación entre densidad de macrofauna y el nivel de fósforo en el suelo.....	54
24.	Correlación entre biomasa de macrofauna y el nivel de fósforo en el suelo.....	54
25.	Correlación entre densidad de macrofauna y el nivel de potasio en el suelo.....	55
26.	Correlación entre biomasa de macrofauna y el nivel de potasio en el suelo.....	55
27.	Correlación entre densidad de macrofauna y el nivel de calcio en el suelo.....	56
28.	Correlación entre biomasa de macrofauna y el nivel de calcio en el suelo.....	56
29.	Correlación entre densidad de macrofauna y el nivel de magnesio en el suelo.....	57
30.	Correlación entre biomasa de macrofauna y el nivel de magnesio en el suelo.....	57
31.	Correlación entre densidad de macrofauna y la densidad aparente del suelo.....	58
32.	Correlación entre biomasa de macrofauna y la densidad aparente del suelo.....	58
33.	Correlación entre densidad de macrofauna y la resistencia a la penetración del suelo.....	59

34.	Correlación entre biomasa de macrofauna y la resistencia a la penetración del suelo.....	59
35.	Terreno destinado al sembrío de arveja variedad Remate.....	72
36.	Preparación del terreno en surcos para el sembrío de arveja variedad Remate.....	72
37.	Siembra de arveja variedad Remate distanciamiento 50 cm entre plantas.....	73
38.	Floración de arveja variedad Remate.	73
39.	Muestreo de la fauna edáfica en la parcela arveja variedad Remate.	74
40.	Medición de la resistencia a la penetración del suelo parcela arveja variedad Remate.	74
41.	Terreno destinado al sembrío de papa variedad Canchán	75
42.	Preparación del terreno para el sembrío de papa variedad Canchán.	75
43.	Abono y siembra de papa variedad Canchán distanciamiento 30 cm entre plantas.....	76
44.	Crecimiento y floración de papa variedad Canchán.....	76
45.	Terreno destinado al sembrío de avena como forraje.....	77
46.	Preparación del terreno para el sembrío de avena como forraje.	77
47.	Abono y siembra de vena como pasto de animales.....	78
48.	Avena como forraje en estado lechoso listo para el segado.	78
49.	Muestreo de fauna edáfica parcela de avena como forraje.	79
50.	Muestra de suelos parcela de avena como forraje.	79
51.	Macrofauna presente parcela de avena como forraje.	80
52.	Macrofauna presente parcela papa variedad Canchán.	80
53.	Macrofauna presente parcela arveja variedad Remate.....	81
54.	Identificación de especie de macrofauna.....	81
55.	Análisis de suelos al inicio de la investigación.	82
56.	Análisis de suelos al final de la investigación.	83

57.	Mapa de ubicación de las parcelas en estudio.....	84
58.	Mapa de las muestras de campo.....	85

RESUMEN

La presente tesis consideró como objetivo la determinación de los indicadores físicos, químicos, densidad y biomasa de macrofauna, nivel de fertilidad y la relación de las propiedades físicas edáficas con la densidad y biomasa de la macrofauna existentes en los sistemas de uso arveja variedad Remate (AR), papa variedad Canchán (PC) y avena como pasto de animales (APA), labor ejecutado en distrito de Ahuac de la región Junín. Los suelos del AR fueron francos arcillosos, elevadas categorías de la densidad aparente, adecuado valor de la resistencia a la penetración, pH moderadamente alcalino, con 12 ind.m⁻² de macrofauna que pesaron 4,7 g/m²; los suelos con PC y APA fueron de textura franca, elevada densidad aparente, adecuado valor de la resistencia a la penetración, pH ácido, en el caso de todos los sistemas se registró bajos niveles de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio, en el sistema con PC se encontró una densidad y biomasa de la macrofauna de 15 ind.m⁻² y 5,3 g/m² respectivamente, mientras que, en el APA, se encontró 11 ind.m⁻² y 3,1 g/m² de macrofauna edáfica. Además, no se encontró relación alguna de las propiedades fisicoquímicas edáficas respecto a la cantidad y peso de la macrofauna en el mismo suelo.

Palabras clave: Cultivo, macrofauna, relación, propiedades, sistemas.

ABSTRACT

The objective of this thesis was to determine the physical and chemical indicators, density and biomass of macrofauna, level of fertility and the relationship of the physical edaphic properties with the density and biomass of the existing macrofauna in the use systems of peas Variedad Remate (AR), Canchán potato (PC) and oats as animal feed (APA), work carried out in the Ahuac district of the Junín region. The AR soils were clayey loams, high categories of apparent density, adequate value of resistance to penetration, moderately alkaline pH, with 12 ind.m⁻² of macrofauna weighing 4.7 g/m²; the soils with PC and APA had a loamy texture, high bulk density, adequate value of resistance to penetration, acidic pH, in the case of all the systems low levels of organic matter, nitrogen, phosphorus and potassium were recorded, in the system with PC, a density and biomass of the macrofauna of 15 ind.m⁻² and 5.3 g/m², respectively, were found, while in the APA, 11 ind.m⁻² and 3.1 g/m² were found. of edaphic macrofauna. In addition, no relationship was found between the physicochemical edaphic properties with respect to the quantity and weight of the macrofauna in the same soil.

Key words: Crop, macrofauna, relationship, properties, systems.

I. INTRODUCCIÓN

Diversas instituciones como es USDA (1998) tiende a definir al suelo como la parte de la tierra muy variada bajo su forma forma natural. Los macroorganismos vivientes a gran escala de la tierra actúan sobre el paso y la capacidad del agua, la protección contra la desintegración, el sustento de los vegetales y en el proceso que se descompone la materia natural que contiene; en consecuencia, la variedad y abundancia de redes de criaturas en miniatura y la importancia general de las reuniones provinciales con más interés pudiéndose utilizarse como marcadores al querer determinar su calidad que presenta el suelo.

Resulta ser de suma relevancia que cuando los organismos actúan siendo especialistas conductores durante fases suplementarios: manejan los elementos de la materia natural del suelo, su obsesión por el carbono y la salida de elementos perjudiciales a la capa de ozono; ajustan la construcción real de la tierra y los sistemas del agua; expandiendo la cantidad y efectividad en la ingestión de suplementos por parte de la vegetación; y desarrollar aún más el bienestar de las plantas (Sevilla et al., 2002).

Los tipos o marcos de uso de la tierra causan varios niveles de influencia inquietante que, al evaluar las cualidades físicas, sustanciales y orgánicas, tendrán impactos en la corrupción y la desintegración parcial o completa de las sociedades. El tema es la deficiencia respecto a la diversidad biológica que se traduce en la corrupción de la naturaleza de las sociedades existentes en un centro poblado conocido como Huarisca Grande teniendo un lugar con la zona de Ahuac, región de Chupaca, de ahí que lo físico, sintético y orgánico no se asiente realmente por su sustentabilidad en el tiempo, ya que estos marcos influyen en algunos marcadores de la calidad del suelo.

Debido a la escasez de datos sobre las relaciones entre los marcos de utilización con las cualidades edafofísicas, sustanciales y orgánicas que presenta el sistema edáfico; este trabajo de análisis trae a colación el tema que lo acompaña: ¿Los atributos físicos, sintéticos y naturales del suelo mediarán en los marcos de utilización en el foco poblacional de Huarisca Grande, región Ahuac, región Chupaca-Junín? las propiedades físicas, compuestas y orgánicas de las sociedades en el foco poblado de Huarisca Grande, región Ahuac.

1.1. Objetivo general

Evaluar los indicadores físico-químicos y biológicos del suelo bajo tres sistemas de uso en el centro poblado Huarisca Grande, distrito Ahuac, provincia de Chupaca – Junín.

1.2. Objetivos específicos

- Describir las características físicas y químicas en tres sistemas de uso en el centro poblado Huarisca Grande.
- Determinar la densidad y biomasa de macrofauna existente en el suelo en tres sistemas de uso en el centro poblado Huarisca Grande.
- Determinar el nivel de fertilidad en tres sistemas de uso en el centro poblado Huarisca Grande.
- Correlacionar las propiedades físicas y químicas del suelo con la densidad y biomasa de la macrofauna de los sistemas de uso en el centro poblado Huarisca Grande.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

Brown et al. (2001) completaron exámenes en varios sistemas biológicos en México sobre la macrofauna edáfica, concentrándose en los ejemplos encontrados en el grado de grandes concentraciones (órdenes y familias), donde registraron 127 redes de macrofauna distribuidas en 37 áreas que fueron enmarcadas por 9 diferentes ambientes, rastreando abajo que la macrofauna incorpora valores superiores a 14.500 especies distribuidas en 18 reuniones. Como resultado se muestra que, prestando poca atención al tipo de sistema biológico, un predominio de rastreadores nocturnos en la biomasa e insectos en la riqueza, termitas involucrando el tercer punto en plenitud, y que la influencia inquietante influye de manera inequívoca en prácticamente todas las reuniones. Una reunión significativa de la macrofauna edáfica fueron las crías de coleópteros.

Silicuana (2017) al evaluar las características físicas, sintéticas, naturales y la prueba distintiva de especies de plantas en dos sistemas, los marcos ejecutivos, agroforestales y tradicionales en tres redes de la región de Tapacará, se ubica en el super poniente de Cochabamba.

Este trabajo coordinado es consecuencia de los encuentros producidos en el sistema de ejecución del proyecto SARA, que viene trabajando desde hace un tiempo considerable en el desarrollo de una horticultura manejable, a la luz del aseguramiento y mejoramiento de la riqueza del suelo, aprovechamiento satisfactorio de agua, fundación y ejecutivos de plantaciones de productos orgánicos bajo marcos agroforestales. Dicho informe imparte experiencias de seis años en la administración de plantaciones de productos orgánicos de marcos agroforestales, donde lo principal es desarrollar aún más la madurez del suelo de manera manejable, además distingue los marcos consuetudinarios ordinarios. La metodología de los marcos agroforestales fue ajena a la agroindustria de monocultivo ordinario, siendo una visión opuesta, razón por la cual, discrepa de los planes habituales sobre las perspectivas y la manera de como se hace agricultura. Dichos marcos agroforestales procuran planificar marcos de creación adecuados a los estados microclimáticos de cada espacio y al estilo del ganadero.

Las diversas investigaciones físicas, sintéticas y naturales y la prueba distintiva de especies sí evidenciaron el estado actual de las sociedades en ambas, razonando que la

ejecución de marcos agroforestales de sucesiones en los andes resulta ser una opción de recuperación, monitoreo, además de desarrollar aún más su riqueza del suelo.

2.1.2. Nacionales

En la región San Martín, Vela (2009) determinaron la macrofauna edáfica en un bosque primario y dos sistemas de producción de cacao (TMS – manejo tradicional y BMS – manejo mejorado), empleando el método TSBF. Los resultados en los sistemas evaluados no mostraron diferencia significativa ($p=0,4008$), bosque primario obtuvo una mayor población de individuos con una media de $36,19 \pm 5,84$ ind.m², BMS con una media de $32,94 \pm 3,01$ ind.m², y el TMS con una media de $27,31 \pm 6,00$ ind.m². Obteniéndose la mayor abundancia de individuos en lombrices, termitas y hormigas. Los resultados en los estratos evaluados muestran diferencia altamente significativa ($p=0,0001$), en el estrato de 0 - 10 cm con mayor abundancia de ($55,11 \pm 8,49$ ind.m²), y estadísticamente distinto al resto de estratos; de 10 - 20 cm ($26,85 \pm 4,88$ ind.m²), hojarasca con ($23,89 \pm 2,99$ ind.m²), y de 20 - 30 cm ($22,74 \pm 3,45$ ind.m²) no presentan diferencia estadística.

Huamán (2016) al evaluar los marcadores físicos y sintéticos de la tierra, reconocen y miden la macrofauna a varias profundidades en tres marcos de uso del suelo del cacao en asocio con: plátano, cítricos y monocultivo, asociando las características físicas y químicas de la tierra con las propiedades naturales. Como resultado se muestra que, introdujeron suelos superficiales arcillosos ideales para cultivos instalados, con una construcción granular y un espesor evidente decente entre a $1,45$ g/cm³ hasta $1,51$ g/cm³ y protección contra la entrada entre los $1,5$ g/cm³ hasta los $1,8$ g/cm². Los indicadores compuestos presentan respuestas sorprendentemente ácidas con sustancia media en materia natural, N y P y bajo en K, igualmente adquirió una baja capacidad de suplementos debido a su bajo límite comercial ($7,48$ a $10,52$ meq/g de suelo). Para los punteros naturales se obtuvo un registro de variedad bajo ($0,65$ a $0,98$ H'), con densidades de 72 a 84 ind.m², siendo su biomasa de $7,9$ a $10,78$ gm², así mismo Hymenoptera registró mayor prevalencia continuada de Haplotaxida y los isópteros en los tres marcos, al final se adquirió la conexión entre de la biomasa del suelo con la MO, N y K.

En el distrito de Castillo Grande, Barra (2016) determinó las propiedades físicas, químicas y biológicas en cuatro sistemas de uso del suelo, registró para el bosque secundario la densidad aparente de $1,90$ g/cm³, textura franco arcilloso, resistencia a la penetración de $1,4$ kg/cm², un pH fuertemente ácido, alto nivel de MO y N, medio en P y bajo en K; en la

densidad de macrofauna se encontró 153 ind.m⁻² y los índices de diversidad fueron H: 0,60 y D: 0,343. En el sistema de cacao el suelo fue franco arcillo arenoso, densidad aparente de 2,00 g/cm³, con resistencia a la penetración de 1,4 kg/cm², un pH moderadamente ácido, alto nivel de MO, N y P, y medio en K; en la densidad de macrofauna se encontró 120 ind.m⁻² y los índices de diversidad fueron H: 0,61 y D: 0,405. En el caso del café, su suelo fue franco, respecto a su densidad aparente fue 2,00 g/cm³, resistencia a la penetración de 1,5 kg/cm², el pH fue extremadamente ácido, nivel medio de MO, N, P y K; en la densidad de macrofauna se encontró 123 ind.m⁻² y los índices de diversidad fueron H: 0,62 y D: 0,457. El suelo excocal fue franco arcilloso, con una densidad aparente de 2,34 g/cm³, la resistencia a la penetración fue 1,5 kg/cm², el pH determina extremada acidez edáfica, elevado nivel de MO, N, P y K; en la densidad de macrofauna se encontró 88 ind.m⁻² y los índices de diversidad fueron H: 0,49 y D: 0,253. Concluyó que, las labores culturales practicadas por las personas perturban, degradan y erosionan los suelos.

Ríos (2019) evaluó el grosor y la variedad orgánica en los marcos de uso del suelo en Palo de Acero de la región Huánuco; los sistemas analizados se conformaron por parcelas de maíz, cacao, plátano y bosque. Reportó que, los marcos de uso de la tierra resultan ser perceptivos a las modificaciones que se observa en los análisis de sus características edáficas. El indicador natural encontrado alcanzó 15 órdenes, sobresaliendo Hymenoptera continuado de Haplotaxida, los Isóptera y por último los Isópodos, espesor (63 Ind.m² a 84 Ind.m²), biomasa (7,95 g.m² a 10,78 g.m²), variedad y Densidad predominante en pastizal y banano con una cantidad de habitantes más prominente, registra un archivo de variedad poco en general (0,33 a 0,45 H'), el espesor evidente y la materia natural se identifican directamente con la macrofauna edáfica, siendo marcadores de movimiento orgánico significativos por su protección y calidad del suelo.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Suelo

Kramer (1989) afirma que la suciedad establece un marco alucinante que consta de extensiones variables de cuatro partes; siendo estos: las partículas minerales o de roca, así como la materia natural muerta que establece la red fuerte, y la desintegración de la suciedad y el aire que consume el espacio poroso dentro de esa red. Para el Ministerio de Agricultura [Minag], (2011), consiste ser un marco complejo y dinámico donde acontecen maravillas

físicas, compuestas y naturales de fuerza variable, tiende a extenderse similar a un manto persistente sobre la capa exterior del casco del mundo.

2.2.1.1. Importancia del suelo

De la multitud de dones de la naturaleza, no hay otro más básico para la humanidad que la tierra, esta alucinante combinación de materia animal, vegetal y mineral que cubre el tosco centro del globo terrestre en varias profundidades es uno de los cuatro componentes esenciales fundamentales para la vida (IMTA, 2010).

Chilón (2014) precisa que la suciedad es un cuerpo característico y autónomo, tridimensional y trifásico, alucinante y dinámico, que se encuentra en asombroso equilibrio, que responde a los impulsos como un "elemento vivo", que se concibe, se desarrolla, crea y puede morder el polvo, por su delicadeza merece consideración. La suciedad que parte de la roca "madre" que avanza el ciclo topográfico por actividades de los especialistas climáticos, y la gratitud a los microorganismos les aseguran "vida" y se convierten en un cuerpo "vivo", de ahí el establecimiento de recuperar las suciedades útiles, degradadas, contaminado, consiste en recuperar la existencia orgánica de la suciedad.

2.2.1.2. Fertilidad del suelo

Un significado ejemplar lo señala Casanova (2005); siendo, "la fecundidad es el potencial que necesita una tierra para suministrar los componentes nutritivos en las estructuras, cantidades y extensiones necesarias para alcanzar un gran desarrollo y ejecución de la planta". Entre las distintas definiciones, la riqueza edáfica es una cualidad que surge de la comunicación entre sus atributos físicos, sustanciales y naturales y que forma parte de la capacidad de suplir las condiciones esenciales para el desarrollo y avance de los vegetales.

La riqueza edáfica caracterizada por su estado correspondiente a su capacidad de suministrar componentes vitales para el desarrollo de la planta, sin introducir convergencias venenosas de ningún componente. Tanto las necesidades de los componentes fundamentales como la resistencia a los componentes venenosos cambian con el tipo de planta, por lo que el grado de riqueza no se puede comunicar solo según la suciedad, sino que también debe aludir a la cosecha. Es decir, suelos evidentemente estériles para una cosecha específica pueden ser excepcionalmente útiles cuando se desarrollan diferentes tipos de plantas (Ansorena, 2005).

Solís (2011) hace referencia a que la fecundidad de la suciedad es una cualidad que surge de la comunicación entre atributos reales (capacidad para dar suficientes condiciones

subyacentes a la ayuda y desarrollo de las cosechas), sustancia (capacidad para suministrar suplementos adecuados, en cantidades satisfactorias y ajustado) y natural (conectado a los ciclos naturales de la suciedad, identificado con sus entidades orgánicas) del equivalente y que forma parte de la capacidad de suplir las condiciones esenciales para el desarrollo y avance de las plantas.

Fertilidad natural del suelo. La riqueza de los suelos vírgenes se percibe como aquella donde existe una poderosa armonía entre la tierra y la vegetación que sustenta, aportando agua y complementos fundamentales para su desarrollo y avance.

Fertilidad adquirida del suelo. Es un término relacionado con suelos desarrollados o que han pasado por algún tipo de intercesión antropogénica. La utilización de compost, cambios o trabajos puede alterar el estado de la riqueza regular del suelo.

Fertilidad actual del suelo. Es la que posee el suelo en un momento determinado, ya sea natural o adquirida.

Fertilidad potencial del suelo. Es la capacidad de la tierra para mantener su fertilidad normal. Al evaluar este tipo de riqueza, se involucran límites que no se utilizan de manera rutinaria en la base de la fecundidad normal (Romero, 2008).

2.2.2. Fertilidad física del suelo

La fertilidad física estima al suelo como un material auxiliar adecuado para la raíz, haciendo también referencia a los elementos del agua y los gases líquidos en su interior. Desde esta perspectiva, la tierra da una vía satisfactoria a la germinación de las semillas. además, el avance ideal del dispositivo raíz; Tiene una gran circulación de aire y una termicidad estable, un límite adecuado de mantenimiento de agua, junto con un sistema de difusión de agua que permite una gran filtración sin causar un lavado excesivo, al igual que un diseño estable que infiere oposición a los ciclos erosivos (Labrador, 2001).

Asimismo, los atributos son las particularidades que presentan personalidad a la suciedad, como superficie, estructura, sombreado, organización mineralógica, grosor claro y genuino; mientras que las propiedades aluden a la conducta que muestra la suciedad, derivada de sus cualidades, por ejemplo, límite de mantenimiento de la humedad, coeficientes de agua, circulación del aire, porosidad, penetrabilidad, etc. (Sánchez, 2007).

2.2.2.1. Textura del suelo

Resulta ser la extensión general de los que separan al suelo (sedimento, lodo y arena) en un suelo específico. Dicha marca resulta ser vital debido a que decide el límite de ingestión con la capacidad del agua, su sencillez de elaboración, su medida de aire (crucial en el desarrollo de la raíz) y tiene impacto sobre la riqueza. Además, aquellas suculdades que presentan un elevado nivel de arena son llamados arenosos; los que tienen un alto contenido en tierra son arcillosos y los que tienen un alto nivel de residuos son limosos; Cuando las medidas generales del separador menos predominante cambian, la clase de textura adicionalmente difiere y el nombre refleja el ajuste del arreglo (Sánchez, 2007).

Para Plaster y Eduard (2000), la superficie del suelo afecta el desarrollo y la accesibilidad de la humedad del suelo, la circulación del aire, la accesibilidad de los suplementos y la protección contra la infiltración de raíces.

2.2.2.2. Densidad aparente del suelo

El espesor evidente (g/cm^3) se caracteriza como la carga seca de tierra por unidad de volumen de suelo no perturbado. El espesor transparente incorpora el espacio poroso y el material fuerte, tanto mineral como natural (Pinot, 2015).

El grosor de la masa es una propiedad poderosa que difiere con el estado subyacente de la suculdad. Esta condición se puede ajustar por desarrollo; pisotear animales; Equipamiento de granja; y el medio ambiente, un caso es, por el efecto que ocasionan las gotas de las lluvias (Arskead et al., 1996; citado por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos [USDA], 1999). Un creador similar especifica que las capas de suelo compactado poseen elevadas densidades de masa provocando limitaciones del desarrollo radicular y restringen el desarrollo de aire y agua a través de la tierra.

El espesor de la masa edáfica resulta ser un indicador de las limitaciones de que se compacte y desarrollo radicular. Las densidades respecto a la masa de suelo comunes varían de 1,0 a 1,7 g/cm^3 y, en general, se eleva de manera directa mientras más se profundiza el perfil. En suelos que presentan elevadas extensiones de lodos expansibles, la densidad evidente cambia con la cantidad de agua, que debe estimarse a la hora de la inspección. La densidad de la partícula mineral que se encuentra en suelos arcillosos arenosos fluctúa desde $<1,0$ hasta $> 1,7 \text{ g/cm}^3$; para suelos de tierra superficial fluctúa entre los 1,0 hasta 1,5 g/cm^3 y para suelos arcillosos los valores radican desde 1,5 hasta los 1,7 g/cm^3 (USDA, 1999).

2.2.2.3. Temperatura del suelo

El suelo se calienta a base de la cantidad de radiación que registra la superficie del mundo debido a que se considera el balance de energía con onda larga y corta. La radiación neta se ve influenciada por factores externos que se encuentran sobre la superficie del suelo, un claro ejemplo son las especies vegetales que aparte de disminuir la radiación por la sombra generada, tiene a cambiar el albedo de manera adicional (USDA, 1999).

2.2.2.4. Resistencia de suelo a la penetración

El sistema edáfico muestra que el carbono natural se está perdiendo y la confiabilidad subyacente expandió la impotencia a que se compacte el suelo, y aquellas sociedades que introdujeron mejores cualidades organizativas y menor protección contra la entrada, pueden introducir una mejor conducta contra los factores que influyen en la corrupción. Además, los suelos con temblores totales subyacentes resultaron ser suelos con niveles elevados de compactación (Ferrerías et al., 2007).

El USDA (1999), con un incremento en el espesor claro, la obstrucción mecánica aumentará en general y la porosidad de la tierra disminuirá en general, estas progresiones limitan el desarrollo de las raíces a cualidades básicas. Los valores de la resistencia del suelo presentan las siguientes categorías:

- Nivel bajo : mayor a $2,0 \text{ g/cm}^3$
- Nivel medio : $2,0 \text{ g/cm}^3$
- Nivel alto : menor a $2,0 \text{ g/cm}^3$

2.2.3. Fertilidad química del suelo

Labrador (2001) precisa que la fecundidad compuesta caracteriza la condición físico-sintética del clima y la importancia del ahorro y la accesibilidad de componentes asimilables. Ángulos representados por el pH, el potencial redox, el límite comercial, la gran escala y el contenido de micronutrientes, etc. bien pueda ser aprovechada por la planta y que cubra los requerimientos del clima microbiano sin que ocurran desgracias. Huerta (2010) Alude a las propiedades sustanciales de la sociedad, las dos sus partes inorgánicas y naturales, así como las maravillas a las que da lugar la combinación de estas partes.

