

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



QUEMA DE UNA PARCELA Y SU EFECTO EN LA MACROFAUNA DEL SUELO
EN EL CENTRO POBLADO LOS ÁNGELES, DISTRITO MARIANO DÁMASO
BERAÚN – REGIÓN HUÁNUCO

Tesis para optar el título de:

INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

Presentado por:

SERGIO RAMIREZ CABALLERO

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María – Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°061-2022-FRNR-UNAS

Los que suscriben, miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 22 de noviembre de 2021 a horas 07:00 p. m. de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua:

“QUEMA DE UNA PARCELA Y SU EFECTO EN LA MACROFAUNA DEL SUELO EN EL CENTRO POBLADO LOS ÁNGELES, DISTRITO MARIANO DÁMASO BERAÚN-REGIÓN HUÁNUCO”

Presentado por el Bachiller: **RAMIREZ CABALLERO, Sergio**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“BUENO”**

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

Tingo María, 30 de noviembre de 2022

Dr. ROBERTO OBREGON PEÑA
PRESIDENTE



Ing. JAIME TORRES GARCIA
MIEMBRO

Ing. M.Sc. JORGE LUIS VERGARA PALOMINO
MIEMBRO

Ing. M.Sc. JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO
ASESOR

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



QUEMA DE UNA PARCELA Y SU EFECTO EN LA MACROFAUNA DEL SUELO
EN EL CENTRO POBLADO LOS ÁNGELES, DISTRICTO MARIANO DÁMASO
BERAÚN – REGIÓN HUÁNUCO

Autor	: Sergio, RAMIREZ CABALLERO
Asesor	: Ing. M.Sc. Juan Pablo, RENGIFO TRIGOZO
Programa de Investigación	: Ciencias Básicas
Línea (S) de investigación	: Ecología y Conservación de Suelos
Eje temático de investigación	: Tecnologías de suelos degradados
Lugar de Ejecución	: Centro poblado Los Ángeles.
Duración	: Fecha de Inicio : 05/09/2018 Termino : 05/02/2019
Financiamiento	: Propio : Si
Monto	: 2,324.00

DEDICATORIA

A Dios; por brindarme sabiduría, comprensión, motivación, fuerzas en mis estudios, elaboración de este trabajo, salud, infinito apoyo, para así poder cumplir mi meta como profesional.

A mis queridos padres Javier Ramírez Sangama, Lidia Caballero Guevara, por su orientación y formarme una buena persona y brindarme su apoyo en todo momento de mi vida, para lograr mis metas.

A mi hermana Jennifer Ramírez Caballero por la confianza y el apoyo en el desarrollo de la investigación.

Gracias a Dios por concederme los mejores papas del mundo y son la razón para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis no hubiese sido posible su finalización sin la cooperación desinteresada de todas y cada una de las personas que a continuación citaré y muchas de las cuales han sido un soporte muy fuerte en momentos difíciles.

Al Ing. MS.c Juan Pablo Rengifo Trigozo, patrocinador del presente trabajo de investigación.

Al Dr. Roberto Obregón Peña, presidente de jurado de tesis, Ing. Jorge Luis Vergara Palomino, Ing. Jaime Torres García, miembros de jurado de la presente tesis, quienes desinteresadamente formaron parte de la revisión.

A mi alma mater Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables y plana docente, por la contribución en mi formación como profesional.

A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales de carrera profesional de ingeniería en Conservación de Suelos y Agua por haber sido los principales forjadores para mi formación como profesional con valores y principios.

A mi herma: Jennifer Ramírez Caballero mis más sinceros agradecimientos por mantenernos siempre unidos.

A todas las personas, amigos y familiares quienes me brindaron su apoyo en el desarrollo del presente trabajo y con quienes compartimos vivencias muy gratas que enriquecieron mi vida profesional.