Las cualidades importantes de la sustancia incorporan escala completa y contenido de micronutrientes, pH y límite de comercio mental. Tener equilibrado las tres variables tienden

a facilitar que se tenga un sustrato especial con la cual crecerán las especies vegetales (Álvarez, 2008).

2.2.3.1. Reacción del suelo (pH)

La respuesta del sistema edáfico viene a ser la principal particularidad sintética de una tierra, como vehículo para el desarrollo de plantas, que se comunica en cuanto al pH. Asimismo, la respuesta de la sociedad condiciona de manera concluyente no solo la existencia de microorganismos y los ciclos significativos en los que interceden, sino también la asimilación más prominente o menor de numerosos componentes de sustancias fundamentales para la planta (Sánchez, 2007). Los microorganismos y actinomicetos funcionan más favorablemente en medios edáficos que tienen registros del pH con valores de pH de 5,0 a 6,5 y <5,0. Su movimiento se ve particularmente disminuido cuando el pH está por debajo de 5,5. El proceso de la nitrificación así como la obsesión por el nitrógeno ambiental, considerando como ejemplo, posiblemente ocurren debido a que el pH es más notable que 5; mientras que la amonificación y aminización tienden a disminuir de manera impresionante a un pH más bajo. Una excepción son los organismos microscópicos oxidantes de azufre que parecen ser apáticos con respecto a la respuesta que podría introducir la sociedad.

Los parásitos son igualmente facultativos dentro de las especies vegetales superiores, y a causa de las numerosas variables fisiológicas incluidas, es innegable que es un desafío relacionar su mejoría ideal con cualquier exactitud con el pH de la tierra. Además, las especies vegetales se desarrollan enmarcados en los rangos del pH extremadamente prolongado, lo que limita que se decida en una respuesta más certera que se pudiera obtener en la práctica (Navarro, 2003).

Tabla 1. Categorías de pH dentro del sistema edáfico.

Interpretación	Categoría de valores
Extremadamente ácido	< 4,5
Fuertemente ácido	4,6 - 5,4
Moderadamente ácido	5,5 - 6,5
Neutro	6,6 - 7,3
Moderadamente alcalino	7,4 - 8,5
Fuertemente alcalino	>8,5

Fuente: Soil Survey Staff (1993).

2.2.3.2. La materia orgánica

La materia natural se compone de mezclas de origen natural que ocurren en la tierra, de manera similar las acumulaciones de plantas establecen el material súper único de la materia natural del suelo (Fassbender, 1987; Navarro, 2003). Por otra parte (Zavaleta, 1992) afirma que la gran constitución de las suculas depende de la materia natural, una suculas de consistencia demasiado libre (suelo arenoso) se puede mejorar aplicando materia natural (estiércol), de la misma manera un suelo fangoso se mejora por medio natural a través de labores que consideren la inducción de la materia orgánica.

Tabla 2. Categorías de la materia orgánica dentro del sistema edáfico.

Categorías	Valores porcentuales
Bajo	Menos del 2%
Medio	Entre el 2% al 4%
Alto	Mayor al 4%

Fuente: Soil Survey Staff (1993).

2.2.3.3. El nitrógeno del suelo

Los niveles de nitrógeno en muchos sistemas edáficos son bajos, debido a sus propios elementos y las características que presenta en el ciclo biogeoquímico. Este elemento tiende a llegar a la tierra por medio de los compromisos de la materia natural (compostas naturales (excrementos) y depósitos de rendimiento) y a los ciclos de obsesión bacteriana del clima (Sánchez, 1981).

Las condiciones climáticas afectan el contenido de nitrógeno en los suelos, a medida que aumenta la temperatura, el nitrógeno disminuye; con incrementos de nitrógeno de bochoro en expansión. Las principales desgracias del nitrógeno son: que lo extrae el cultivo, drenaje, se volatilice, se desnitrifica y es fijado por el amonio (Navarro, 2003).

Tabla 3. Categorías del nitrógeno en el sistema edáfico.

Categorías	Valores porcentuales
Bajo	Menor a 0,1%
Medio	Entre 0,1% hasta los 0,2%
Alto	Mayor al 0,2%

Fuente: Soil Survey Staff (1993).

2.2.3.4. Fósforo disponible en el suelo

Está clasificado como fósforo inorgánico proveniente a partir de que se descompone el lecho rocoso cuando ocurre la meteorización, en donde el fósforo orgánico es parte del humus y también forma parte de la materia orgánica. El monto global de fósforo que hay en el sistema edáfico, que se encuentra bajo la forma P_2O_5 , rara vez excede los 7 ppm. Cerca del total de fósforo existente en el suelo no resulta ser utilizable por los vegetales, ya que son muy insolubles; en caso de su asimilación, debe encontrarse bajo la forma $HPO_4 = o H_2PO_4^-$, siendo parte de la solución de los suelos. Además, normalmente las plantas asimilan el fósforo cuando presentan un pH bajo, dicho de otra manera, en el caso de que la disolución del suelo contenga notable acidez, debido a que $HPO_4 =$ resulta tener mayor asimilación (Navarro, 2003). Si bien Sánchez (1981) menciona que existe una relación entre el fósforo con la materia orgánica y su clase textural, pudiéndose encontrar una media de 180 mg/kg, pero, el fósforo no puede fijarse en el sistema edáfico.

Tabla 4. Categorías del fósforo disponible en el sistema edáfico.

Categorías	Valores
Bajo	Menor a 7 ppm
Medio	Entre los 7 ppm hasta los 14 ppm
Alto	Mayor a 14 ppm

Fuente: Soil Survey Staff (1993).

2.2.3.5. Potasio disponible en el suelo

Este componente proviene del deterioro y de los que descomponen las rocas contenidas de potasio, acompañado a estos se deben agregar los que provienen de la desintegración de restos de plantas y criaturas. El potasio en la tierra se encuentra en niveles moderadamente enormes. La sustancia bajo la forma K_2O se basa en su superficie. La porción arcillosa es la que tiene la sustancia más destacada, razón por la cual un suelo fangoso y limoso-arcilloso es más extravagantes que un suelo limoso-arenoso y arenoso.

Este elemento en mención es un componente complementario fundamental en todas las formas de vida. Las verduras necesitan altas dosis de este suplemento, siendo como la necesidad de nitrógeno. K asume una parte significativa en la iniciación de innumerables sustancias químicas, también influye en el equilibrio hídrico y el desarrollo meristemático;

Además se interesa por los ciclos metabólicos que actúan prefiriendo el desarrollo de las plantas, para que fructifique, que madure el fruto y la naturaleza de los productos orgánicos. Cabe señalar, sin embargo, que esta variedad en contenido de potasio se ve afectada por el poder de las desgracias: extracción de cultivos, escurrimientos y desintegración (Navarro, 2003).

Es un componente saludable fundamental para todo ser vivo. Las verduras necesitan altas dosis de este suplemento, ya que son un requisito previo de nitrógeno. El potasio asume una parte importante en la iniciación de innumerables compuestos (se sabe que supera a los 60 que son activados mediante este catión), actuando bajo diferentes ciclos metabólicos, teniendo de ejemplo al proceso de la fotosíntesis, la mezcla de los carbohidratos y las proteínas; además, afecta el balance hídrico y el desarrollo meristemático. Al participar en los ciclos metabólicos, K bendice el desarrollo vegetativo, el proceso de producir frutos, la etapa en donde ocurre la maduración de los frutos y también tiene aportes de suma importancia en la naturaleza de los productos orgánicos (Guerrero, 2000).

Tabla 5. Categorías del potasio disponible (K₂O).

Nivel	Rango (Kg/ha)
Bajo	Menor de 300
Medio	300 – 600
Alto	Mayor de 600

Fuente: SOIL SURVEY STAFF (1993).

2.2.4. Fertilidad biológica del suelo

Labrador (2001) afirma que, la fertilidad biológica del suelo, caracteriza la magnitud y estado de la reserva orgánica, así como la abundancia y actividad de la biomasa edáfica. En cuanto a los parámetros relacionados con el medio de vida, el mismo autor declara que la fertilidad biológica aborda la cuantificación de esta biomasa y su vitalidad.

Los microorganismos edáficos tienen la responsabilidad de liberar los nutrientes de la materia orgánica. Un microorganismo al descomponer la materia orgánica, utiliza el carbono y nutrientes de la materia orgánica para que crezca, de manera paralela, tiende a liberar el exceso de nutrientes al sistema edáfico, los cuales son absorbidos por los vegetales. En el caso de que la materia orgánica es baja en nutrientes, el microorganismo tomará los nutrientes edáficos con la finalidad de que satisfaga sus necesidades (Peña, 2016). En este sentido

Restrepo (2002), atribuye que las propiedades microbiológicas incluyen la actividad de organismos que fijan el nitrógeno, simbióticos o de vida libre, además de los organismos depredadores de residuos orgánicos que obtienen energía de esos residuos orgánicos que obtienen energía de esos residuos y que participan en la mineralización de nutrimentos presentes en los residuos.

Cabrera (2014) plantea que, la cuantificación de variables biológicas es adecuada para indicar la tendencia de un suelo para aumentar o disminuir el nivel de materia orgánica y por consiguiente, reflejar rápidamente el efecto que producen los cambios de manejo. Generalmente se considera que las prácticas de manejo utilizadas afectan la población microbiana en tanto que otros no han encontrado diferencias.

2.2.4.1. Biomasa microbiana

Masa total de microorganismos vivientes en un determinado volumen de o masa de suelos dados. Peso total de los microorganismos que se encuentran en un entorno particular (Cárdenas, 2008).

2.2.4.2. La comunidad microbiana del suelo

Existen muchas maneras de abordar la microbiología del suelo por primera vez. En cierta medida el método resulta un tanto paradójico. No podemos saber realmente que ocurre en el suelo, a menos que comprendamos antes que organismos habitan en él, a la vez que no podemos describir realmente dichos organismos.

2.2.5. La biodiversidad

Variedad natural o biodiversidad, es la inconstancia de cada entidad orgánica viviente y los edificios biológicos donde ocurren. Los agroforestales tienen la mejor capacidad de todos los marcos agroforestales para moderar la diversidad biológica. Poseen un elevado valor de variedad florística, registran numerosas capas de plantas, poseen un alto espesor de plantas, siendon básicamente los mismos que los bosques (Pagiola y Ota, 1997).

2.2.5.1. Los organismos en el suelo

El sistema edáfico posee muchos organismos vivos. A pesar del hecho de que, por número, prácticamente todos tienen un lugar en el reino vegetal, el significado de las criaturas

no debe menospreciarse. El trabajo de plantas y criaturas en la disposición de la tierra es principal debido a que con ausencia de vida es irrelevante referirse del término suelo verdadero.

Es estándar separar las formas de vida edáfica en dos grupos abundantes que dependen del tamaño: microorganismo y macroorganismo, dependiendo de si su dimensión no es exactamente o más digno de mención que 2 mm individualmente. Dependiendo del reino con el que se comparan (criatura o planta), normalmente se piensa en cuatro grandes concentraciones de formas de vida en la tierra: macrofauna, microfauna, macroflora y microflora (Álvarez, 2008).

2.2.6. Macrofauna del suelo

El suelo es un activo característico de valor ilimitado, un controlador de la biosfera cuyo inicio y mejora normal ocurren en el largo plazo, pero cuyo uso poco práctico decae rápidamente, por lo que un mejor suelo para los ejecutivos es una necesidad social y su abuso debe garantizar el compuesto, físico y utilidad orgánica del activo.

Los exámenes cercanos mostraron que la construcción de macroinvertebrados fue más alucinante en condiciones edáficas mejor salvaguardadas u organizadas, apoyando, entre diferentes rasgos, una variedad más prominente de reuniones de cazadores, de la misma manera, apoyando un significado natural de la propensión de los ganaderos a suelos en reposo que poseen manifestaciones sobre infructuosidad (Sevilla et al., 2002). Muchos invertebrados grandes separan, trasladan y mezclan la tierra construyendo exposiciones, viviendas, cuidando locales, turriles o compartimentos (Zerbino y Morón, 2003).

El compromiso de la macrofauna en el ciclo del C y N no es tan alto debido al uso intenso y las temporadas de envejecimiento de sustancias con una alta proporción de carbono-nitrógeno (Wardle y Bardgett, 2004).

El tamaño normal de los macroinvertebrados fluctúa desde los 2 mm hasta los 20 mm entre anélidos o rastros nocturnos, coleópteros o escarabajos, himenópteros-formícidos o insectos), isópteros o termitas e inmaduros y/o imagos de otros artrópodos edáficos (Lavelle et al., 1992; Lavelle, 1997 y Sevilla et al., 2002).

Los macroinvertebrados, además de los complementos en movimiento, ceden las partes de su cuerpo, adelantando el clima y prefiriendo que haya un degradador y microorganismos. La riqueza y biomasa de los macroinvertebrados fluctuó por completo como lo indica el aprovechamiento de la tierra (tratamiento) y la profundidad (capas),

ganando la mayor densidad y biomasa en la capa superficial que abarca a la hojarasca con una parte de suelo hasta los 10 cm. La población de macroinvertebrados cambió fundamentalmente basándose en el aprovechamiento de la suciedad y la estabilidad de los estados ecológicos del medio, especialmente la insolación (temperatura), la relativa pegajosidad, el diseño de la vegetación (definición) y el compromiso de corromper la fitomasa (Porta et al., 1999).

El marco de suciedad es la consecuencia de asociaciones alucinantes entre variables físicas, sintéticas y orgánicas, Lavelle et al. (1992) proponen un modelo progresivo general que retrata el posible significado de estos componentes como determinantes de la interacción de la suciedad.

2.2.6.1. Los organismos del suelo como entidad funcional de la diversidad

La biodiversidad en el sentido que dan Delgado y España (1999), es decir, la variedad natural se caracteriza como la suma y diseño de datos orgánicos contenidos en ambientes de vida progresivamente coordinados Doran y Lincoln (1999), se trata de una característica de los marcos de vida que se puede considerar bajo diversos grados de asociación, desde las cualidades hasta la biosfera, que así pasa de poblaciones de especies y redes a escenarios biológicos Pashanasi (2001).

Un entorno que se describe introduciendo una alta variedad explícita se caracteriza por la mayoría de sus redes y por las conexiones que existen entre los componentes constitutivos de dicha mayoría (Bautista et al., 2004).

2.2.6.2. Clasificación funcional de la macrofauna del suelo

La biodiversidad en el sentido que dan Delgado y España (1999), es decir, la variedad natural se caracteriza como la suma y diseño de datos orgánicos contenidos en ambientes de vida progresivamente coordinados Doran y Lincoln (1999), se trata de una característica de los marcos de vida que se puede considerar bajo diversos grados de asociación, desde las cualidades hasta la biosfera, que así pasa de poblaciones de especies y redes a escenarios biológicos Pashanasi (2001). Un entorno que se describe introduciendo una alta variedad explícita se caracteriza por la mayoría de sus redes y por las conexiones que existen entre los componentes constitutivos de dicha mayoría.

Tabla 6. Taxonomía de los organismos que integran la macrofauna.

Filo	Clases	Sub-Clases	Órdenes
Annelida	Clitellata	-	Oligochaeta
	Arachnida	-	Araneae
Arthropoda	Insecta	-	Coleópteras
			Dípteras
			Hemípteras
			Himenópteras
			Homópteras
			Isópteras
			Orthopteras
	Crustacea	-	Isópodos
	Myriapoda	Chilopodas	
		Diplopodas	
Nemátoda	Adenophorea	-	Mermithida
Mollusca	Gasteropoda	-	

Fuente: Dubs et al. (2004).

2.2.6.3. Transformadores de la hojarasca

En este encuentro están los delegados de la mesofauna y parte de la macrofauna (Lavelle et al., 1992); Cuando estas criaturas sin espinas vuelven a ingerir sus excrementos, que se convierten en criaderos de la microflora, absorben los metabolitos liberados por la actividad microbiana.

2.2.6.4. Ingenieros del ecosistema

Los ingenieros ambientales o arquitectos biológicos Servicio de Conservación de Recursos Naturales. [Nrcs]. (2004), son aquellas criaturas que producen diseños reales con los que cambian la accesibilidad o disponibilidad de un activo para diferentes seres vivos.

De los innumerables marcos de vida que ocupan las suciedades, solo unos pocos macroinvertebrados (rastreadores nocturnos, insectos y termitas) son reconocidos por su capacidad para destapar la suciedad y producir un extraordinario surtido de diseños organominerales: excrementos, hogares, cerros, macroporos, exposiciones. y cámaras. Estas

criaturas han sido descritas como arquitectos biológicos del suelo, y los diseños que producen se han clasificado como "construcciones biogénicas". (Lavelle, 1997).

2.2.7. Órdenes existentes en el suelo

2.2.7.1. Taxonomía de las termitas (Dubs et al., 2004)

Reino	:	Animalia
Phyllum	:	Arthropoda
Clase	:	Insecta
Orden	:	Isóptera
Familia	:	Termitidae
Género	:	Macrotermes
Especie	:	<i>M. bellicosus</i>

Los isópteros (termitas). Las termitas son bichos eusociales espeluznantes, esto implica que viven en provincias donde varias reuniones de personas están comprometidas con diferentes asignaciones para el beneficio normal del estado. Así, los Isoptera se dividen en clasificaciones: Crianza, luchadores y jornaleros. A diferencia de otros bichos sociales como insectos, abejas melíferas y algunas avispa, todas las etapas de la adolescencia funcionan en el asentamiento (Fao, 2001).

Las termitas son importantes desde el punto de vista monetario como alimañas en construcciones de madera, tapones de exhibición y artículos de guardado. (Dubs et al., 1992).

Importancia de las termitas en los procesos del suelo. El significado biológico de las termitas en los ambientes de bosques tropicales está firmemente identificado con los ciclos biogeoquímicos (suplementarios), como los del hidrógeno, el carbono, el oxígeno, el nitrógeno, el azufre y el fósforo (Sylvia et al., 1999). Las referencias sobre sus capacidades en la tierra son abundantes y según Zerbino y Morón (2003), es importante para las agrupaciones fundamentales de criaturas sin espinas del suelo que pueden ser valiosas para evaluar la naturaleza de la tierra, decidiendo su plenitud, biomasa, especies. espesor y riqueza. Reglas naturales que, unidas a otros atributos no orgánicos, por ejemplo, puntos de vista hidrológicos, físicos y sintéticos, sirven para obtener registros de los agentes sobre la calidad del suelo.

2.2.7.2. Taxonomía de las lombrices

Pashanasi (2001) clasifica a las lombrices como:

Reino	:	Animal
Tipo	:	Anélida
Clase	:	Oligochaeta
Orden	:	Haplotaxida
Familia	:	Lombrícidae
Género	:	<i>Lumbricus eisenia</i>
Especies	:	<i>Lumbricus terrestris</i>

Eisenia foetida y *Eudrillus eugenie*

Haplotaxida (Lombrices de tierra). Nombre aplicado a más de 1000 tipos de gusanos que tienen un lugar con una clase de filo Anélidos. La oruga nocturna tiene un cuerpo en forma de barril apretado y seccionado. Tiene pequeñas fibras llamadas sedas. A pesar del hecho de que hay contrastes de tono entre las partes superior e inferior del cuerpo, y entre varias partes del cuerpo, los gusanos son en general uniformes en el sombreado, a menudo de color rojo claro, pero que pueden diferir del rosa apagado al marrón. Numerosas especies llegan a una longitud de un par de centímetros, sin embargo, ciertas especies exóticas pueden comparar 3,3 m de longitud. Los gusanos intervienen directamente o por implicación en diferentes ciclos físicos, sintéticos y naturales de la suciedad (Lavelle et al., 1992), al ser sacados y circulados por el aire, por la actividad de los rastreadores nocturnos, la suciedad resulta ser más Rico. Los rastreadores nocturnos también son un punto de acceso a la comida para algunas criaturas.

Efecto de las lombrices sobre las propiedades del suelo. Las lombrices de tierra necesitan vivir en suelos empapados que contienen materia natural. Normalmente viven en las capas superiores, sin embargo, en invierno hacen más túneles para alejarse del hielo. En el momento en que el clima es excepcionalmente cálido, también lo hacen para evitar la falta de hidratación. Las lombrices evitan la luz del sol, sin embargo, salen a la superficie con regularidad durante la noche para cuidar y expulsar sus desechos o basura. Durante el día simplemente suben a la cima en condiciones excepcionales, como cuando sus exhibiciones se desbordan en caso de fuertes lluvias.

Dinámica de las lombrices en la materia orgánica. Los gusanos digieren la materia natural, utilizando sustancias químicas creadas sin la ayuda de nadie más y a través de la microflora mutualista que se encuentra en su sistema intestinal. Los impactos provocados por los gusanos sobre los elementos de la materia natural; la absorción de la lombriz rompe los desechos naturales y entrega algunos suplementos, como nitrógeno (N) y fósforo (P), que luego podrían ser aclimatados por la planta (Bautista et al., 2004), en plazos moderados (días a meses), los elementos OM se ajustan dentro de diseños biogénicos. En un período más prolongado hay una ruptura en el ritmo de mineralización del O.M., hasta que se inmoviliza el ciclo. El impacto general a largo plazo (de años a muchos años) aún no se conoce, sobre la base de que no se han realizado tales exámenes retrasados. (Lavelle, 1997).

2.2.7.3. Taxonomía de las hormigas

Reino	:	Animal
Phyllum	:	Arthropoda
Clase	:	Insecta
Orden	:	Himenóptera
Familia	:	Formicidae
Especies	:	<i>Atta cephalothes</i>

Acromyrmex landolti

Iridomyrmex humilis

Los himenópteros (hormigas). Los insectos se crean a través de una transformación completa, pasando por etapas de larva y pupa antes de convertirse en adultos. En el expreso larvario, un insecto subterráneo es totalmente inútil ya que no tiene apéndices, por lo que su consideración se transmite a otros insectos adultos. La distinción entre soberanos y obreros y entre las diversas clasificaciones de obreros cuando existen, está controlada por el cuidado durante la etapa larval (Cotrina, 2011).

2.2.7.4. Taxonomía de los miriápodos

Decaens et al. (2001) hacen referencia la taxonomía de los miriápodos:

Reino	:	Animal
Phylum	:	Artrópodos
Clase	:	Miriápodos
Orden	:	Litobiomorfos
Nombre científico	:	<i>Lithobius sp.</i>

Los miriápodos (ciempiés – milpiés). Término (que implica numerosos pies), con el que se denominan a las criaturas artrópodas, en general terrenales, teniendo un lugar con las clases de quilópodos, diplopodos, paurópodos y symphyla, estas reuniones se retratan teniendo el cuerpo enmarcado por la cabeza y el tronco. ya la luz del hecho de que tienen incluso extremidades en la mayoría o en todos los metámeros del cuerpo. Necesitan anténulas y sus miembros son unirrámeos.

Normalmente son edáficos (suelo) y detritívoros (compradores de materia vegetal en descomposición). Tienen vida nocturna; durante el día se refugian en exuberantes regiones, campos, cuevas, hogares, colonias de hormigas o bajo piedras u hojas. Algunas reuniones viven en las arenas litorales, incluso cubiertas por las mareas. Según las clases, hay estados rectos, redondos y huecos de tamaños variables, generalmente en algún lugar en el rango de 2 y 5 cm, sin embargo, en algunas especies exóticas pueden llegar a 30 cm. Los quilópodos o 100 pies son criaturas con un cuerpo liso y seccionado, los diplopodos o mil pies tienen cuerpos redondos y huecos con forma en algún lugar en el rango de 25 y 100 metamers. (Decaens et al., 1994).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente estudio se ejecutó en una finca particular perteneciente al productor agrícola Pedro Acosta Aliaga, dicha área se localiza en el centro poblado menor Huarisca Grande (Tabla 7).

Tabla 7. Ubicación y características de las parcelas en estudio.

Centro poblado menor	Sector	Sembrío	Área (m ²)
Huarisca Grande	Casha – Uclo	arveja variedad Remate	289,80
Huarisca Grande	Allo Hualcaco	papa Canchán	430,10
Huarisca Grande	Milo Patac	avena como pasto	224,00

La finca donde se llevó a cabo el ensayo se localiza a una distancia aproximada de 5,0 km desde la Provincia de Chupaca, se recorre hacia la margen izquierda en base a la carretera central de Chupaca hacia Yauyos; la clasificación de los macroinvertebrados se realizó en el laboratorio de Entomología y las muestras de suelos obtenidas en campo fue analizada en el laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía en la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

En base a la delimitación política, la tesis se ejecutó en los sectores Milo Patac, Casha-Uclo y Alto Hualcaco, en el distrito de Ahuac, de la provincia de Chupaca en la región Junín; dicho distrito mencionado, se localiza en la coordenada 12°04'53" respecto a la latitud Sur y 75°19'08" con respecto a la longitud Oeste, además, está a 3,315 msnm.

3.1.1. Clima

El entorno de la localidad de Ahuac registra variables entornos naturales que conjuntamente caracterizan las cualidades ecológicas además de los estilos de vida; tiene dos estaciones notorias, una tempestuosa que abarca desde el mes de octubre hasta el mes de marzo; con temperaturas cambiantes desde los 15 °C hasta un máximo de 28 °C en el transcurso del día, un periodo de poca precipitación que comprende entre los meses desde abril hasta septiembre con valores de temperatura en las tardes que llegan hasta los 8 °C bajo cero; en ocasiones, los aguaceros se mantienen en la época seca y al revés. Al analizar la

temperatura media durante años con datos desde 1984 al 2014 se reporta un valor de 15,10 °C, de los cuales sobresale el mes de julio por poseer mayor promedio (18,32 °C) y con solo una media de 12,03 °C se tiene al mes de febrero considerándolo con el mes mayor friaje (Salazar, 2016).

El mismo autor adiciona información respecto a la precipitación anual, registrando una media de 701 mm, sobresaliendo el mes más de febrero en que se observa mayor lluvias con un volumen de 128 mm, mientras que el mes más de menor precipitación es el de julio que solamente tienen registros de 5 mm en la zona en estudio.

3.1.2. Zonas de vida

Tomando como base de información a la publicación de Holdridge (1983) y tomada en consideración por parte del Gobierno Regional de Junín (2005), la zona donde se llevó a cabo el ensayo presenta características que lo ubican en la categoría de un Bosque seco montano bajo tropical cuya sigla correspondiente es bs-MBT.

3.1.3. Suelo

Estudios publicados a través del Gobierno Regional de Junín (2005), tienden a clasificar al distrito de Ahuac que poseen tierras categorizadas como Tierras aptas para cultivos en limpio, razón por la cual se vienen llevando a cabo en dichos medios el cultivo de las especies agrícolas como la papa, el trigo, el maíz, la cebada, las hortalizas, además hay pastos y algunos árboles maderables, y según los análisis de suelos realizados presentan texturas de franco arcilloso a francos.

3.1.4. Relieve

La zona de estudio presenta un relieve topográfico suave, presenta algunas laderas cuyas pendientes son suaves de las colinas, distribuidos en altitudes que fluctúan entre 2.160 hasta 3.400 metros sobre el nivel del mar, características propias del lugar donde se ejecutó la presente tesis (Figuras 32 y 33 del Anexo).

3.1.5. Hidrografía

En la comunidad el uso del agua resulta ser relevante debido a que se emplea en muchas de las labores del quehacer diario. La utilidad que se le asigna es: uso para todas las

cosas que se hace en la casa, en la agricultura, en la ganadería, en la medicina, en el cultivo de organismos acuáticos, uso en la medicina, etc., existiendo dos manantiales: el manantial denominado Chaquipuquio que se ubica al sur a 3379 msnm con aguas cristalinas y el manantial Ajos Puquio ubicadas al sur oeste teniendo como referencia a la laguna de Ñahuinpuquio, cuyas aguas desembocan a la laguna de aproximadamente de un área de 7,8 hectáreas.

3.1.6. Vías de acceso

Para acceder hacia el distrito de Ahuac se realiza mediante una carretera asfaltada, tomando como origen la ciudad de Tingo María que es donde queda la Universidad Nacional Agraria de la Selva dirigiéndose hacia el distrito de la Oroya, en donde hay un desvío por el margen izquierdo al distrito de Chupaca, transcurriendo un tiempo de viaje aproximado de 12 horas; desde dicho distrito hacia el distrito de Ahuac se recorre a través del barrio San Juan-Ahuac en automóvil por un periodo de tiempo de 15 minutos aproximadamente.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Material de campo

Durante las actividades del campo se ha empleado como materiales e insumos a las bolsas de polietileno, una cinta métrica y las botas, en el caso de herramientas se consideró a una pala recta y un pico. Para que se transporte a la macrofauna recolectada hacia el laboratorio de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, se utilizó para preservar el alcohol medicinal 70% que fueron contenidos en un envase hermético por repetición del estudio.

3.2.2. Materiales para la colecta y muestreo

Como material de colecta y muestreo se utilizó la bolsa de polietileno, una pinza, algunos estiletes, plásticos grandes, algunos envases de vidrio y las etiquetas para rotular los frascos.

3.2.3. Materiales de laboratorio

Entre los materiales que se utilizó en el laboratorio para poder obtener las mediciones de los indicadores estudiados se consideró a las cápsulas petri de 90 a 100 mm, cinta Masking tape, etiquetas, fiolas de 100 mL, gradillas, asa de colle, guantes, láminas, laminillas, mandil,

matraz de 250 mL, mecheros, papel kraff, pinzas, pipetas de 1 a 10 mL, pitas, la placa Petri, una probeta cuya capacidad fue 250 mL, tijeras, tintas, tubo de ensayo cuyas características fueron de 18 y 180 milímetros, tubos durkam de 10 y 75 milímetros, entre otros.

3.2.4. Equipos

Entre los equipos que se utilizaron para llevar a cabo el estudio se puede citar a: las estufas, el microscopio, el esteroscópico, el cuenta colonias, el autoclave, la balanza de precisión, una cámara fotográfica y el receptor GPS.

3.3. Tipo y nivel del estudio

3.3.1. Tipo de estudio

El estudio estuvo enmarcado bajo la clasificación del tipo básico, mientras que en el caso del diseño proseguido se consideró un diseño experimental, en donde los tratamientos empleados fueron considerados el sistema de uso del suelo (avena para utilizarse como forraje, papa Canchán y arveja variedad Remate).

3.3.2. Nivel de estudio

El estudio se ubicó en el nivel explicativo debido a que se basó en los criterios de causalidad, en donde la variable independiente o sistemas de uso del suelo influye en las variables dependientes.

3.4. Método y diseño del estudio

3.4.1. Método del estudio

El método de estudio fue el inductivo debido a que con los resultados que se se obtenga de las muestras que se realizaran en el campo, se concluirá para toda la población o parcelas en estudio.

3.4.1.1. Variable independiente

Las variables independientes fue el sistema de uso del suelo (avena para utilizarse como forraje, papa Canchán y arveja variedad Remate).

3.4.1.2. Variable dependiente

Las variables dependientes evaluadas abarcaron a los: parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo.

3.4.2. Componentes en estudio

Los factores en estudio abarcaron:

- El sistema de uso del suelo (avena para utilizarse como forraje, papa Canchán y arveja variedad Remate).
- La muestra de suelo (se obtuvo de campo y se analizó en el laboratorio).
- Macrofauna del suelo obtenidas de cada sistema de uso estudiado.

3.4.3. Diseño del estudio

El estudio estuvo basado en el diseño transeccional al recolectarse los valores de los indicadores en una sola medición (Hernández et al., 2006), que se llevaron a cabo al muestrear y analizar los suelos, se lograron determinar los valores de la macrofauna, la densidad aparente y la compactación, todas estas acciones fueron desarrolladas por durante medio año.

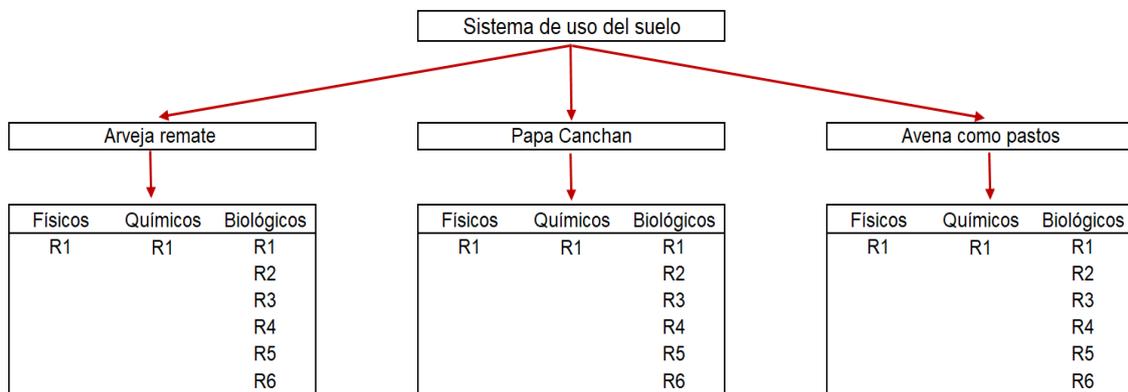


Figura 1. Diagrama de los sistemas de uso y las variables en estudio.

3.5. Metodología

3.5.1. Determinación de los indicadores físicos y químicos en tres sistemas de uso

Reconocimiento del área. Consistió en visitar previamente coordinando con el propietario de la finca en la cual se llevó a cabo el estudio, luego se volvió a visitar con la

finalidad de reconocer el área que fue destinado con fines de realizar las labores de campo; las acciones correspondientes al estudio fueron llevados a cabo con la participación del dueño del predio.

Demarcación, recolección y almacenamiento de las muestras. Actividad llevada a cabo orientada con el empleo del mapa base de dicha zona en estudio (Figura 33 en el Anexo), fue georreferenciado los sectores donde se llevó a cabo el estudio respecto al sistema de uso, para ello se consideró utilizar un receptor GPS, posteriormente se realizó la extracción de los monolitos y luego se determinaría los parámetros físico-químicos y biológicos que presentan previo a la siembra y posterior a la cosecha de los cultivos.

Muestreo de suelos. Con fines de obtener las muestras de suelos se extrajo submuestras, con fines de lograr este objetivo se tuvo que recorrer prosiguiendo el trayecto del zig-zag, en dicho recorrido se distribuyó 20 puntos de donde se extrajo submuestras del suelo, labor ejecutada en cada uno de los sistemas de uso; en dichos puntos distribuidos se tomó a la mano un tubo metálico para el muestreo del suelo, siendo introducido hasta los 30 centímetros desde la superficie edáfica y luego se regresó el tubo donde contenía una porción de suelo los que posteriormente se mezcló sobre un costal con fines de homogenizarlos y al final solamente se cogió una bolsa y se llenó un aproximadamente de 1000 g por cada sistema de uso, a dicha bolsa con muestra de suelo se le colocó un stickers donde se anotó las características del sistema de uso muestreado, posteriormente fueron enviadas hacia el Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en donde se sometió a ser secado bajo cobertura a las muestras de suelos y posteriormente se realizó el respectivo determinación de las características físicas y químicas (Figura 2).

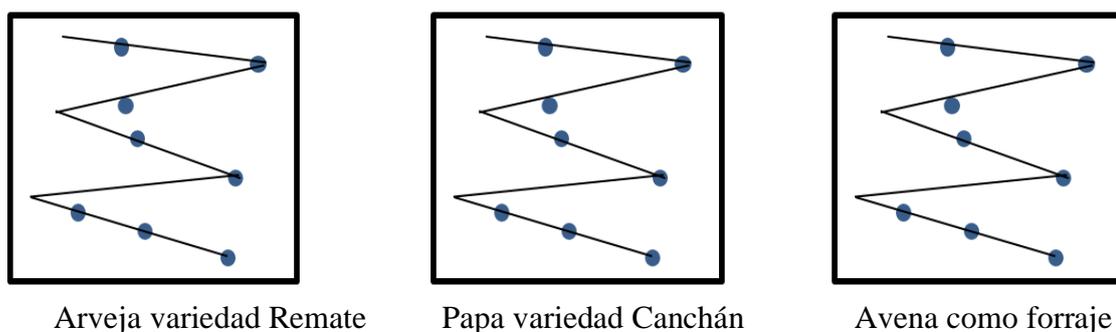


Figura 2. Diagrama de muestreo de suelos en cada sistema de uso.

VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS EVALUADAS. Se realizó las mediciones de nueve indicadores, de las cuales cuatro pertenecieron a las variables físicas y cinco referido a las variables químicas (Tabla 8).

Tabla 8. Parámetros físicos y químicos del suelo (variables).

Características físicas	Métodos utilizados
Clase textural	Hidrómetro de Bouyoucos
Densidad aparente	Por volumen, peso húmedo y seco
Temperatura	Directo mediante un termómetro
Resistencia a la penetración	Directo mediante un penetrómetro
características químicas	Métodos utilizados
MO	Walkley y Blakc
pH	Potenciómetro
N	Kjeldahl
P	Olsen
K	Ácido sulfúrico

Fuente: Cincae (2020).

3.5.2. Determinación de la densidad y biomasa de macrofauna presente en el suelo en tres sistemas de uso

Muestras de la macrofauna edáfica. Se prosiguió lo ejecutado por Vargas - Machuca (2010), enmarcados en un muestreo sistemático que consistió en proyectar una línea recta con 50 m de longitud y se tuvo que extraer seis monolitos distribuidos cada 10 m, labor llevada a cabo a los 120 días transcurridos posteriores a la siembra que fue el tiempo de la cosecha de los cultivos (Figura 2).

Con fines de recolectar la macrofauna edáfica en los sistemas de uso en estudio, se trazó una recta, luego se ubicó seis puntos, donde se tuvo que realizar muestreos de monolitos cuya dimensión fue 25 x 25 x 30 cm correspondiente al ancho, largo y profundidad respectivamente, estos bloques de suelo estuvieron fraccionados por las siguientes dimensiones: la parte superficial que contenía la hojarasca colectada en un área de 1 m², luego la primera profundidad distribuida desde 0 cm hasta los 10 cm, la segunda comprendida entre los 10 cm hasta los 20 cm y finalmente la tercera profundidad desde los 20 cm hasta los 30 cm desde la superficie, la metodología proseguida estuvo enmarcado en la publicación de Anderson e Ingram (1993) que lo mencionó en el artículo de Pashanasi (2001).

Colecta de especímenes de macrofauna edáfica. Posterior a la extracción del monolito y colocarlos encima de costales tendidos sobre el suelo, se tuvo que desmenuzarlo

cuidadosamente por cada nivel de profundidad, los organismos encontrados se colocaron dentro de los envases de vidrio que contenían alcohol medicinal 70% con su respectiva tapa, además se colocó un sticker donde se colocó el sistema, número de monolito y profundidad para que seguidamente se traslade hacia el laboratorio en donde se procedieron a identificarlas.

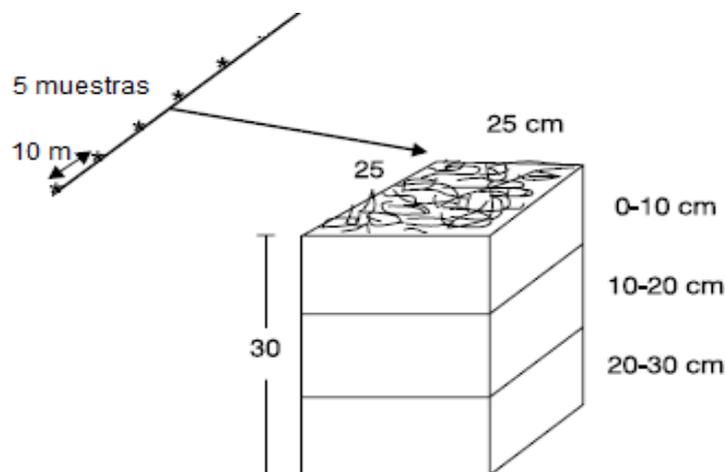


Figura 3. Esquema del monolito extraído para la macrofauna.

Identificar y contar la macrofauna edáfica. Una vez los frascos contenidos alcohol y los individuos de macrofauna, se procedió a sacarlas y en papel toalla se las colocó con la finalidad de identificarlas y categorizarlas taxonómicamente con la ayuda del personal a cargo en el laboratorio de Entomología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, posteriormente se las contó respecto a la especie que pertenecía, esto se realizó respetando la profundidad de muestreo y el sistema de uso del suelo en estudio, se optó por emplear un contómetro en situaciones donde se encontró individuos pertenecientes al Hymenóptero y también se la misma manera para los Isópteros.

Método para contar y la estructura de la comunidad edáfica. La macrofauna tanto del suelo como los incluidos en las hojarascas, se incluyó en el mismo lugar y se almacenó en solución de licor al 80% para la macrofauna con cuerpo solidificado y en formol del 4% al 10% para las crías y bichos que presentaba su cuerpo no solidificado. La densidad poblacional expresado en individuos por cada metro cuadrado y la biomasa que fue expresado en gramos por metro cuadrado de la macrofauna se evaluaron mediante el uso de del estereoscopio y la balanza de precisión respectivamente. Se estimó la biomasa mediante el incremento del valor obtenido debido a que existen pérdidas de peso del 19% en la lombriz, 11% en el bicho, 9% en el insecto subterráneo y un 13% en el caso de las demás macrofaunas, acción ocurrida por

el uso de alcohol y formol (Decaens et al., 2001). Usando claves de pruebas reconocibles, lo científico no se resolvió realmente, se contó la cada espécimen obtenida por monolito muestreado, se adicionó el número absoluto de macrofauna por taxón y se determinó la recompensa o el grosor relativo normal por unidad ordenada en cada marco.

Se generó figuras con valores de abundancia relativa.

Para la biomasa de la macrofauna se tuvo que pesar para cada sistema de suelo.

$$\text{DRM} = \text{Suma de la biomasa por monolitos} / \text{biomasa total}$$

Donde:

DRM: Proporción o densidad relativa por monolito

Frecuencia (%) = Suma de la densidad de macrofauna / Cantidad total de especies

Indicadores biológicos evaluados. Se consideró recolectar datos de dos indicadores biológicos correspondientes a la macrofauna edáfica en los tres sistemas de uso del suelo de la zona en estudio (Tabla 9).

Tabla 9. Parámetros biológicos del suelo (variables).

Indicadores de la macrofauna	Método empleado
Densidad	Directo mediante conteo en unidades
Biomasa	Directo mediante pesaje en gramos

3.5.3. Determinación del nivel de fertilidad en tres sistemas de uso

Con fines de determinar el nivel de fertilidad existente dentro del sistema edáfico en los tres sistemas de uso considerados en el presente estudio, se procedió a realizar una tabulación y digitalización de los resultados que se habían emitidos por el laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, resultados que correspondían a los indicadores correspondientes a las propiedades físicas y las propiedades químicas obtenidas de las muestras de los suelos extraídas en los diferentes sistemas de uso del suelo, además de dos indicadores que se obtuvieron directamente en el terreno en estudio mediante medición directa, posteriormente se hizo comparaciones con los valores de los indicadores en el caso de que se cuente con un suelo adecuado o ideal (Tabla 10).

Tabla 10. Valores que componen un suelo ideal.

Indicador del suelo	Valor en un suelo ideal
Densidad aparente	1,5 g/cm ³
Resistencia a la penetración	1,5 Kg/cm ²
MO	3,6%
pH	6,8
N	0,2%
P	11 ppm
K	350 Kg-K ₂ O/ha

3.5.4. Correlación de las características físicas y químicas del suelo con la densidad y biomasa de la macrofauna encontradas en los tres sistemas de uso

Con fines de alcanzar este objetivo, se utilizó a los valores de los indicadores referentes a las características físico-químicas del suelo y se correlacionó con los indicadores de densidad y biomasa de los individuos de macrofauna edáfica. Las pruebas realizadas fueron iniciando por el supuesto de normalidad y posteriormente se contrastó la hipótesis mediante el paquete estadístico SPSS versión 25, siendo las categorías para la interpretación de la correlación lo registrado en la publicación de Hernández et al. (2006), las categorías para interpretar la correlación fueron:

Correlación negativa

-1.00 = Perfecta.

-0.90 = Muy fuerte.

-0.75 = Considerable.

-0.50 = Media.

-0.25 = Débil.

0.00 = No existe correlación.

Correlación positiva

+1.00 = Perfecta

+0.90 = Muy fuerte.

+0.75 = Considerable.

+0.50 = Media.

+0.25 = Débil.

+0.10 = Muy débil

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Determinación de los indicadores físicos y químicos del suelo en tres sistemas de uso

4.1.1. Indicadores físicos del suelo en tres sistemas de uso

- Textura del suelo

La clase textural fue predominante en el sector Casha Uclo que se encontraba sembrada la arveja variedad Remate con suelos franco arcilloso, mientras que en el sector Hualcaco cuya siembra fue la papa variedad Canchán y de la misma manera para el sector Milo Pata que presentaba avena sembrado con fines de forraje registraron tener suelos francos (Tabla 11); al respecto, Fernández (2006) sostiene que, cuando las medidas generales de (arena, sedimento y tierra) del desplazamiento separador menos predominante, así mismo difiere la clase de textura. Sánchez (2007) hace referencia a los atributos que son las particularidades que dan personalidad a la suculidad, como superficie, estructura, sombreado, síntesis mineralógica, espesor evidente y genuino; Si bien las propiedades aluden a la conducta que muestra la suculidad, existen adicionalmente diferentes cualidades, por ejemplo, límite de mantenimiento de la humedad, coeficientes de agua, porosidad, circulación del aire, penetrabilidad, entre otros.

Tabla 11. Clase textural del suelo en los diferentes sistemas de uso.

Cultivos	Partículas (%)			Clase textural
	Arena	Arcilla	Limo	
Arveja variedad Remate	44,0%	33,0%	23,0%	Franco arcilloso
Papa variedad Canchán	48,0%	19,0%	33,0%	Franco
Avena como forraje	50,0%	21,0%	29,0%	Franco

- Densidad aparente

Se registró mayor promedio de la densidad aparente en el suelo donde se estableció la arveja variedad Remate registrando un valor de $1,39 \text{ g/cm}^3$, para el caso del suelo donde se sembró la papa variedad Canchán la media fue $1,35 \text{ g/cm}^3$, mientras que, para el caso del

suelo donde se cultivó avena con fines de forraje registró una media de $1,32 \text{ g/cm}^3$ (Tabla 12), esta variación de resultados es concordante al criterio considerado por Arskead *et al.* (1996), citado por la USDA (1999) en donde ratifica que dicho indicador es dinámico en base a la estructura edáfica en la que se analiza, además, esta propiedad puede modificarse al establecer un cultivo, la práctica de la ganadería intensiva y también las condiciones climáticas de la zona.

Tabla 12. Densidad aparente del suelo en los diferentes sistemas de uso.

Cultivos	Densidades aparentes
Arveja variedad Remate	$1,39 \text{ g/cm}^3$
Papa variedad Canchán	$1,35 \text{ g/cm}^3$
Avena como forraje	$1,32 \text{ g/cm}^3$

La densidad aparente edáfica fue $1,39 \text{ g/cm}^3$ en el sistema de arveja variedad Remate, $1,35 \text{ g/cm}^3$ en el sistema de papa variedad Canchán y $1,32 \text{ g/cm}^3$ en la avena como forraje, encontrándose entre la típica densidad aparente fluctuante entre $1,0$ a $1,7 \text{ g/cm}^3$ (Figura 3).

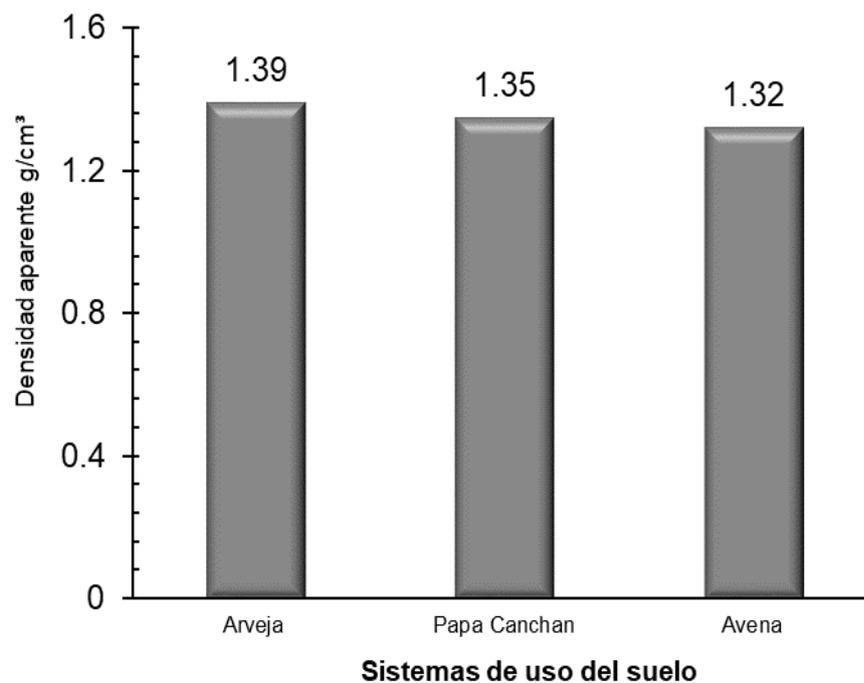


Figura 4. Densidad aparente edáfica en los diferentes sistemas de uso.