ÍNDICE

Página

I.	INTRODUCCIÓN.....	01
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	03
2.1.	Antecedentes.....	03
2.2.	Marco teórico.....	05
2.2.1.	El suelo.....	05
2.2.2.	Calidad del suelo.....	06
2.2.3.	Efectos del fuego en el suelo.....	07
2.2.4.	Características físicas del suelo.....	07
2.2.4.1.	Textura del suelo.....	08
2.2.4.2.	Clase textural.....	10
2.2.4.3.	Triángulo textural.....	11
2.2.4.4.	Densidad aparente del suelo... ..	11
2.2.5.	Características químicas del suelo.....	13
2.2.5.1.	Reacción del suelo (pH).	13
2.2.5.2.	Materia orgánica.....	14
2.2.5.3.	Nitrógeno del suelo.....	14
2.2.5.4.	Fósforo disponible del suelo.....	15
2.2.5.5.	Potasio disponible del suelo.	16
2.2.5.6.	Capacidad de intercambio catiónico.....	16
2.2.6.	Macrofauna del suelo.....	18
2.2.6.1.	Macrofauna edáfica mundial.....	18
2.2.6.2.	Importancia de los indicadores.....	20
2.2.7.	Indicadores de medición de la fauna artrópoda del suelo.	20
2.2.7.1.	Diversidad de especies.....	20
2.2.7.2.	Abundancia.....	20
2.2.8.	Recursos de la diversidad biológica.....	21
2.2.9.	Quema de bosques.....	22
2.2.10.	Efectos de los incendios sobre el ecosistema.....	23
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
3.1.	Lugar de ejecución.....	24
3.1.1.	Ubicación geográfica.....	24

3.1.2.	Clima.....	24
3.1.3.	Zonas de vida	24
3.1.4.	Suelo... ..	25
3.1.5.	Fisiografía	25
3.1.6.	Hidrografía.....	25
3.1.7.	Accesibilidad.....	25
3.2.	Materiales y equipos.....	25
3.2.1.	Materiales.....	25
3.2.2.	Equipos	25
3.3.	Tipo y nivel de investigación.....	26
3.3.1.	Tipo de la investigación... ..	26
3.3.2.	Nivel de la investigación.....	26
3.4.	Método y diseño de la investigación.	26
3.4.1.	Método de la investigación.	26
3.4.2.	Diseño de la investigación.	26
3.5.	Metodología.....	26
3.5.1.	Evaluar las características físicas y químicas del suelo antes, después y post quema de la parcela.....	27
3.5.2.	Evaluar el efecto de la quema en la biodiversidad de la macrofauna	
3.5.3.	del suelo antes, después y post quema de la parcela.....	29
3.5.4.	Evaluar la densidad y biomasa de la macrofauna del suelo antes,	
3.5.5.	después y post quema de la parcela	31
3.5.6.	Correlacionar las características físicas y químicas con la macrofauna	
3.5.7.	del suelo	33
3.5.8.	Metodología para indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo.....	34
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1.	Evaluar las características físicas y químicas del suelo antes, durante y post quema de la parcela.....	36
4.1.1.	Características físicas del suelo antes, después y post quema de la parcela.....	36
4.1.2.	Características químicas del suelo antes, después y post quema de la parcela.....	40
4.2.	Evaluar el efecto de la quema en la biodiversidad de la macrofauna del suelo antes, después y post quema de la parcela.....	50
4.2.1.	Identificación de macrofauna del suelo antes, después y post quema	
4.2.2.	de la parcela	50
4.2.3.	Evaluar la densidad y biomasa de macrofauna del suelo antes, después y post	