- Resistencia a la penetración del suelo

Superior resistencia a la penetración se registró en el suelo donde se cultivó arveja variedad Remate con un valor de $1,7 \text{ kg/cm}^2$, seguido del medio con cultivo de papa variedad

Canchán ($1,6 \text{ kg/cm}^2$) y al cultivar avena como forraje con $1,4 \text{ kg/cm}^2$ (Tabla 13), estos valores son considerados de acuerdo al USDA (1999) como elevado o adecuado.

Además, Ferreras et al. (2007) añaden que, los suelos al perder el carbono natural y estabilidad primaria expandieron la indefensión a compactarse el suelo, y aquellas suciedades que introdujeron mejores atributos organizativos y poca protección de entrada, introduciría mejor conducta frente a factores influyentes a la degradación. Asimismo, el sistema edáfico con precariedad primaria de totales fueron suelos compactos.

Tabla 13. Resistencia a la penetración del suelo en los diferentes sistemas de uso.

Cultivos	Resistencia a la penetración
Arveja variedad Remate	$1,7 \text{ kg/cm}^2$
Papa variedad Canchán	$1,6 \text{ kg/cm}^2$
Avena como forraje	$1,4 \text{ kg/cm}^2$

Hubo mayor resistencia en los suelos que se sembró la arveja variedad Remate registrando una media de $1,7 \text{ kg/cm}^2$, posteriormente el suelo donde se cultivó papa variedad Canchán que registró $1,6 \text{ kg/cm}^2$ y finalmente el suelo con avena como forraje en $1,4 \text{ kg/cm}^2$, por ello, la resistencia del suelo en los sistemas es de un rango alto o adecuado (Figura 5).

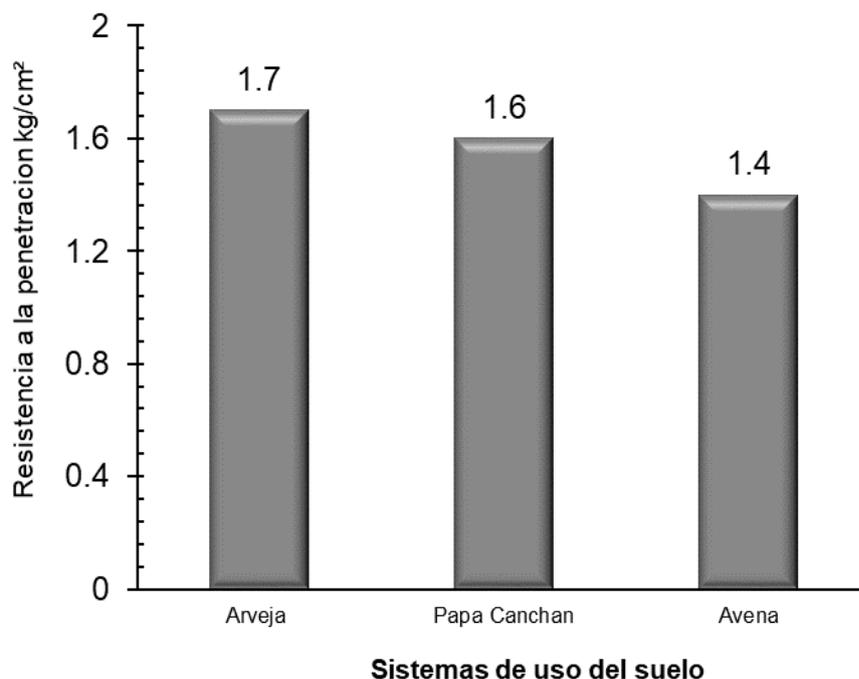


Figura 5. Promedios de la resistencia a la penetración en suelos de los diferentes sistemas de uso.

4.1.2. Indicadores químicos del suelo en tres sistemas de uso

Los indicadores de las propiedades químicas de las muestras de suelos correspondientes a los sistemas de uso en estudio (Tabla 14), registraron los siguientes valores:

- Respecto al pH, el sistema edáfico donde se cultivó arveja variedad Remate alcanzó un valor de 7,74 (moderadamente alcalino), con un 1,47% de materia orgánica, 0,07% de nitrógeno y 132,44 kg/ha de K₂O que los catalogaron como niveles bajos, mientras que hubo un 14,40 ppm de fósforo que lo categorizó en alto nivel.
- El sistema edáfico donde se había establecido la papa variedad Canchán presentó un 4,72 de pH (fuertemente ácido), 2,02% para la materia orgánica (medio), 0,09% respecto al nitrógeno, 5,45 ppm en fósforo y 84,46 kg/ha en K₂O, valores que fueron categorizados de niveles bajos.
- El sistema edáfico que se había sembrado y cosechado a la avena como forraje registraba 4,79 de pH (fuertemente ácido), un 2,44% de la materia orgánica, 0,11% del nitrógeno y 7,16 ppm respecto al fósforo que los ubica como de niveles medios para los tres indicadores, mientras que hubo 104,05 kg/ha de K₂O que se considera como de nivel bajo. Al respecto, Sánchez (2007), considera que, la respuesta del suelo es quizás la primordial propiedad de la tierra, como manera de desarrollar los vegetales, que responde al valor del pH existente. Además, Navarro (2003) añade que, la causticidad es normal para suelos situados en lugares con elevada precipitación; además, cerca de todas las formas de vida se mantienen alejadas de los suelos ácidos.

Como plantea Fassbender (1975), elementos como el nitrógeno se identifica respecto a la materia natural, debido a que se encuentra en el aire terrestre por medio de diversas medidas de obsesión, Zavaleta (1992) muestra que la sustancia de la materia natural en los suelos es profundamente factor y se adapta en su mayor parte. Ejemplo por el medio ambiente y las plantas, la topografía, la naturaleza, la materia madre que produce la tierra; además, el marco administrativo, el tipo y duración del doble trato de las suciedades y una parte de sus atributos sintéticos, físicos y microbiológicos. Para un creador similar, la materia natural se basa en la gran constitución de las suciedades, una suciedad de consistencia demasiado libre

(suelos arenosos) siendo posible su mejoría al aplicar materia natural (estiércol), además se mejora un suelo de tierra aplicando materia natural.

Autores como Fernández (2006), considera que el nitrógeno llegaría a la sociedad gracias a los compromisos de la materia natural y la obsesión bacteriana del aire. Una vez ya en la tierra es utilizada por los vegetales, criaturas y organismos pequeños que la utilizan para ser parte de los tejidos que lo conforman. Sánchez (1981) hace referencia que es muy escaso el nitrógeno en los suelos, por sus propios elementos y su ciclo biogeoquímico. Este elemento puede llegar a la sociedad gracias al aporte de la materia natural (estiércoles empleados como abonos naturales y depósitos de producción) y a los ciclos de obsesión de la bacteria en el aire.

Navarro (2003) advierte que la sustancia de este suplemento está relacionada con la descomposición del lecho rocoso durante el sistema perdurable, sin embargo, esta variedad es impactada por la fuerza de las desgracias: extracción de cosechas, filtrado y desintegración. Sánchez (1981) especifica que, el potasio se vincula a la composición de la materia natural y la superficie de la corteza terrestre, por lo general se encontraría 180 mg por kg de suelo. En base a los reportes, dicho elemento se obsesiona en los sistemas edáficos.

Guerrero (2000) precisa que la variedad de este componente se ve impactada por la fuerza de las desgracias: extracción de rendimientos, filtración y desintegración.

Tabla 14. Indicadores edáficos químicos en los diferentes sistemas de uso.

Cultivos	pH	M.O. (%)	N (%)	P (ppm)	K (kg/ha)
Arveja variedad Remate	7,74	1,47	0,07	14,40	132,44
Papa variedad Canchán	4,72	2,02	0,09	5,45	84,46
Avena como forraje	4,79	2,44	0,11	7,16	104,05

4.2. Identificación y cuantificación de macrofauna del suelo

4.2.1. Identificación de macrofauna

Se determinó un total de siete órdenes de la macrofauna edáfica, registrando cuatro en el marco con desarrollo de arveja superior, siete en el marco con desarrollo de papa variedad Canchán y seis en el marco con desarrollo de avena como forraje; el orden de los dípteros fueron los más contundentes seguidos por los coleópteros y haplotaxidos; los dípteros fueron

más representativos para cada uno de los estratos examinados según plenitud, pero con una presencia más destacada a 10 cm de profundidad en los tres marcos de ordenamiento territorial, con 5 personas/m², 6 personas/m² y 4 personas/m²; lo contrario se observó con el ejemplo considerado a 30 cm de profundidad en la cual no se revelaron personas para todas las categorías (Tabla 15). La dimensión normal de la macrofauna va desde 2 mm hasta los 20 mm, incluidos los anélidos (gusanos), los coleópteros (bichos raros), las himenóptero-formícido (insectos subterráneos) los isópteros (termitas) y las fases adultas y juveniles de otros artrópodos edáficos (Lavelle et al., 1992).

Tabla 15. Agrupación taxonómica en profundidades de los diferentes sistemas de uso.

Clases u órdenes	Nombres comunes	Arveja variedad Remate			Papa variedad Canchán			Avena como forraje		
		10 cm	20 cm	30 cm	10 cm	20 cm	30 cm	10 cm	20 cm	30 cm
Díptera	Moscas y mosquitos	5	0	0	4	2	0	3	1	0
Insecta - Coleóptera	Escarabajos	2	2	0	1	0	0	1	1	0
Arachnida - Araneae	Arañas	2	0	0	0	1	0	2	0	0
Haplotaxida	Lombrices de tierra	0	1	0	1	1	0	1	0	0
Diplopoda	Milpiés	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Insecta - Himenóptera	Hormigas	0	0	0	2	0	0	1	0	0
Miriápodos - Litobiomorfos	Ciempies	0	0	0	0	1	0	1	0	0

Autores como Huamán (2016) al estudiar a la macrofauna en suelos de cultivares como el cacao con plátano, cacao con cítrico y monocultivo del cacao, encontró prevalencia más notable de himenópteros seguidos de los haplotaxidos e isópteros en los suelos de los tres cultivares, casos muy similares lo reporta Ríos (2019) en el sector de Palo de Acero

(Huamalíes) para los suelos donde se sembraron pastos, banano, maíz y cacao; reportó a 15 órdenes, con predominancia de Hymenoptera superando a los haplotaxidos, los isópteros y por último los isópodos.

Creadores, por ejemplo, Alvear et al. (2007), observe que la solitud de himenópteros tiene una amplia circulación y ocurre en los sistemas biológicos más escandalosos; mientras que los ejercicios centrados en el ser humano fueron uno de los primordiales responsables la dispersores de los reptadores nocturnos (Lavelle y España, 2001).

Brown y col. (2001) sí contemplan en varios ambientes de México sobre la macrofauna edáfica, enfocándose en los ejemplos encontrados en el grado de enormes concentraciones (órdenes y familias), donde muestrearon 127 redes de macrofauna en 37 regiones y nueve sistemas biológicos, rastreando abajo que la macrofauna incorpora más de 14.500 especies de 18 reuniones. Como resultado muestra, prestando poca atención al tipo de sistema biológico, una fuerza de gusanos en la biomasa e insectos subterráneos en abundancia, termitas involucrando el tercer punto en plenitud, y que la influencia inquietante influye enfáticamente en prácticamente todas las reuniones. Una reunión significativa de la macrofauna edáfica fueron las crías de coleópteros.

4.3. Determinación de la densidad y biomasa de la macrofauna presente en el suelo en tres sistemas de uso

El sistema edáfico en donde se había realizado la instalación y cosecha de la papa variedad Canchán registró mejor valor promedio respecto a la densidad de la macrofauna edáfica en donde obtuvieron 15 macroinvertebrados por cada metro cuadrado, este sistema fue seguido por los suelos en donde se sembró y cosechó a la arveja variedad Remate presentó 12 individuos por metro cuadrado y para el suelo donde se cosechó avena como forraje se reportó menos promedio con un valor de solamente 11 individuos en similar área. Para el caso de la biomasa, se reporta similar secuencia de valores, siendo el más alto de 5,3 g, luego 4,7 g y finalmente 3,1 g por cada metro cuadrado en los sistemas de usos respectivos (Tabla 16).

Reportes de Huamán (2016) sobre la macrofauna edáfica que se encontró al muestrear plantaciones de cacao asociado al plátano, cacao en asocio con cítricos y cacao solo; registraron valores de densidad muy superiores al presente estudio con medias que fluctuaron de 72 a 84 individuos por la misma área de muestreo, de manera similar la superioridad de la biomasa resulto fluctuar desde 7,9 a 10,78 gramos, a esto se suma reportes superiores en los sistemas estudiados por Barra (2016) en la microcuenca picuroyacu del distrito Castillo

Grande con valores referidos a la densidad de 153 para un bosque secundario, 123 en un cafetal, 120 para un cacaotal y 88 macroinvertebrados en un suelo ex cocal, estas diferencias respecto a la densidad y biomasa fueron favorecidos en cierta medida por el tipo de cultivo utilizado y las condiciones ambientales, específicamente la temperatura y humedad del suelo que en caso de la región selva es más elevado y favorece en que los suelos sean mucho más dinámicos.

Tabla 16. Densidades y biomásas de macrofauna edáfica en los diferentes sistemas de uso.

Cultivos	Densidades	Biomásas
Arveja variedad Remate	12,0 ind.m ⁻²	4,7 g.m ⁻²
Papa variedad Canchán	15,0 ind.m ⁻²	5,3 g.m ⁻²
Avena como forraje	11,0 ind.m ⁻²	3,1 g.m ⁻²

La Figura 6, registra el valor medio de la densidad correspondiente a la macrofauna edáfica distribuidos en los diferentes sistemas de uso del suelo donde el sistema constituido por papa variedad Canchán registró la mayor densidad con un valor promedio de 15 individuos que se encontraron en un metro cuadrado de terreno, seguido del sistema constituido por la arveja variedad Remate que reportó un valor promedio de 12 individuos de macroinvertebrados edáficos que se les encontró en un metro cuadrado hasta una profundidad de 30 cm sobre el suelo y la densidad más baja se vio en el sistema de avena como forraje.

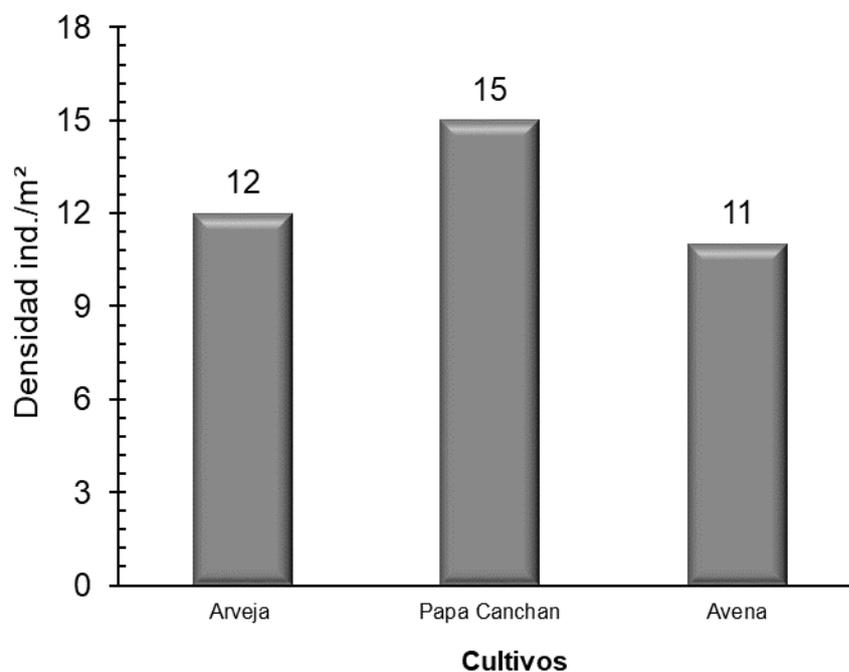


Figura 6. Densidad de la macrofauna edáfica en los diferentes sistemas de uso.

El sistema constituido por papa variedad Canchán registró un valor superior respecto a la biomasa con un promedio de 5,3 g por metro cuadrado de muestreo, posterior a ello se encuentra al sistema arveja variedad Remate donde la media fue 4,7 g.m⁻² y el menor valor promedio de la biomasa de macroinvertebrados se registró para el sistema que contenía a la avena como forraje en donde se determinó 3,1 g de macroinvertebrados por cada metro cuadrado de suelo (Figura 7).

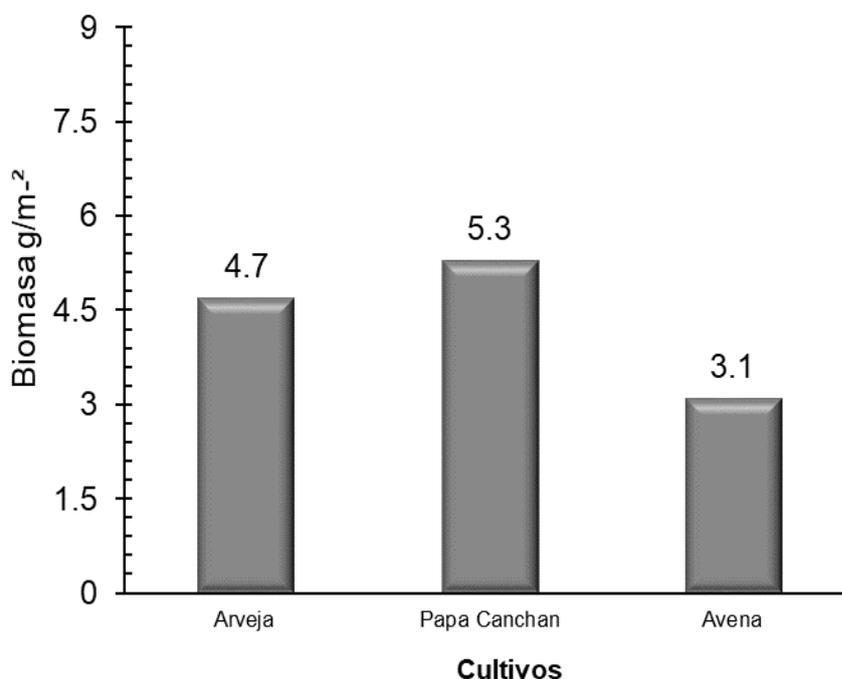


Figura 7. Biomasa de la macrofauna edáfica en los diferentes sistemas de uso.

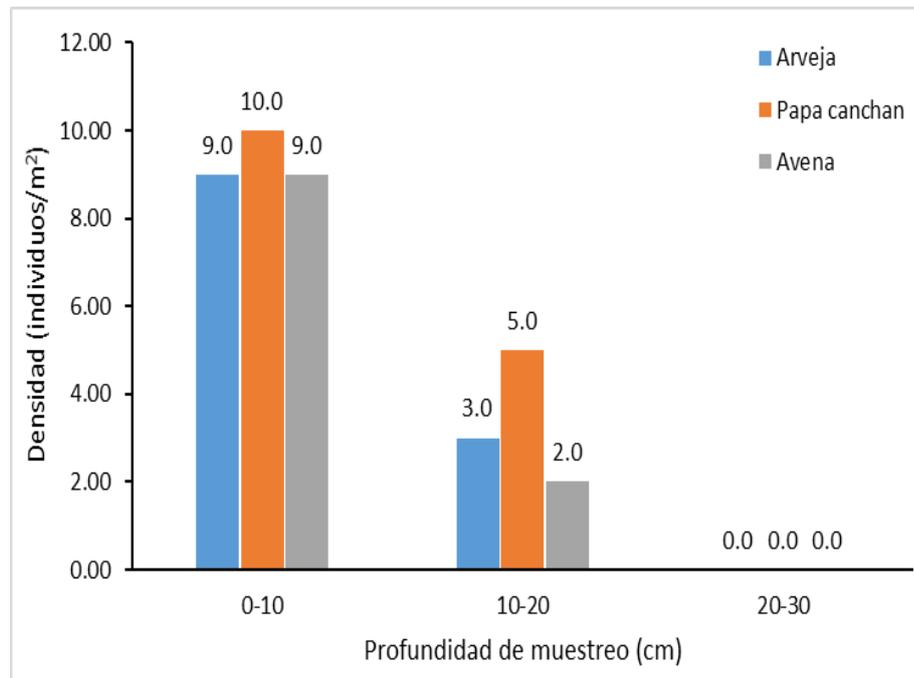
4.3.1. Determinación de la densidad y biomasa de macrofauna a diferentes profundidades del suelo en tres sistemas de uso

A nivel de profundidad del suelo, hubo cierta relación inversa entre la profundidad y densidad de los macroinvertebrados, siendo resaltante los valores de 90 individuos/m² para el bosque secundario en solamente una profundidad desde el nivel del suelo hasta los 10 cm. Barra (2016) llevó a cabo un estudio donde determinó a los indicadores de la calidad biológica existentes en los suelos de cuatro sistemas de uso que se localizaba dentro de la microcuenca Picuroyacu que pertenece al distrito de Castillo Grande, reporta resultados que en las muestras edáficas pertenecientes a un bosque secundario se encontró a 153 individuos por metros cuadrado, en los suelos de cafetales se estimó 123 macroinvertebrados para similar unidad de área, en la parcela con cacao se determinó 120 individuos por metro cuadrado, disminuyendo el valor muy marcadamente en el caso de muestrear a un suelo ex cocal que solamente se encontró a 88 individuos de densidad (Tabla 17).

Tabla 17. Densidad de macrofauna edáfica por profundidad en los diferentes sistemas de uso.

Profundidades	Cultivos		
	Arveja variedad Remate (individuos/m ²)	Papa variedad Canchán (individuos/m ²)	Avena como forraje (individuos/m ²)
0 cm -10 cm	9	10	9
10 cm - 20 cm	3	5	2
20 cm - 30 cm	0	0	0

En la Figura 8 se reporta la densidad de los macroinvertebrados edáficos en los diferentes sistemas de suelo a profundidades comprendidas entre los 0 - 10 cm con una media de 10 ind.m⁻², entre 10 - 20 cm con un valor promedio de 5 ind.m⁻², superando al resto de sistemas, como el que contenía arveja variedad Remate y avena como forraje, en profundidades entre 0 a 10 cm solamente registraron nueve individuos por un metro cuadrado.

**Figura 8.** Distribución por profundidades de las densidades de la macrofauna edáfica.

La distribución de la biomasa para la macrofauna edáfica, se determinó la presencia de una relación inversa entre el incremento de la profundidad de muestreo y el peso seco total de dichos microorganismos; además, en caso del primer intervalo de profundidad comprendida desde la superficie hasta los 10 cm sobresalió la variable indicada en el suelo donde se cultivó

la arveja variedad Remate reportando una masa promedio de 3,5 g por cada metro cuadrado de evaluación, otro de los sistemas que prosiguió en la biomasa fueron los suelos donde se sembró la papa variedad Canchán reportando en promedio 3,3 g por el área indicada y finalmente se tuvo a los suelos donde se sembró avena como forraje con solamente un promedio de 2,3 g por cada metro cuadrado; para el caso del siguiente intervalo de profundidad desde los 10 a 20 cm, hubo mayor promedio de la variable indicada en los monolitos perteneciente a la parcela con papa variedad Canchán en donde el valor fue 2,0 g por metro cuadrado, luego se ubicó con 1,2 g los suelos con el cultivo de la arveja variedad Remate y finalmente con solo 0,8 g por cada metro cuadrado estuvo la parcela de avena como forraje; además, al muestrear entre el tercer intervalo de profundidad (20 - 30 cm) hubo ausencia de biomasa en los sistemas de uso evaluados (Tabla 18).; al respecto, Ríos (2019) al evaluar el espesor y la variedad natural en los marcos de uso edáfico en Palo de Acero, localidad de Huamalíes, realizó la representación física y sintética, la prueba reconocible y la evaluación de la macrofauna, el espesor y la variedad orgánica y la conexión entre la macrofauna edáfica con sus características físicas y compuestas del suelo a varias profundidades en los marcos de uso de la tierra (pastizal, platanal, cacaoal y maizal). El resultado obtenido con respecto a la representación física y sintética de los marcos de uso de la tierra fueron perceptivos a las modificaciones en la administración rural y, posteriormente, en las características estudiadas. Los marcadores naturales reportados fue de 15 órdenes, con predominancia de los himenópteros, luego haplotaxidos, isópteros y por último los isópodos, siendo sobresaliente los suelos de pastizales y platanales respecto a la biomasa de la macrofauna, el espesor evidente y la materia natural se identifican de manera directa con la macrofauna del suelo, resultando punteros de acción orgánica significativos por su protección y calidad del suelo.

Tabla 18. Distribución de la biomasa de macrofauna edáfica en las profundidades de los sistemas de uso.

Profundidades	Cultivos		
	Arveja variedad Remate (g/m ²)	Papa variedad Canchán (g/m ²)	Avena como forraje (g/m ²)
0 cm - 10 cm	3,5	3,3	2,3
10 cm - 20 cm	1,2	2,0	0,8
20 cm - 30 cm	0,0	0,0	0,0

Respecto a la Figura 9, se grafica la biomasa de los macroinvertebrados en los tres sistemas de uso de suelo y su distribución en las diferentes profundidades que se obtuvieron las muestras de suelo, lo que muestra que existe una disminución del valor de la biomasa mientras más se profundiza el muestreo edáfico, dicho de otra manera, se observa una relación inversamente proporcional entre ambas variables.

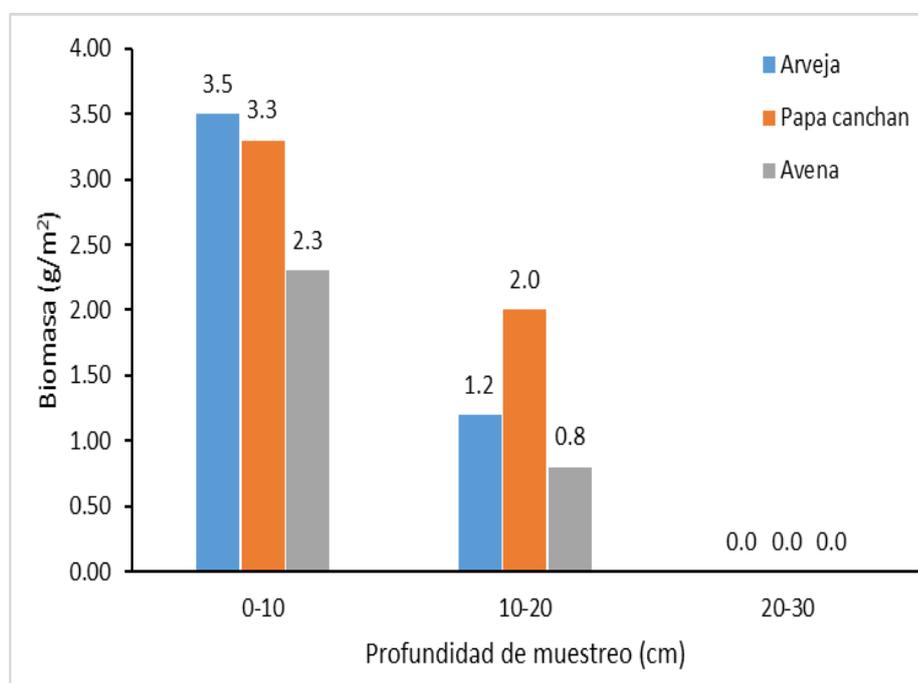


Figura 9. Biomasa de la macrofauna edáfica distribuidas en profundidades en los diversos sistemas de uso.

4.4. Nivel de fertilidad en tres sistemas de uso

Las cualidades de los marcadores correspondiente a cada marco de utilización se identificaron respecto a un suelo óptimo con fines de que se decida el archivo de calidad del sistema edáfico en cada sistema de uso en estudio (Cuadro 19). Un significado ejemplar de la fecundidad edáfica en lo referido por Casanova (2005), en donde reporta que, la riqueza resulta ser el potencial que necesita una tierra con fines de aportar los componentes nutricionales en las estructuras, cantidades y extensiones necesarias que alcancen un gran desarrollo y ejecución de la planta. Así como una cualidad que se origina de la conexión de sus características físicas, compuestos y naturales y que forma parte de la capacidad de suplir las condiciones vitales para desarrollar y crecer las plantas. Labrador (2001) precisa que, maduración actual, valora el suelo como suficiente material auxiliar del sistema radicular, generando referencia adicional a los elementos de los líquidos, agua y gases en su interior, a

partir de aquí a vista, la sujeción da un medio razonable para que germine la semilla y mejora ideal del ensamblaje mecánico de la raíz.

Tabla 19. Indicadores para la obtención del índice de calidad edáfica.

Indicadores	Suelo ideal	Arveja variedad	Papa variedad	Avena como
		Remate	Canchán	forraje
Densidad aparente (g/cm ³)	1,5	1,39	1,35	1,32
	100%	92,67%	90,00%	88,00%
Resistencia a la penetración (Kg/cm ²)	1,5	1,7	1,6	1,4
	100%	113,33%	106,67%	93,33%
M.O. (%)	3,6	1,47	2,02	2,44
	100%	40,83%	56,11%	67,78%
Nivel del pH	6,8	7,74	4,72	4,79
	100%	113,82%	69,41%	70,44%
N (%)	0,2	0,07	0,09	0,11
	100%	35%	45%	55%
P (ppm)	11	14,40	5,45	7,16
	100%	130,91%	49,55%	65,10%
K (Kg-K ₂ O/ha)	350	132,44	84,46	104,05
	100%	37,84%	24,13%	29,73%

Se observa que las muestras de suelos que son más cercanas al suelo ideal presentaba la parcela que se cultivó arveja variedad Remate, aunque hubo la necesidad de complementar algunos indicadores con fines de que sea similar al suelo ideal; para el caso de las muestras de los suelos en donde se cultivó la papa variedad Canchán solamente presentó similitud respecto a dos indicadores, razón por el cual no es factible denominarlo como suelo ideal (Tabla 19 y Figura 10). Para Ansorena (2005), la necesidad del componente fundamental, por ejemplo, la resistencia a los componentes dañinos, difieren según el tipo de la especie vegetal, en tal sentido el grado de riqueza no es factible comunicar solo de acuerdo a la sujeción, sino que también tiene que vincularse a las cosechas. Es decir, suelos claramente infructuosos para un

rendimiento específico pueden ser excepcionalmente útiles cuando se desarrollan con diferentes tipos de plantas.

Al comparar los diferentes sistemas de uso en estudio respecto a las características de un suelo ideal (Figura 10), se muestra que las muestras edáficas perteneciente a la parcela con arveja variedad Remate posee la necesidad de que compense algunos valores de los indicadores con la finalidad de que logre similares valores al suelo ideal, mientras que mayores aportes se le tiene que realizar a los suelos donde se sembró papa variedad Canchán por registrar solamente dos indicadores similares al suelo ideal; al respecto, Solís (2011) indica que, la riqueza del suelo es una particularidad originada por asociarse diferentes propiedades reales (aptitud con fines de dar condiciones subyacentes que satisfacen en mejorar y que se desarrolle sus cosechas), sintéticos (aptitud de que suministre suplementos convenientes, en sumas suficientes y ajustadas) y naturales (relacionados con el ciclos orgánicos de la sociedad, identificada con sus formas de vida) del equivalente y que forma parte de la capacidad de que se supla las condiciones de desarrollar y mejorar las plantas.

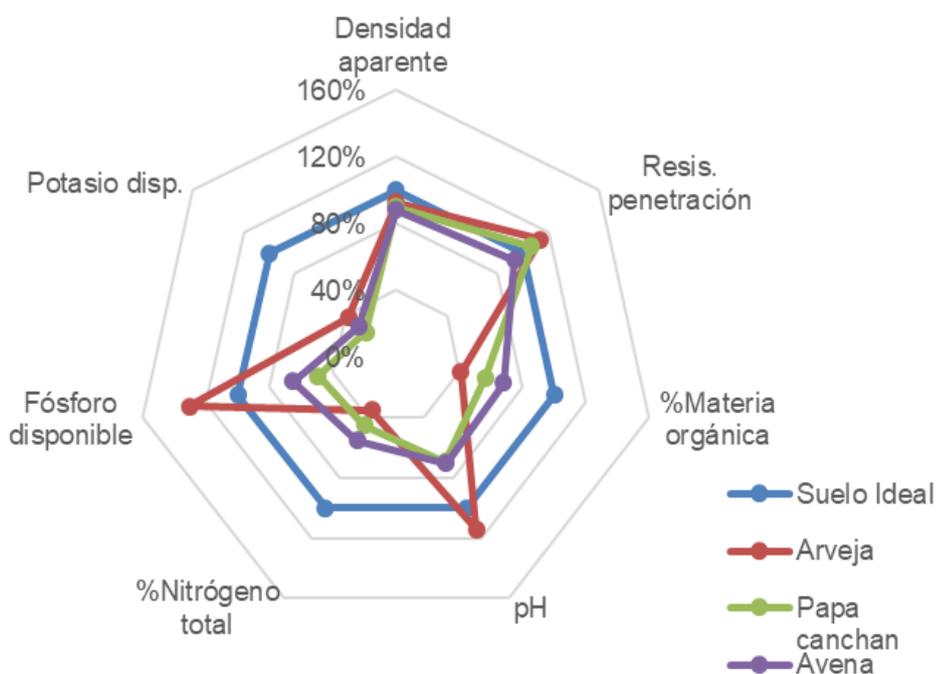


Figura 10. Sistema referencial considerado para que sea un suelo ideal.

4.5. Correlación de las características físicas y químicas del suelo con la densidad y biomasa de la macrofauna en tres sistemas de uso

En las muestras de los suelos y la información correspondiente a la macrofauna del suelo se obtuvo una ausencia de correlación significativa (Tabla 20 y Figuras desde el 11 al

34); la independencia de las variables en estudio puede deberse al pequeño tamaño de repetición, esta aseveración es concordante a lo publicado por Sevilla *et al.* (2002) quienes señalaron que un suelo ideal posee altas tasas de densidad y biomasa en la macrofauna existente, que poseen funciones diversas (Zerbino y Morón, 2003) como por originan rupturas, transporte y mezcla del suelo cuando construyen sus galerías, nidifican, buscan alimentos, entre otras funciones principales de estos pequeños organismos. Adicional a lo expuesto, Porta *et al.* (1999) manifiestan que, muchos organismos vivos traslocan nutrientes y contribuyen en el aporte de los componentes de su cuerpo que enriquecen a su medio, además de favorecer la existencia de los degradadores y otros microorganismos. La cantidad de macrofauna por metro cuadrado y el peso seco de dichos organismos vivos tienden a variaciones significativas cuya dependencia es el uso que se le está asignando al medio edáfico que no se logró realizar la corroboración respectiva en la presente tesis, y también en la profundidad o rangos desde el nivel de suelo donde se encontró que hubo predominancia del número de individuos que conformaron mayor dimensión de las poblaciones y de manera muy similar también se registró que la biomasa o peso seco de los macroinvertebrados que se encontraban en el estrato superficial comprendida por los componentes de la hojarasca e inclusive una porción de suelo hasta los 10 cm de profundidad tuvieron valores más elevados.

Tabla 20. Correlación lineal de las propiedades físico-químicas respecto la densidad y biomasa de la macrofauna en los suelos.

Propiedades físico-químicas	r _{Densidad}	Significancia	r _{Biomasa}	Significancia
Arena	-0,052	0,967 ^{ns}	-0,556	0,624 ^{ns}
Limo	-0,402	0,737 ^{ns}	0,124	0,921 ^{ns}
Arcilla	0,636	0,561 ^{ns}	0,151	0,903 ^{ns}
pH	-0,297	0,808 ^{ns}	0,234	0,850 ^{ns}
Materia orgánica	-0,165	0,895 ^{ns}	-0,647	0,552 ^{ns}
Nitrógeno	-0,240	0,846 ^{ns}	-0,703	0,503 ^{ns}
Fósforo	-0,446	0,706 ^{ns}	0,076	0,952 ^{ns}
Potasio	-0,644	0,555 ^{ns}	-0,161	0,897 ^{ns}
Calcio	-0,198	0,873 ^{ns}	-0,672	0,531 ^{ns}
Magnesio	-0,692	0,513 ^{ns}	-0,964	0,171 ^{ns}
Densidad aparente	0,160	0,898 ^{ns}	0,643	0,556 ^{ns}
Resistencia a la penetración	0,419	0,725 ^{ns}	0,825	0,382 ^{ns}

r: coeficiente de correlación; ns: ausencia de correlación.

La expresión matemática que se generó de la variable arena (X) y la densidad de la macrofauna (Y) fue de la forma lineal con un coeficiente de determinación que solamente alcanzó el valor de 0,0027 (Figura 11).

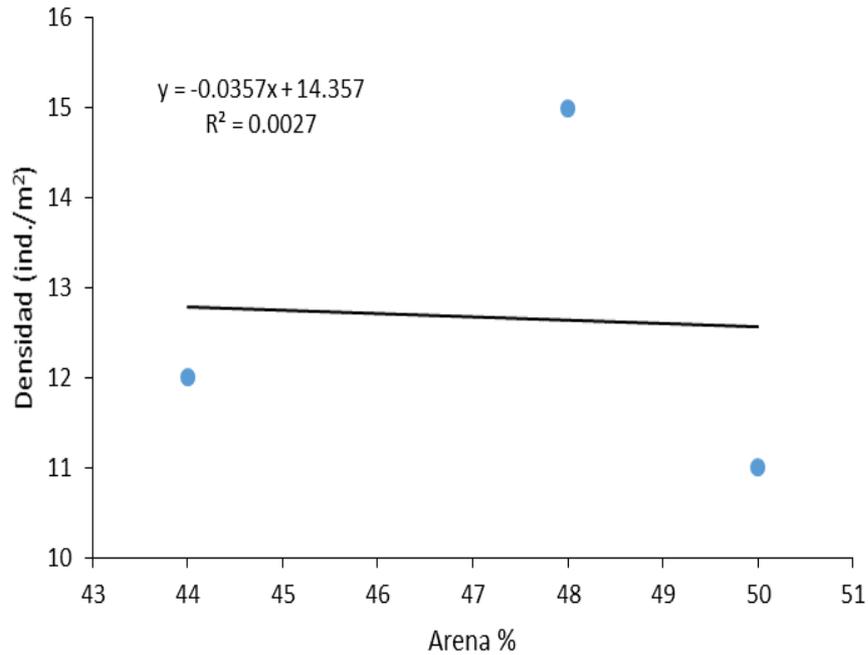


Figura 11. Correlación entre densidad de macrofauna y el contenido de arena en el suelo.

La expresión matemática que se generó de la variable arena (X) y la biomasa de la macrofauna (Y) fue de la forma lineal con un coeficiente de determinación que solamente alcanzó el valor de 0,3096 (Figura 12).

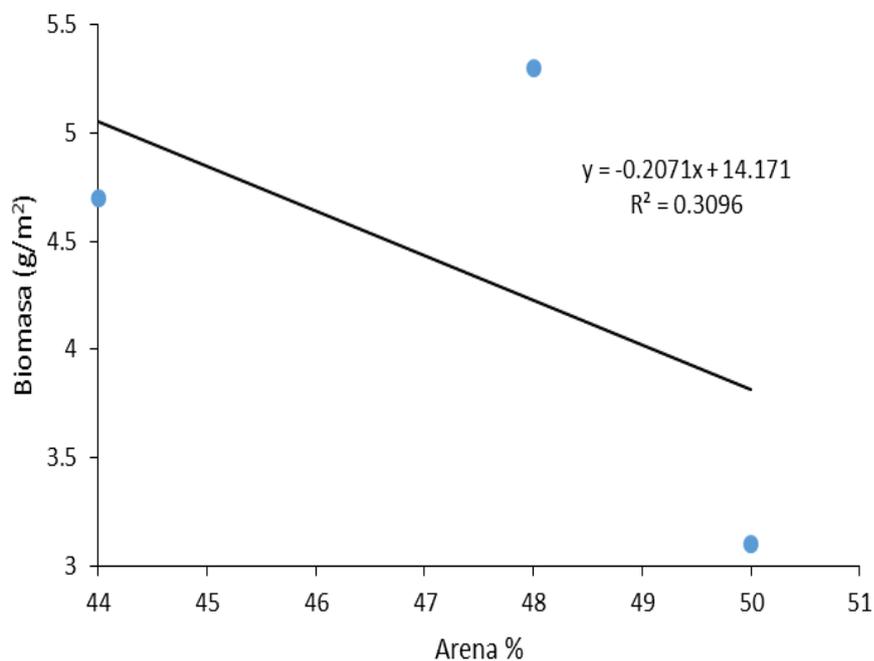


Figura 12. Correlación entre biomasa de macrofauna y el contenido de arena en el suelo.

La expresión matemática que se generó de la variable limo (X) y la densidad de la macrofauna (Y) fue de la forma lineal con un coeficiente de determinación que solamente alcanzó el valor de 0,1614 (Figura 13).

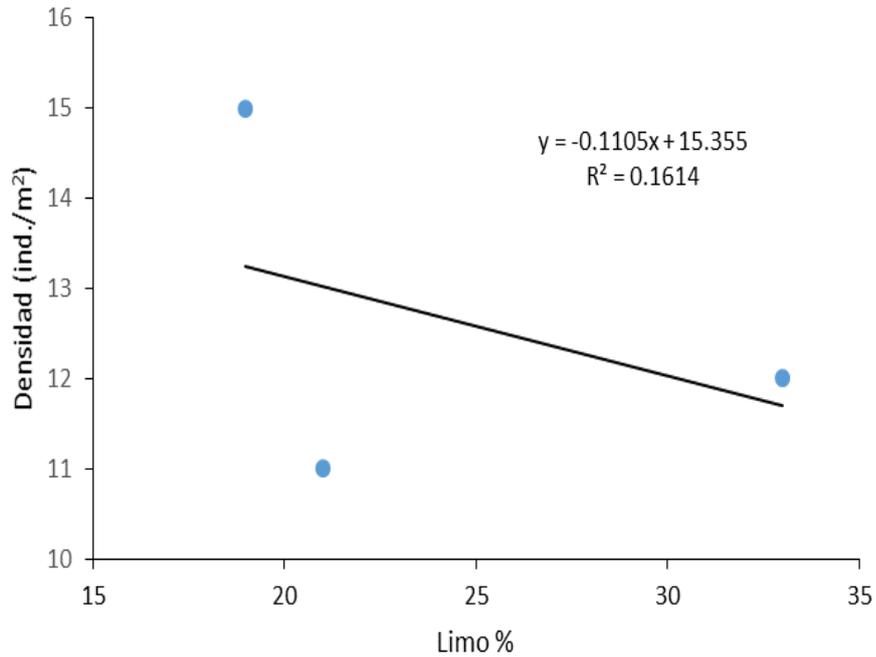


Figura 13. Correlación entre densidad de macrofauna y el contenido de limo en el suelo.

La expresión matemática que se generó de la variable limo (X) y la biomasa de la macrofauna (Y) fue de la forma lineal con un coeficiente de determinación que solamente alcanzó el valor de 0,0153 (Figura 14).

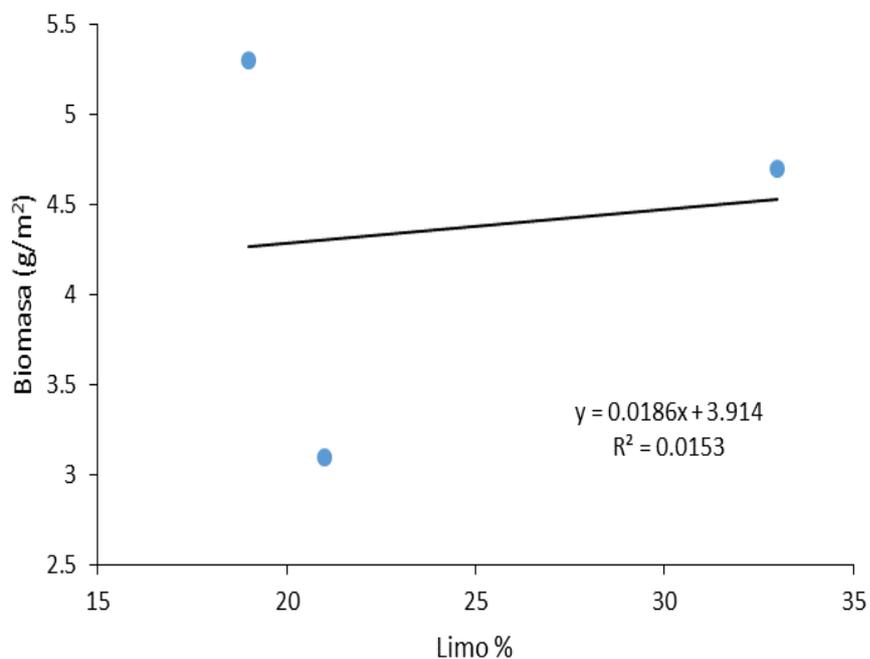


Figura 14. Correlación entre biomasa de macrofauna y el contenido de limo en el suelo.

La expresión matemática que se generó de la variable arcilla (X) y la densidad de la macrofauna (Y) fue de la forma lineal con un coeficiente de determinación que solamente alcanzó el valor de 0,4049 (Figura 15).

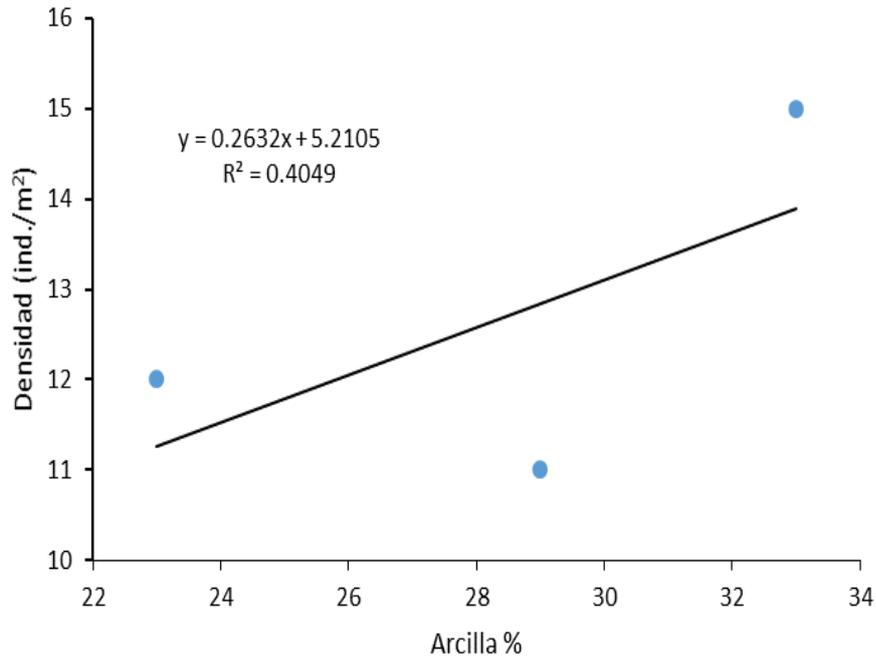


Figura 15. Correlación entre densidad de macrofauna y el contenido de arcilla en el suelo.

La expresión matemática que se generó de la variable arcilla (X) y la biomasa de la macrofauna (Y) fue de la forma lineal con un coeficiente de determinación que solamente alcanzó el valor de 0,0229 (Figura 16).

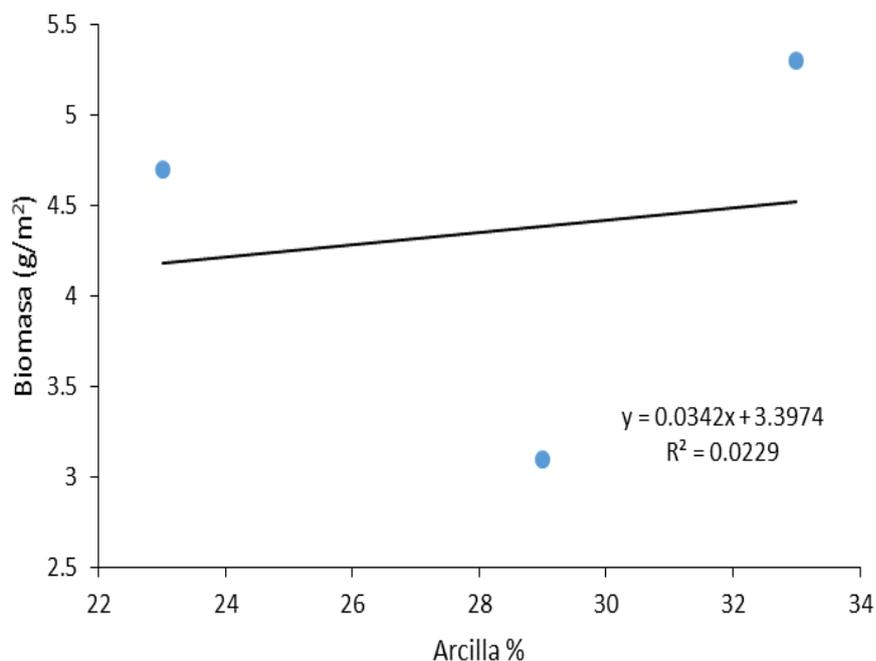


Figura 16. Correlación entre biomasa de macrofauna y el contenido de arcilla en el suelo.

La expresión matemática que se generó de la variable pH (X) y la densidad de la macrofauna (Y) fue de la forma lineal con un coeficiente de determinación que solamente alcanzó el valor de 0,0881 (Figura 17).

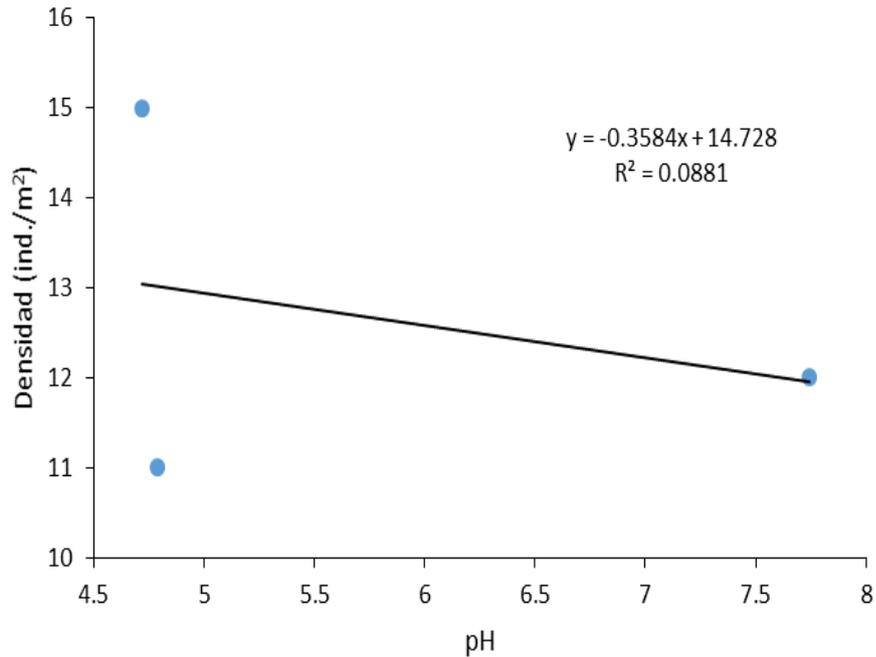


Figura 17. Correlación entre densidad de macrofauna y el nivel del pH en el suelo.

La expresión matemática que se generó de la variable pH (X) y la biomasa de la macrofauna (Y) fue de la forma lineal con un coeficiente de determinación que solamente alcanzó el valor de 0,0548 (Figura 18).

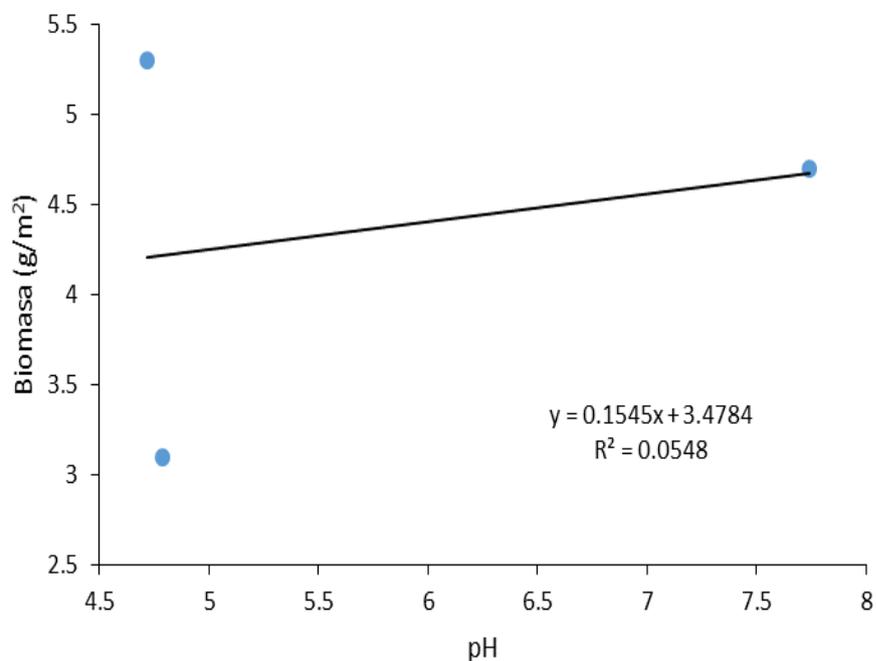


Figura 18. Correlación entre biomasa de macrofauna y el nivel del pH en el suelo.

La expresión matemática que se generó de la variable materia orgánica (X) y la densidad de la macrofauna (Y) fue de la forma lineal con un coeficiente de determinación que solamente alcanzó el valor de 0,0271 (Figura 19).

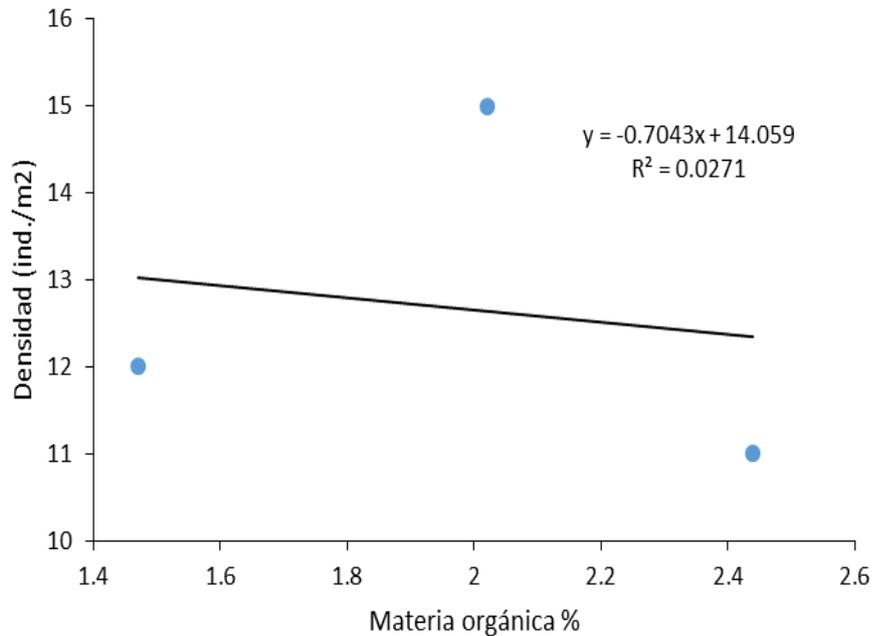


Figura 19. Correlación entre densidad de macrofauna y el nivel de materia orgánica en el suelo.

La expresión matemática que se generó de la variable materia orgánica (X) y la biomasa de la macrofauna (Y) fue de la forma lineal con coeficiente de determinación de 0,4180 (Figura 20).

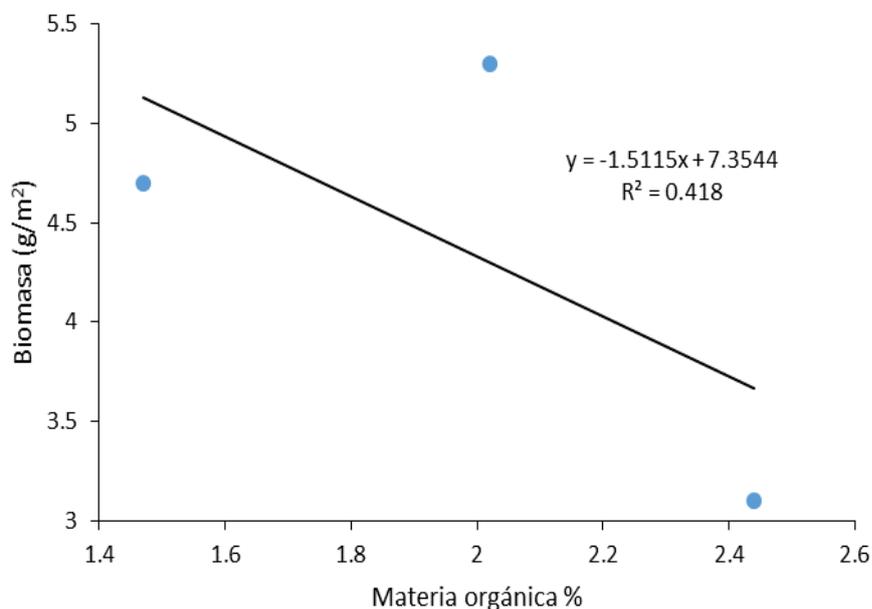


Figura 20. Correlación entre biomasa de macrofauna y el nivel de materia orgánica en el suelo.

La expresión matemática que se generó de la variable nitrógeno (X) y la densidad de la macrofauna (Y) fue de la forma lineal con un coeficiente de determinación que solamente alcanzó el valor de 0,0577 (Figura 21).

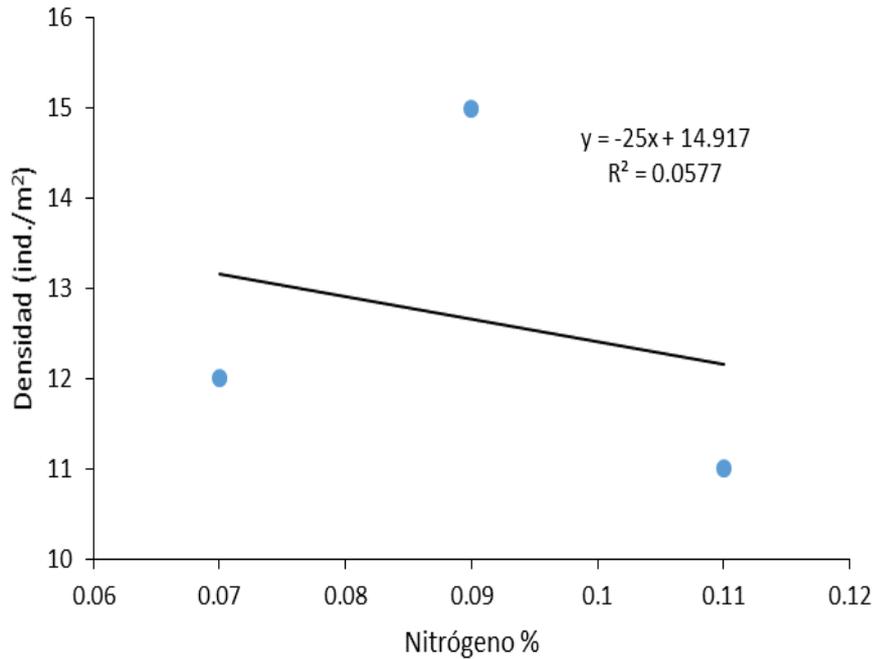


Figura 21. Correlación entre densidad de macrofauna y el nivel de nitrógeno en el suelo.

La expresión matemática que se generó de la variable nitrógeno (X) y la biomasa de la macrofauna (Y) fue de la forma lineal con un coeficiente de determinación que solamente alcanzó el valor de 0,4948 (Figura 22).

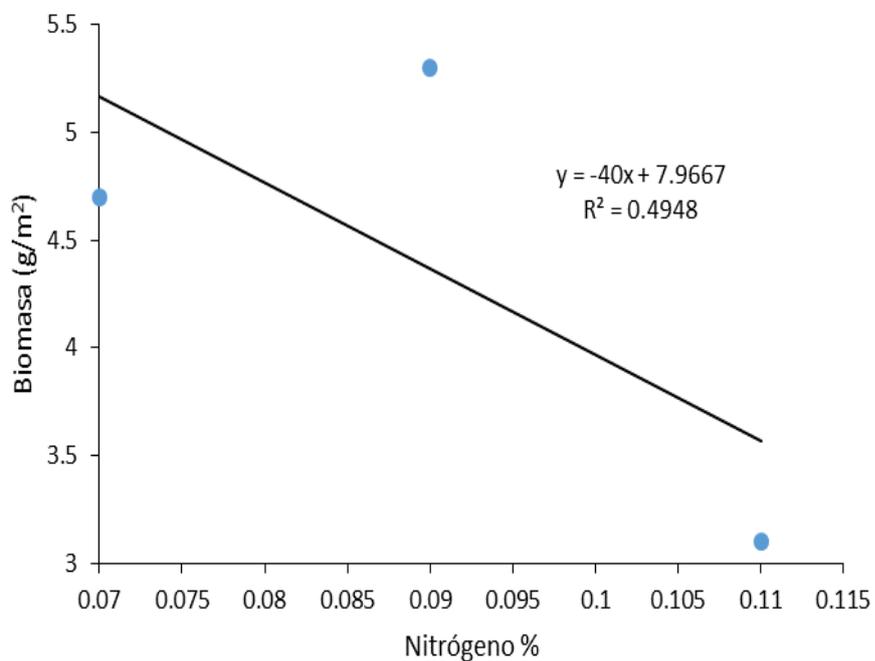


Figura 22. Correlación entre biomasa de macrofauna y el nivel de nitrógeno en el suelo.

La expresión matemática que se generó de la variable fósforo (X) y la densidad de la macrofauna (Y) fue de la forma lineal con un coeficiente de determinación que solamente alcanzó el valor de 0,1987 (Figura 23).

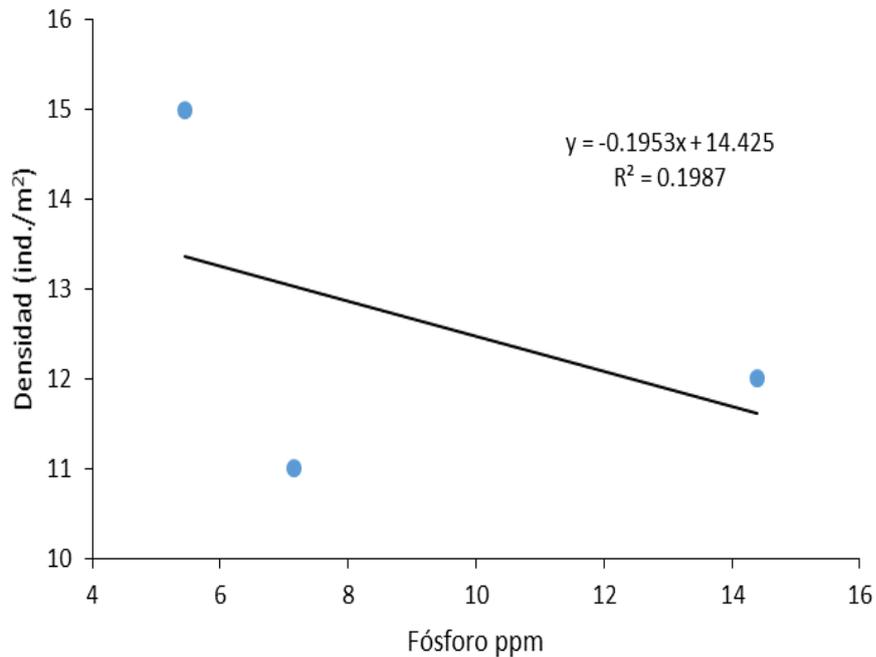


Figura 23. Correlación entre densidad de macrofauna y el nivel de fósforo en el suelo.

La expresión matemática que se generó de la variable fósforo (X) y la biomasa de la macrofauna (Y) fue de la forma lineal con un coeficiente de determinación que solamente alcanzó el valor de 0,0057 (Figura 24).

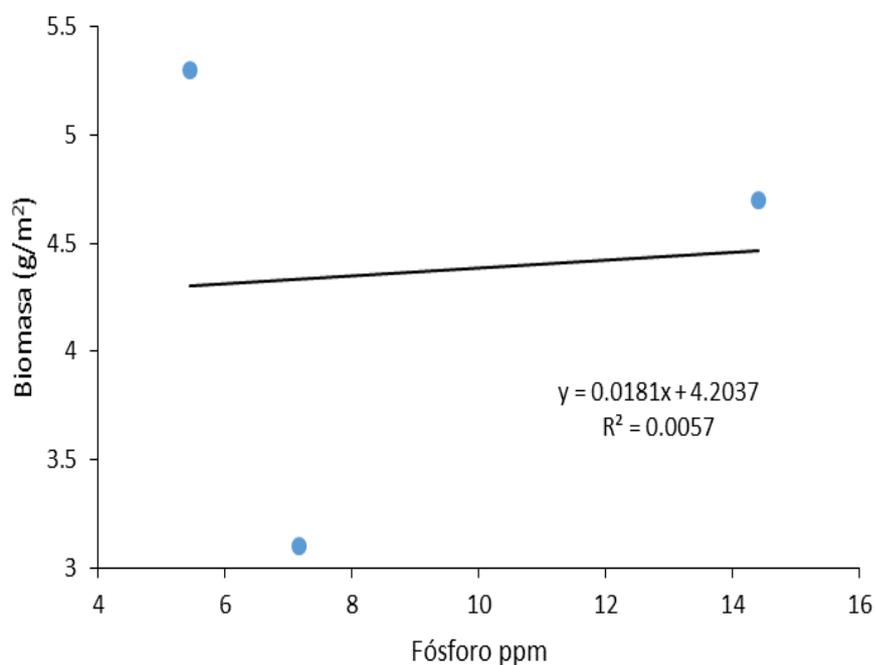


Figura 24. Correlación entre biomasa de macrofauna y el nivel de fósforo en el suelo.

La expresión matemática que se generó de la variable potasio (X) y la densidad de la macrofauna (Y) fue de la forma lineal con un coeficiente de determinación que solamente alcanzó el valor de 0,0027 (Figura 25).

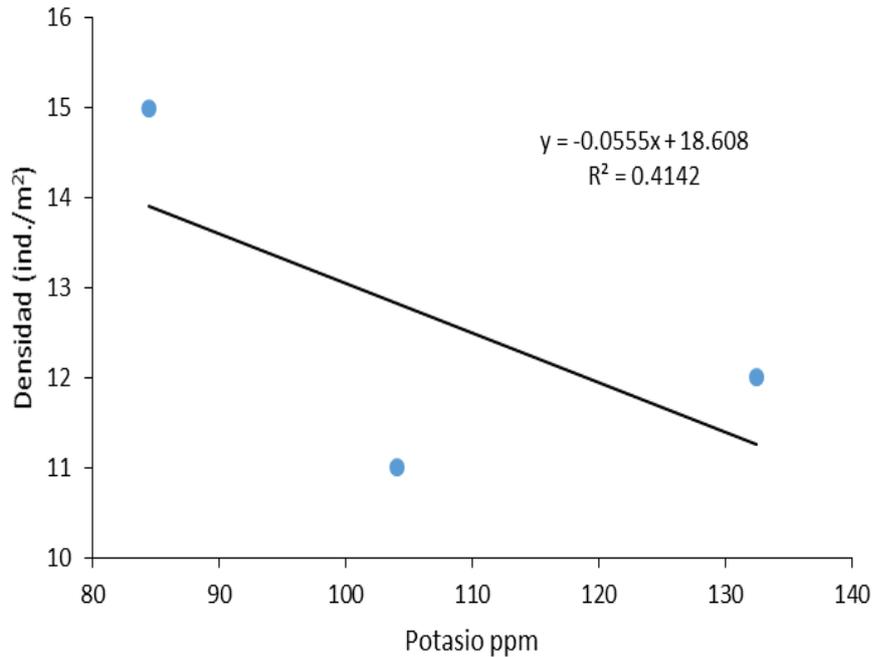


Figura 25. Correlación entre densidad de macrofauna y el nivel de potasio en el suelo.

La expresión matemática que se generó de la variable potasio (X) y la biomasa de la macrofauna (Y) fue de la forma lineal con un coeficiente de determinación que solamente alcanzó el valor de 0,0258 (Figura 26).

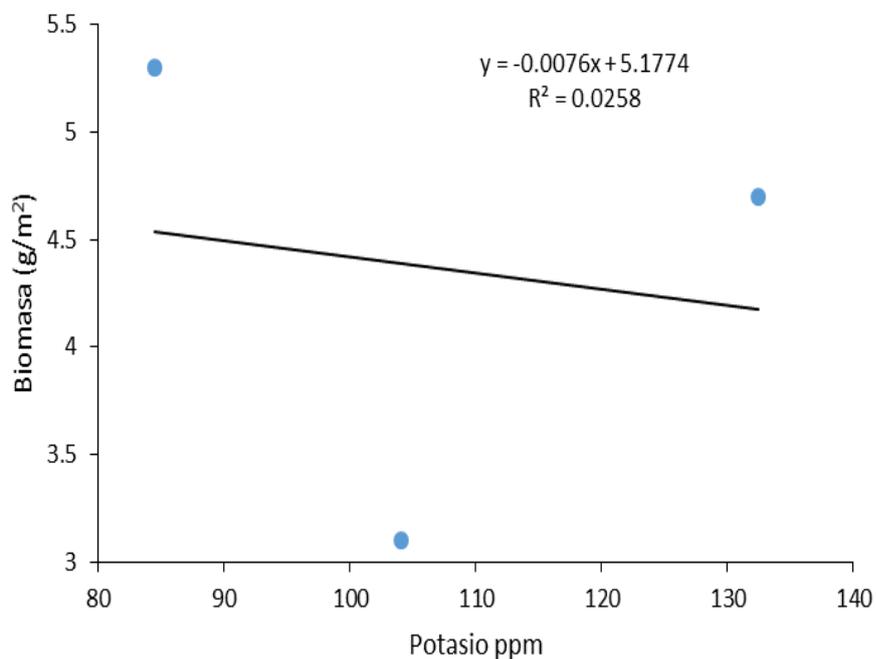


Figura 26. Correlación entre biomasa de macrofauna y el nivel de potasio en el suelo.

La expresión matemática que se generó de la variable calcio (X) y la densidad de la macrofauna (Y) fue de la forma lineal con un coeficiente de determinación que solamente alcanzó el valor de 0,0391 (Figura 27).

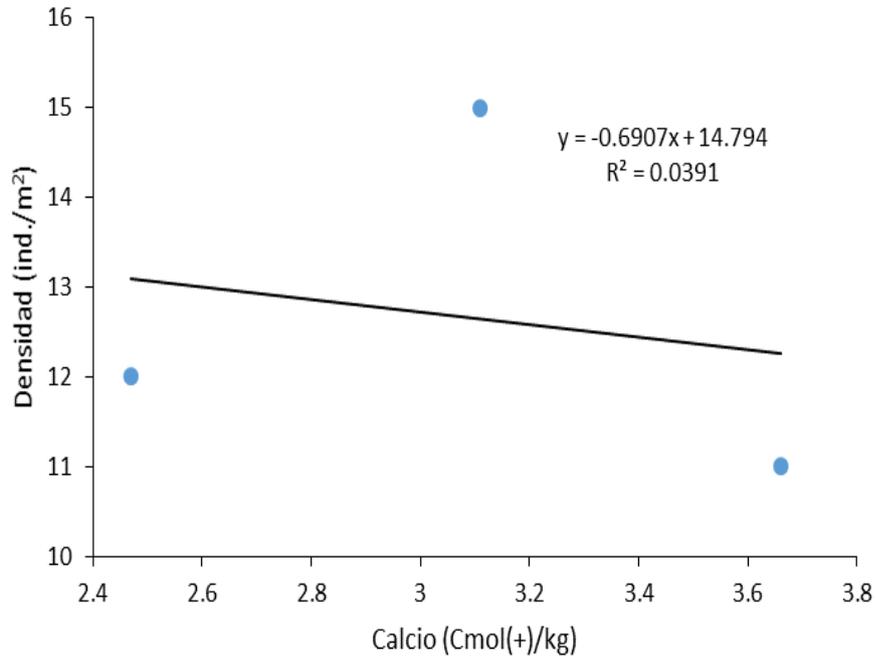


Figura 27. Correlación entre densidad de macrofauna y el nivel de calcio en el suelo.

La expresión matemática que se generó de la variable calcio (X) y la biomasa de la macrofauna (Y) fue de la forma lineal con un coeficiente de determinación que solamente alcanzó el valor de 0,0027 (Figura 28).

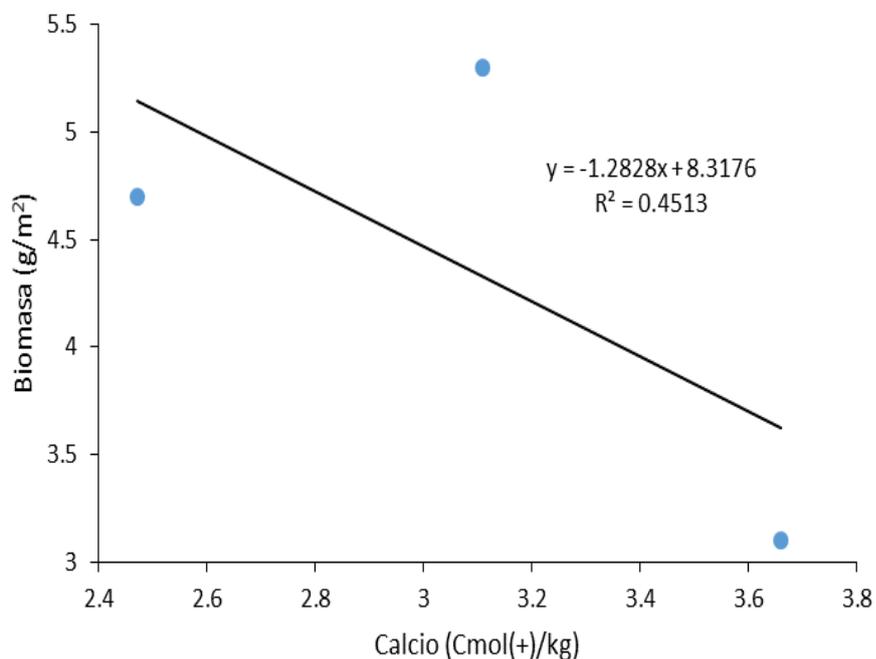


Figura 28. Correlación entre biomasa de macrofauna y el nivel de calcio en el suelo.

La expresión matemática que se generó de la variable magnesio (X) y la densidad de la macrofauna (Y) fue de la forma lineal con un coeficiente de determinación que solamente alcanzó el valor de 0,4792 (Figura 29).

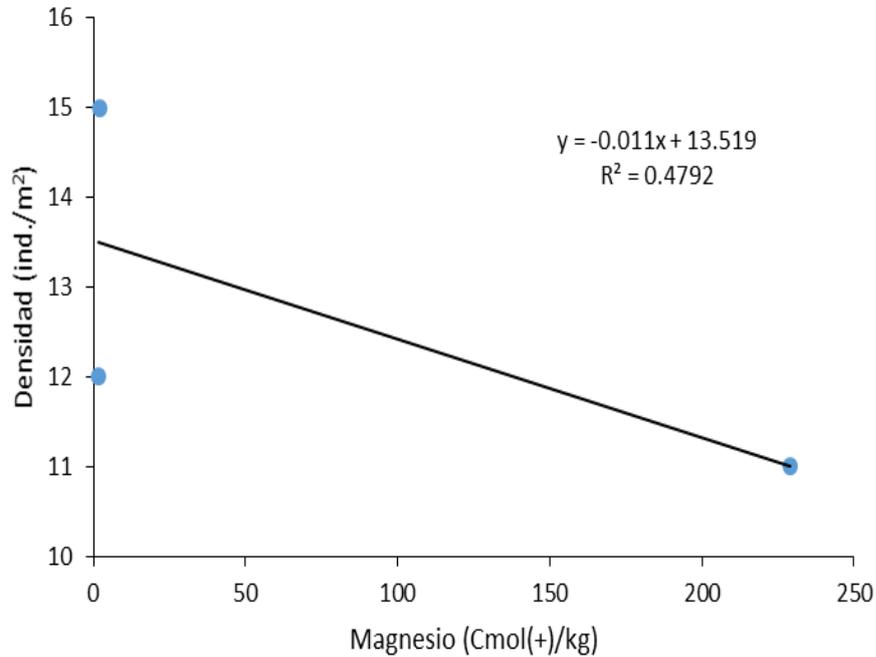


Figura 29. Correlación entre densidad de macrofauna y el nivel de magnesio en el suelo.

La expresión matemática que se generó de la variable magnesio (X) y la biomasa de la macrofauna (Y) fue de la forma lineal con un coeficiente de determinación que alcanzó fue de 0,9296 (Figura 30).

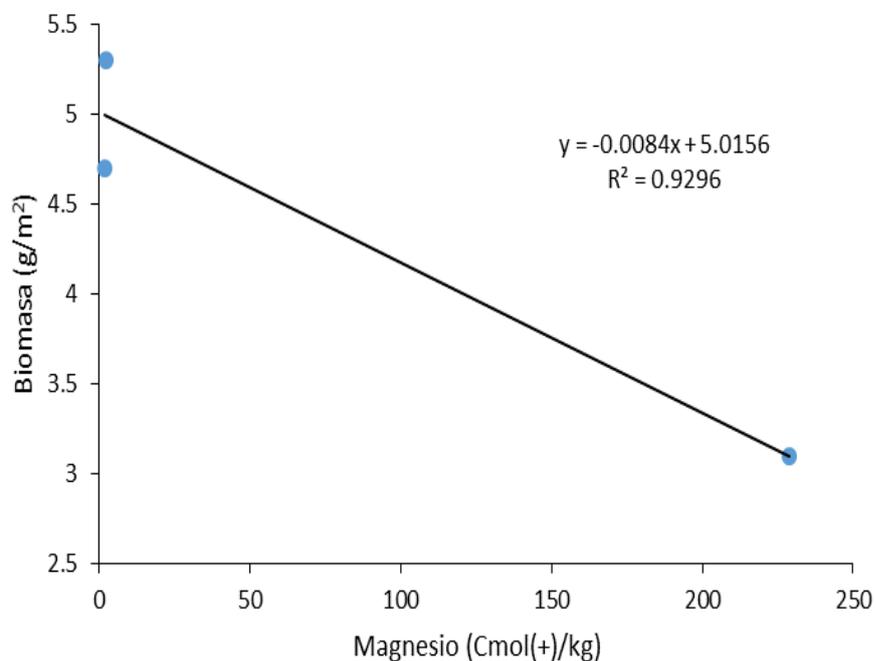


Figura 30. Correlación entre biomasa de macrofauna y el nivel de magnesio en el suelo.

La expresión matemática que se generó de la variable densidad aparente (X) y la densidad de la macrofauna (Y) fue de la forma lineal con un coeficiente de determinación que solamente alcanzó el valor de 0,0255 (Figura 31).

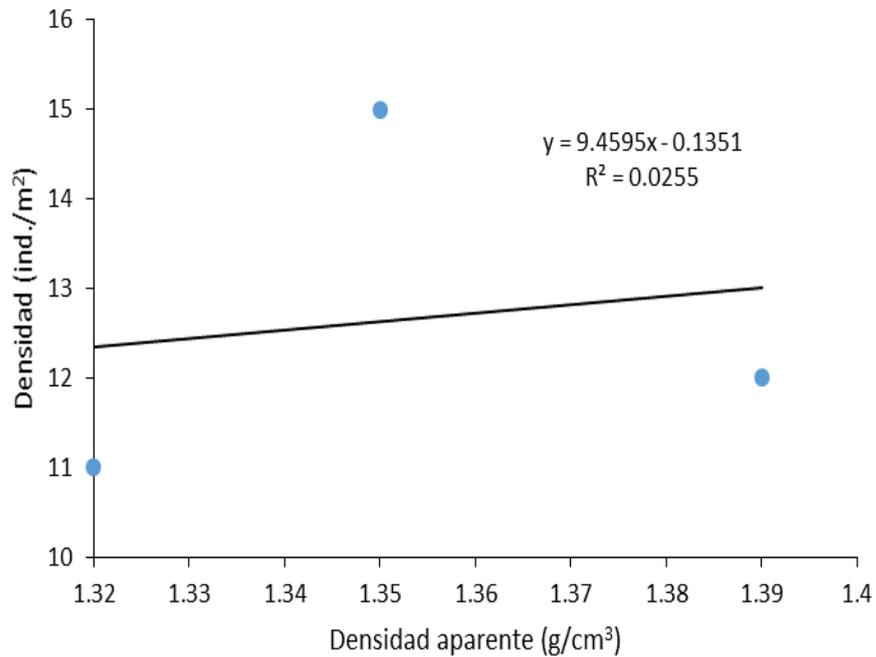


Figura 31. Correlación entre densidad de macrofauna y la densidad aparente del suelo.

La expresión matemática que se generó de la variable densidad aparente (X) y la biomasa de la macrofauna (Y) fue de la forma lineal con un coeficiente de determinación que solamente alcanzó el valor de 0,4130 (Figura 32).

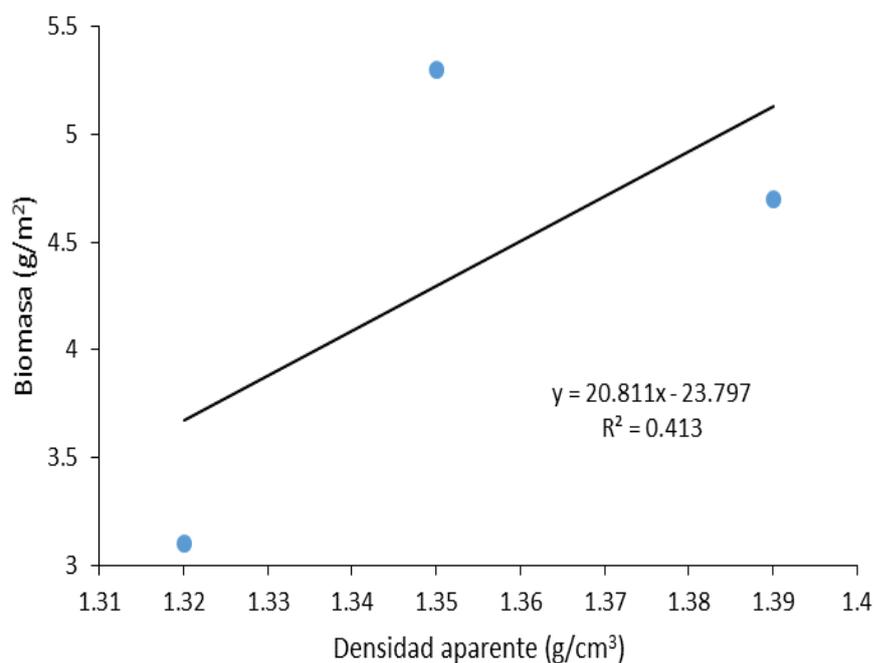


Figura 32. Correlación entre biomasa de macrofauna y la densidad aparente del suelo.

La expresión matemática que se generó de la variable resistencia a la penetración (X) y la densidad de la macrofauna (Y) fue de la forma lineal con un coeficiente de determinación que solamente alcanzó el valor de 0,1758 (Figura 33).

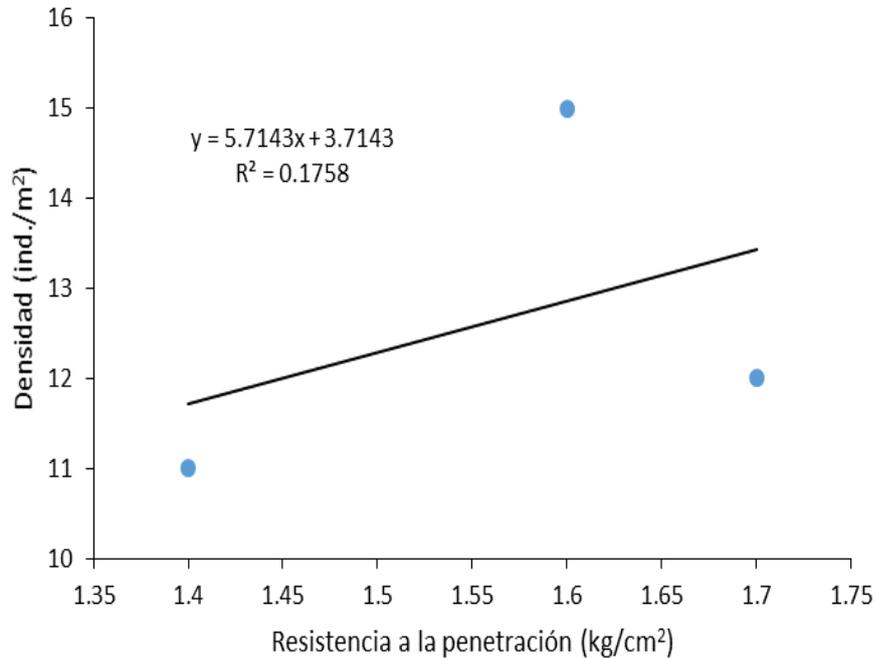


Figura 33. Correlación entre densidad de macrofauna y la resistencia a la penetración del suelo.

La expresión matemática que se generó de la variable resistencia a la penetración (X) y la biomasa de la macrofauna (Y) fue de la forma lineal con un R^2 de 0,6808 (Figura 34).

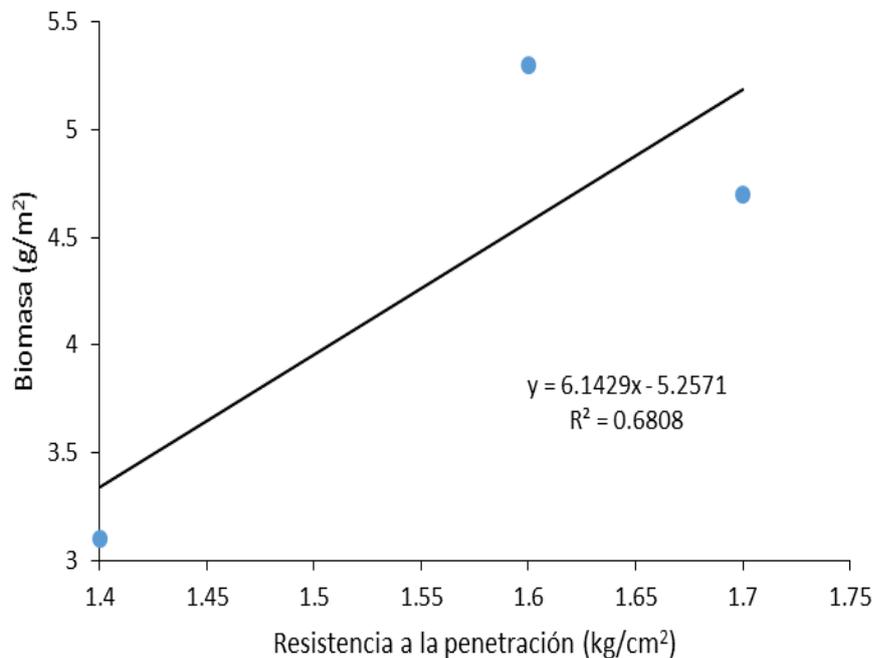


Figura 34. Correlación entre biomasa de macrofauna y la resistencia a la penetración del suelo.

V. CONCLUSIONES

1. En los suelos con los tres cultivos analizados se encontró que los elementos como la clase textural, el porcentaje de la materia orgánica, el porcentaje del nitrógeno, en contenido del fósforo y el valor del pH en las muestras extraídas se caracterizaron por ser diferentes en dichos sistemas de uso, pero en el caso de los indicadores conformados por la densidad aparente, grado de resistencia a la penetración y el nivel de elementos como el potasio registraron valores de alta similitud.
2. Taxonómicamente, la macrofauna edáfica de las parcelas en estudio estuvieron conformados por siete órdenes.
3. El sistema con cultivo papa variedad Canchán fue sobresaliente en indicadores como la superioridad de la densidad y biomasa específica de la macrofauna, caso contrario se reportó en el sistema que se sembró a la avena con fines de aprovechamiento en forraje.
4. Los valores correspondientes a los indicadores físicos y químicos de los suelos fueron independientes a los valores de la densidad y biomasa correspondiente a la macrofauna edáfica.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Aplicar mayor cantidad de enmiendas orgánicas para mejorar el pH antes de la etapa de la floración del cultivo y después de la cosecha, incorporar humus para hacer más liviano y mejorar la estructura del suelo.
2. Proponer que se realice una dosificación y su respectiva fertilización basada en el resultado que se obtuvo de acuerdo al análisis de las muestras de los suelos, con los nutrimentos necesarios para los diferentes sistemas de uso del suelo (arveja variedad Remate, papa variedad Canchán y avena como forraje).
3. Ejecutar demás estudios que esté basada en otros sistemas de uso del suelo teniendo como eje los indicadores medidos y los que faltaron medir en el presente estudio.
4. Llevar a cabo estudios sobre la variación de la densidad y biomasa de los macroinvertebrados en diferentes estaciones del año.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, E., Carrasco, A., León, O., Silva, P., Castillo, G., Borie, G., Martínez, E., González, S., y Ahumada, I. (2005). *Criterios de calidad del suelo agrícola*. USDA, <http://soils.usda.gov/sqi/>
- Álvarez, R. (2008). *Edafología y climatología forestal. Tema 8: Factores formadores del suelo*. Uhu. www.uhu.es/03010/Tema8.PDF
- Alvear, M., Reyes, F., Morales, A., Arriagada, C., y Reyes, M. (2007). *Actividad biológica y agregados estables al agua en dos tipos de formaciones vegetales de un bosque templado del Centro-Sur de Chile con perturbación antrópica*. *Ecología*.
- Ansorena, J. (2005). *Fertilidad del suelo: acidez y complejo de cambio*. laboratorio agrario diputación foral de gipuzkoa. <http://blog.ucc.edu>.
- Bautista, C., Etchevers, B., Del Castillo, R., y Gutiérrez, C. (2004). *La calidad de los suelos y sus indicadores*. <http://www.aee t.org/ecosistema/>
- Barra, C. R. (2016). *Indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo en diferentes sistemas de uso en la microcuenca Picuroyacu – provincia de Leoncio Prado* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva].
- Brown, G.G., Fragoso, I., Barois, P., Rojas, J., Patrón, J., Bueno, A., y Moreno, P. (2001). *Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos*. México.
- Cabrera, D. (2014). *Manual práctico sobre la macrofauna edáfica como indicador biológico de la calidad del suelo, según resultados en cuba*. <http://www.rufford.org/files/Manual%20Pr%C3%A1ctico%20Sobre%20la%20Macrofauna%20del%20Suelo.pdf>
- Cárdenas, P. (2008). *Determinación de la mesofauna del suelo bajo diferentes coberturas en Tingo María* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva].
- Casanova, E. (2005). *Introducción a la ciencia del suelo*. Consejo de desarrollo Científico y Humanístico. Universidad Central de Venezuela. p. 213 -244.
- CINCAE (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador). 2020. *Laboratorio químico. Análisis de suelos*. CINCAE. <http://cincae.org/laboratorio-quimico/>
- Cotrina, H. L. (2011). *Evaluación de la calidad del suelo y de la diversidad de su macrofauna en cacaotales y bosques de Bocas del Toro, Panamá*. CATIE.

- Chilón, E. (2014). *Manual de fertilidad de suelo y nutrición de planta*. Editorial CIDAT. La Paz, Bolivia.
- Decaens, T., Lavelle, P., Jiménez, J., Escobar, G., Rippstein, G., Schneidmadl, J., Sanz, J., Hoyos, P., y Thomas, R. J. (2001). Impact of land management on soil macrofauna in the eastern plains of Colombia. In Jiménez, J.J.; Thomas, R. J. U. (Eds.). *Nature's Plow: Soil macroinvertebrate communities in the Neotropical savannas of Colombia*. Cali, CIAT. Publicación CIAT no. 324.
- Decaens, T., Lavelle, P., Jiménez, J. J., Escobar, G., y Rippstein, G. (1994). Impact of land management on soil macrofauna in the Oriental Llanos of Colombia. *European Journal of Soil Biology*, 30(1), 157-168.
- Delgado, R., y España, M. (1999). *Evaluación de la biomasa microbiana por los métodos fumigación-incubación y fumigación-extracción y su relación con la disponibilidad de nitrógeno en suelos de Venezuela*. Instituto de Investigaciones en Recursos Agroecológicas.
- Doran, J., y Lincoln, N. (1999). *Guía para la evaluación de la calidad del suelo*. USDA, <http://soils.usda.gov/sqi>
- Dubs, F., Lavelle, P., Brennan, A., Eggleton, P., Haimi, J., Ivits, E., Jones, D., Keating, A., Moreno, A.G., Scheidegger, C., Sousa, P., Szel, G., y Watt, A. (2004). Soil macrofauna response to soil, habitat and landscape features of land use intensification: an European gradient study. In *International Colloquium on Soil Zoology and Ecology*. (14, 2004, France). Session 7. Functional groups and valuation as indicators of soil fauna.
- FAO. (2001). *Soil Biodiversity: What is it? Soil Biodiversity: Portal*. Land and Water (AGL). FAO. <http://www.fao.org/ag/AGL/agll/soilbiod/soilbtxt.htm>
- Fassbender, H. (1975). *Química de suelos con énfasis en Suelos de América Latina*. IICA.
- Fernández, R. (2006). *Manual de técnicas de análisis de suelos*. Instituto Mexicano del petróleo.
- Ferreras, L., Magra, G., Besson P., Kovalevski, E., y Garcia F., (2007). Indicadores de calidad física en suelos de la región pampeana norte de Argentina bajo siembra directa. *Ci. Suelo*, 25(2), 159-172.
- Ferreras, L., Toresani, S., Bonel, B., Fernández, E., Bacigaluppo, S., Faggioli, V., y Beltrán, C. (2009). Parámetros químicos y biológicos como indicadores de calidad del suelo en diferentes manejos. *Ci. Suelo*, 27(1), 103-114.
- IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). (2010). *Salinidad del suelo*. IMTA.

- Gobierno Regional de Junín. (2005). *Estudio de diagnóstico y zonificación territorial de la provincia de Chupaca*. PCM. <http://sdot.pcm.gob.pe/wp-content/uploads/2016/06/chupaca.pdf>
- Guerrero, A. (1996). *El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos*. Mundi – Prensa.
- Guerrero, A. (2000). *El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos*. Edit. Aedos S.A.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. P. (2006). *Metodología de investigación*. 4 ed. McGraw-Hill Interamericana.
- Holdrige, L. (1986). *Ecología basada en zonas de vida*. IICA.
- Huamán, O. (2016). *Indicadores de la calidad de suelos en tres sistemas de uso de la tierra, sector Shitari, Huamalíes* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva].
- Huerta, H. (2010). *Determinación de propiedades físicas y químicas de suelos con mercurio en la región de San Joaquín, Qro., y su relación con el crecimiento bacteriano* [Tesis de Pregrado, Universidad Autónoma de Querétaro].
- Karlen, L., Mausbach, M., Doran, J., Cline, F., y Harris, E. (1997). Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61, 4-10.
- Kramer, P. (1989). *Relaciones hídricas de suelos y plantas. Una síntesis moderna*. Industria editorial Mexicana.
- Labrador, J. (2001). *La materia orgánica en los agroecosistemas*. Ministerio de Agricultura, pesca y alimentación. Mundi-Prensa.
- Lavelle, P., Spain, A. V., Blanchart, E., Martin, A., y Martin, S. (1992). The impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. En: *Myths and Science of Soils of the Tropics*. SSSA Special Publication. Madison Wisconsin.
- Lavelle, P. (1997). *Efectos causados por las lombrices en la materia orgánica (MO) del suelo a diferentes niveles de una escala temporal y una espacial*.
- MINAG. (2011). *Cadena agropecuaria de papa. Manejo y fertilidad de suelos*. Guía técnica de orientación al productor.
- National Resource Conservation Soil (NRCS) (2004). *What is soil quality*. USDA http://soils.usda.gov/sqi/soil_quality/what_is/
- Navarro, G. (2003). *Química agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales en la vida vegetal*. Mundi Prensa.
- Pagiola, L., Ota, M. (1997). *La diversidad biológica o biodiversidad*.
- Pashanasi, B. (2001). Estudio cuantitativo de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonia peruana. *Folia Amazónica*, 12(1-2), 75-797.

- Peña, T. (2016). *Materia orgánica y humus del suelo: todo sobre la alquimia del suelo*.
- Plaster, E. J. (2000). *La ciencia del suelo y su manejo*. Paraninfo.
- Pinot, R. H. (2015). Manual de Edafología. *Revista Ingeniería Agrícola*, 5(2), 55-60.
- Porta, M., López, A., y Roquero, C. (1999). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Mundi Prensa.
- Restrepo, J. G. (2002). *Abonos verdes y cultivos de cobertura, alternativas para una agricultura ecológicamente apropiada en el trópico*.
- Ríos, V.E.A. (2019). *Densidad y diversidad biológica en sistemas de uso del suelo en Palo de Acero, distrito de Monzón* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva].
- Romero, C. (2008). *Fertilidad natural*. s.e. Crc, <http://www.crc.gov.co>.
- Salazar, K. C. (2016). *Percepción, vulnerabilidad socioeconómica y adaptación al cambio climático del ganadero lechero del valle del Mantaro, Junín* [Tesis de Posgrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2748/L01-S343-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sánchez, J. (2007). *Fertilidad de suelos y nutrición mineral de plantas*. FERTITEC S.A.
- Sánchez, P. (1981). *Suelos del trópico. Características y manejo*. Traducido por Edilberto Camacho, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Sevilla, F., Oberthur, T., Usma, H., Escobar, G., y Narváez, C. (2002). Exploración de la presencia y abundancia de coleóptero fauna edáfica en diferentes usos de la tierra en una microcuenca del departamento del Cauca. En: *Congreso Nacional de Ciencias Biológicas*, 37. Ponencias. San Juan de Pasto. Universidad de Nariño.
- Silicuaña, K. N. (2017). *Evaluación de la fertilidad del suelo en parcelas con sistemas agroforestales en zona semiárida en la provincia Tapacari – Cochabamba* [Tesis de Pregrado, Universidad Mayor de San Andrés].
- Sylvia, D., Fuhrmann, J., Hartel, P., y Zuberer, D. (1999). *Principles and applications of soil microbiology*. United States of America. Hall. Inc. EE.UU.
- Solís, M. (2011). *Levantamiento edafológico y agrológico con fines de planificación agropecuaria de la hacienda Bernabé Pedro Vicente Maldonado Ecuador* [Tesis de Pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE].
- Soil Survey Staff. (1993). *Soil survey manual*. United States Department of Agriculture. Hnbk no. 18 U.S. Gov. Printing Office, Washington, DC.
- USDA. (1999). *Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo*. Departamento de agricultura de los Estados Unidos.

- Vargas-Machuca, R. N. (2010). Indicadores biológicos para la evaluación de la calidad de los suelos. *XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo*. Estación Experimental del Zaidín, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (EEZ-CSIC). Granada, España.
- Wardle, D., y Bardgett, R. (2004). Indirect effects of invertebrate herbivory on the decomposer subsystem. *Ecological Studies*, 173, 53-69.
- Zavaleta, G. (1992). *Edafología. El suelo en relación con la producción*. Consejo Nacional de Concentración y Tecnología.
- Zerbino, M., y Morón, A. (2003). Macrofauna del suelo y su relación con propiedades físicas y químicas en rotaciones cultivo-pastura. In Morón, A.; Díaz, R. (Eds. técnicos). *Simposio "40 años de rotaciones agrícolas – ganaderas"*. Montevideo, Uruguay. Serie Técnica N° 134.

Anexo

Anexo 1. Datos analizados

Tabla 21. Grupo taxonómico y densidad por sistemas de uso del suelo.

Grupo taxonómico	Densidad por sistemas de uso de suelo			total	%
	Arveja variedad Remate	Papa variedad Canchán	Avena como forraje		
Himenópteros	17	34	34	85	23.68
Haplotaxida	36	61	81	178	49.58
Isópoda	0	4	4	8	2.23
Isóptera	18	8	17	43	11.98
Diplopoda	2	0	1	3	0.84
Chilopoda	1	0	0	1	0.28
Aranea	1	0	2	3	0.84
Hemíptera	0	0	0	0	0
Lepidóptera	0	1	1	2	0.56
Coleóptera	4	1	0	5	1.39
Larvas	1	3	1	5	1.39
Dermáptera	2	0	2	4	1.11
Orthoptera	1	1	3	5	1.39
Dictyoptera	0	1	0	1	0.28
Gastropoda	0	0	0	0	0
Otros	3	6	7	16	4.46
Densidad ind./m ²	86	120	153	359	100

Tabla 22. Biomasa de la macrofauna por sistemas de uso del suelo.

N°	SUS	Prof.	Grupo Taxonómico	Nombre común	Cantidad	Total	
R1	Arveja variedad	0-10 cm	Haplotaxida	Lombriz de tierra	20	32	
			Hemíptera	chinchas	3		
			Coleóptera	escarabajo	2		
			Himenópteros	hormigas	7		
	Remate	10-20 cm	Haplotaxida	Lombriz de tierra	5	6	
			Larva Díptera	mosca	1		
			20-30 cm	Sinfilidos	nn	2	2
				Total		38	
	R1	Papa variedad Canchán	0-10 cm	Haplotaxida	Lombriz de tierra	16	28
				Isópoda	Cochinilla	4	
Lepidóptera				oruga	1		
Orthoptera				Grillo	2		
Himenóptera			Hormiga	5			
Sinfilidos			nn	3			
10-20 cm		Larva	escarabajo del suelo	1	7		
		Oligochaeta	Lombriz de tierra	3			
			20-30	Ausencia	0	0	
				Total		35	
R1	Avena como forraje	0-10 cm	Haplotaxida	Lombriz de tierra	15	34	
			Himenópteros	hormigas	13		
			Isópoda	Cochinilla	5		
			Lepidóptera	oruga	1		
		10-20 cm	Haplotaxida	Lombriz de tierra	5	14	
			Himenópteros	hormigas	7		
			Larva	Escarabajo	2		
			20-30 cm	nn	nn	1	2
				Total		48	
	R2	Arveja variedad	0-10 cm	Haplotaxida	Lombriz de tierra	12	27
Dictyoptera				cucaracha	1		
Remate			Hemiptera	chinche	2		

N°	SUS	Prof.	Grupo Taxonómico	Nombre común	Cantidad	Total
			Hymenoptera	Hormiga	10	
			Araneae	araña	2	
			Isoptera	termita	3	
		10-20 cm	Sinfilidos	nn	2	6
			Dermaptera	Tijereta	1	
		20-30 cm	Ausencia			
			Total		33	
			Haplotaxida	Lombriz de tierra	15	
		0-10 cm	Orthoptera	saltamonte	1	25
			Himenóptera	Hormiga	7	
			Araneae	Araña	2	
R2	Papa variedad		Haplotaxida	Lombriz de tierra	7	
	Canchán	10-20cm	Isóptera	termitas	10	17
		20-30 cm	Pupa	escarabajo	1	1
			Ausencia			
			Total		43	
			Haplotaxida	Lombriz de tierra	16	
		0-10 cm	Hymenoptera	Hormiga	5	22
			Dyctioptera	cucaracha	1	
R2	Avena como		Haplotaxida	Lombriz de tierra	3	
	forraje	10-20 cm	Crustáceos	nn	3	7
			Sinfililidos	nn	1	
		20-30 cm	Ausencia			
			Total		22	
			Haplotaxida	Lombriz de tierra	8	
		0-10 cm	Araneae	Araña	1	13
	Arveja		Himenópteros	hormigas	4	
R3	variedad		Haplotaxida	Lombriz de tierra	3	
	Remate	10-20 cm	Sinfilidos	nn	3	7
			Larva	escarabajo	1	
		20-30 cm	Ausencia			

N°	SUS	Prof.	Grupo Taxonómico	Nombre común	Cantidad	Total
Total					20	
R3	Papa variedad Canchán	0-10 cm	Haplotaxida	Lombriz de tierra	18	24
			Himenóptera	Hormiga	4	
			Dermáptera	tijeretas	2	
	Canchán	10-20 cm	Haplotaxida	Lombriz de tierra	6	25
			Himenópteros	hormigas	16	
			Paurapodos	nn	3	
			20-30 cm	Ausencia		
Total					30	
R3	Avena como forraje	0-10 cm	Oligochaeta	Lombriz de tierra	6	10
			Himenóptera	Hormiga	2	
			Coleóptera	escarabajo	1	
			Lepidóptera	oruga	1	
		10-20 cm	Haplotaxida	Lombriz de tierra	2	12
			Paurapodos	nn	2	
			Isóptera	Termita	8	
		20-30				
Total					22	

Anexo 2. Panel fotográfico



Figura 35. Terreno destinado al sembrío de arveja variedad Remate.



Figura 36. Preparación del terreno en surcos para el sembrío de arveja variedad Remate.



Figura 37. Siembra de arveja variedad Remate distanciamiento 50 cm entre plantas.



Figura 38. Floración de arveja variedad Remate.



Figura 39. Muestreo de la fauna edáfica en la parcela arveja variedad Remate.



Figura 40. Medición de la resistencia a la penetración del suelo parcela arveja variedad Remate.



Figura 41. Terreno destinado al sembrío de papa variedad Canchán



Figura 42. Preparación del terreno para el sembrío de papa variedad Canchán.



Figura 43. Abono y siembra de papa variedad Canchán
distanciamiento 30 cm entre plantas.



Figura 44. Crecimiento y floración de papa variedad Canchán.



Figura 45. Terreno destinado al sembrío de avena como forraje.



Figura 46. Preparación del terreno para el sembrío de avena como forraje.



Figura 47. Abono y siembra de vena como pasto de animales.



Figura 48. Avena como forraje en estado lechoso listo para el segado.



Figura 49. Muestreo de fauna edáfica parcela de avena como forraje.

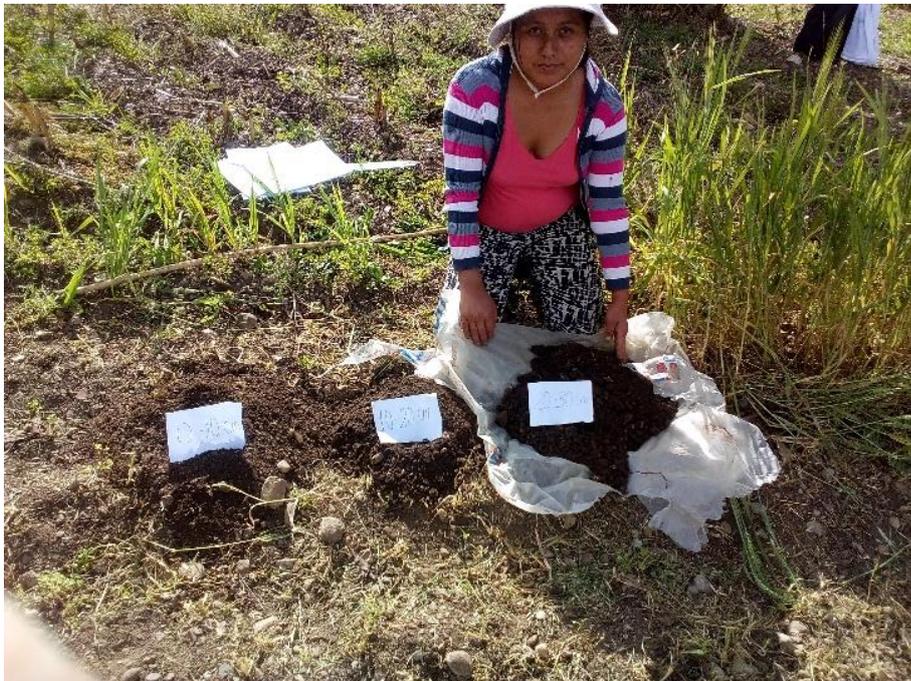


Figura 50. Muestra de suelos parcela de avena como forraje.



Figura 51. Macrofauna presente parcela de avena como forraje.



Figura 52. Macrofauna presente parcela papa variedad Canchán.



Figura 53. Macrofauna presente parcela arveja variedad Remate.



Figura 54. Identificación de especie de macrofauna.

Anexo 3. Análisis de suelos



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Carretera Central Km1.21 - Tingo María - CELULAR 941531359
Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología
analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE:				PROCEDENCIA:																			
CALLIRI AHUASHI MAYDY SELOMIT				SECTOR:			HUARISCA GRANDE					PROVINCIA						CHUPACA					
				DISTRITO:			AHUAC					DEPARTAMENTO						JUNIN					
N°	COD. LAB.	DATOS DE LA MUESTRA		ANÁLISIS MECÁNICO			pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%	
				Arena	Arcilla	Limo							Textura	1:1	%	%	disponible						Ca
REFERENCIA	CULTIVO	%	%	%	ppm	ppm																	
1	S0872	MILO PATAC	AVENA PASTO	44	27	29	Franco Arcilloso	7.87	2.08	0.10	8.97	99.96	17.39	11.55	5.34	0.30	0.20	--	--	--	100.00	0.00	0.00
2	S0873	ALLO HUALCACO	PAPA CANCHAN	46	21	33	Franco	7.88	2.84	0.14	8.65	118.95	16.14	10.62	4.84	0.44	0.24	--	--	--	100.00	0.00	0.00
3	S0874	CASHAUCLO	ARVEJA PASTO	96	5	-1	Arena	8.18	2.59	0.13	9.05	135.94	19.65	14.23	4.43	0.69	0.30	--	--	--	100.00	0.00	0.00

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
TINGO MARIA, 16 DE JULIO 2019
RECIBO N° 0585918



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
LAB. ANALISIS DE SUELOS

Luis C. Mansilla Minaya
Ing. Luis C. Mansilla Minaya
JEFE



Figura 55. Análisis de suelos al inicio de la investigación.

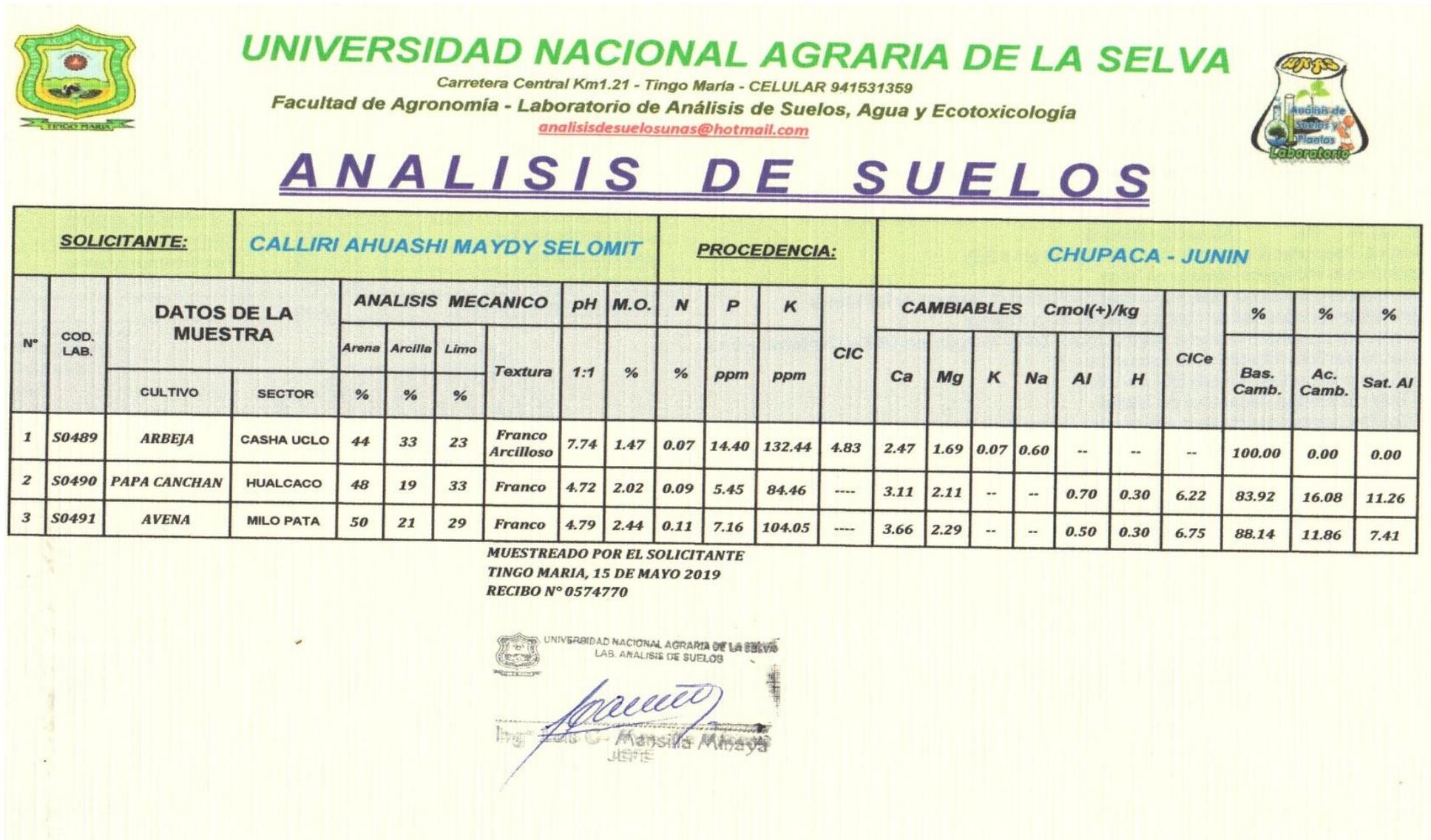


Figura 56. Análisis de suelos al final de la investigación.

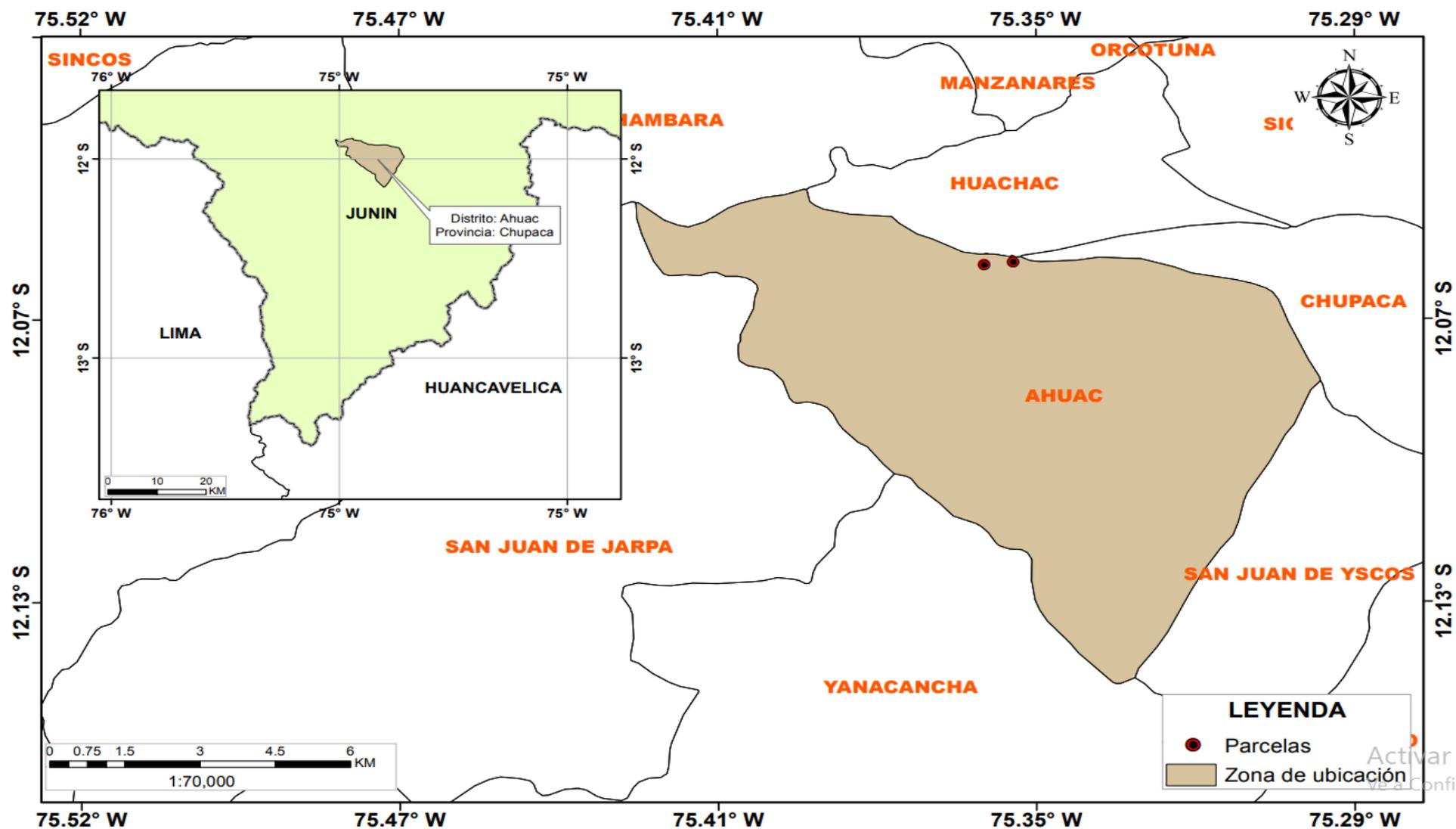


Figura 57. Mapa de ubicación de las parcelas en estudio.

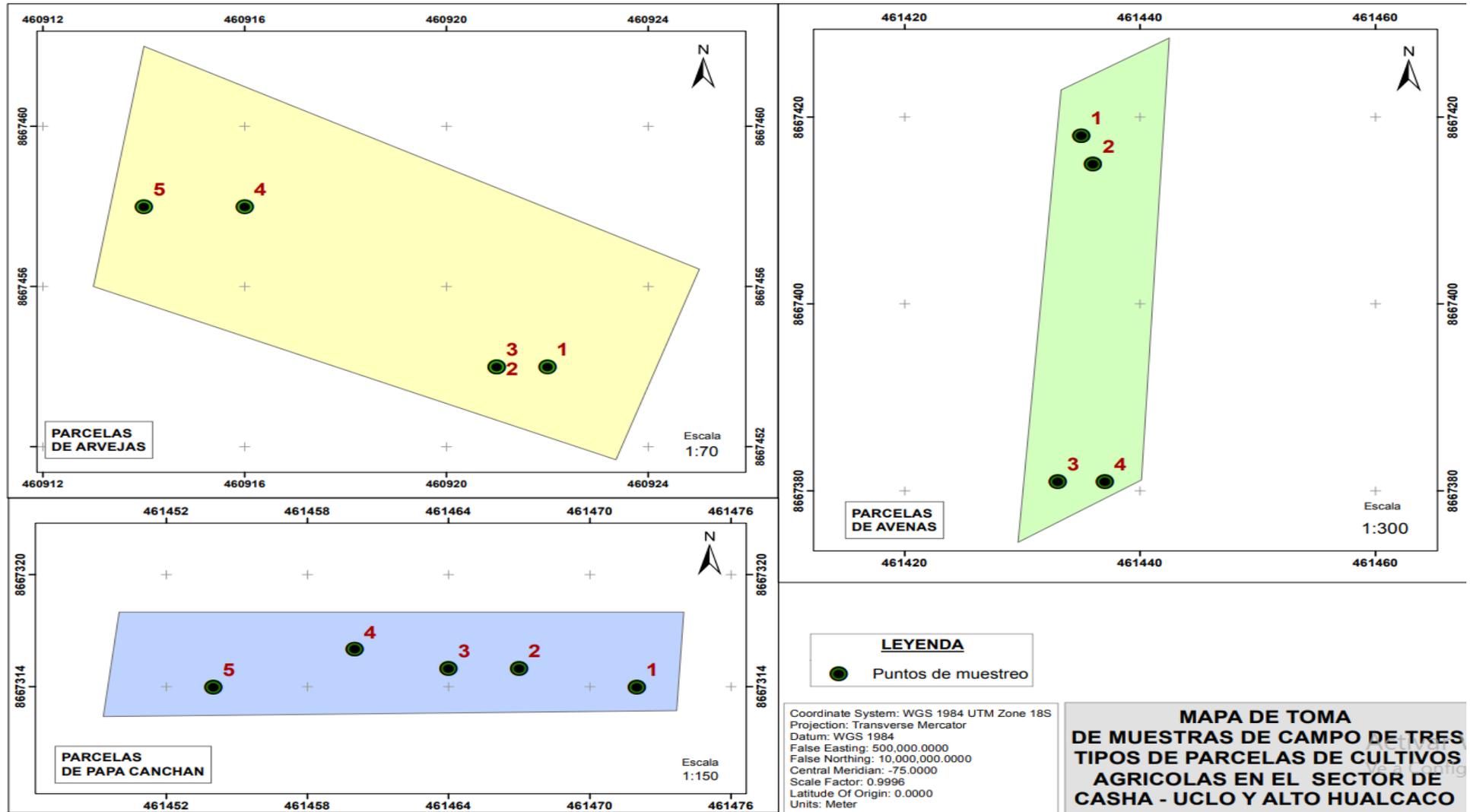


Figura 58. Mapa de las muestras de campo.