quema de la parcela.....	52
4.3. Correlacionar las características físicas y químicas con la macrofauna del suelo.....	53
4.3.1. Evaluación de las características físicas del suelo al inicio y al final	
4.3.2. de la evaluación.....	53
4.3.3. Evaluación de las características químicas del suelo al inicio y al final	
4.3.4. de la evaluación.....	54
4.3.5. Evaluación de la macrofauna del suelo al inicio y al final de la evaluación.....	55
4.3.6. Relación entre las características físicas y químicas del suelo	
4.3.7. encontradas antes, después y post quema de la parcela	55
V. CONCLUSIONES	56
VI. PROPUESTAS A FUTURO	57
VII. REFERENCIAS	58
ANEXOS	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
Tabla 1. Tamaño de las partículas del suelo	09
Tabla 2. Agrupamiento general de las clases texturales	10
Tabla 3. Da y Dr de los suelos de acuerdo a su grupo textural.....	12
Tabla 4. Relación textura/densidad aparente y porosidad del suelo... ..	12
Tabla 5. Niveles de pH en el suelo.	13
Tabla 6. Intervalos de materia orgánica en el suelo.....	14
Tabla 7. Niveles de contenido de nitrógeno.	15
Tabla 8. Niveles de contenido de fósforo disponible.....	15
Tabla 9. Niveles de contenido de potasio disponible en el suelo (K ₂ O).....	16
Tabla 10. Capacidad de intercambio catiónico para un pH >5.5.....	18
Tabla 11. Capacidad de intercambio catiónico para un pH <5.5.....	18
Tabla 12. Relación jerárquica de diferentes escalas de diversidad.....	21
Tabla 13. Coordenadas UTM de los vértices del predio	24
Tabla 14. Indicadores de propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo.....	34
Tabla 15. Textura de suelo antes, después y post quema de la parcela	36
Tabla 16. Densidad aparente del suelo antes, después y post quema de la parcela.....	38
Tabla 17. Densidad real del suelo antes, después y post quema de la parcela	39
Tabla 18. pH del suelo antes, después y post quema de la parcela.....	40
Tabla 19. Porcentaje de materia orgánica del suelo antes, después y post quema de la parcela.....	41
Tabla 20. Porcentaje de materia orgánica del suelo antes, después y post quema de la parcela.....	43
Tabla 21. Fósforo (ppm) del suelo antes, después y post quema de la parcela	44
Tabla 22. Potasio (kg/ha) del suelo antes, después y post quema de la parcela	45
Tabla 23. Características químicas del suelo antes, después y post quema de la parcela.....	47
Tabla 24. Porcentaje de bases cambiables del suelo antes, después y post quema de la parcela.....	48
Tabla 25. Porcentaje de acidez cambiante del suelo antes, después y post quema de la parcela.....	49
Tabla 26. Porcentaje de saturación de aluminio del suelo antes, después y post quema de la parcela	50

Tabla 27. Grupos taxonómicos identificados por profundidad en el suelo antes, después y post quema de la parcela.....	51
Tabla 28. Densidad de macrofauna edáfica del suelo antes, después y post quema de la parcela a diferentes profundidades	52
Tabla 29. Biomasa de macrofauna evaluadas a diferentes profundidades del suelo antes, después y post quema de la parcela	53
Tabla 30. Comportamiento de las características físicas del suelo al inicio y al final de la quema de la parcela	54
Tabla 31. Comportamiento de las características químicas del suelo al inicio y al final de la quema de la parcela.....	54
Tabla 32. Comportamiento de las evaluaciones de la macrofauna del suelo al inicio y al final de la quema de la parcela	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Triángulo textural del USDA	11
Figura 2. La interacción entre las plantas y la fauna del suelo.	19
Figura 3. Flujograma de evaluación del área en estudio.	29
Figura 4. Técnica de muestreo (Fuente: PASHANASI, 2002).	29
Figura 5. Esquema metodológico del plan de muestreo a diferentes profundidades.....	30
Figura 6. Porcentaje de partículas antes, después y poste quema de la parcela.....	37
Figura 7. Densidad aparente del suelo antes, después y post quema de la parcela.....	38
Figura 8. Porosidad del suelo antes, después y post quema del suelo.	39
Figura 9. pH del suelo antes, después y post quema de la parcela	41
Figura 10. Porcentaje de materia orgánica antes, después y post quema de la parcela	42
Figura 11. Porcentaje de nitrógeno del suelo antes, después y post quema de la parcela	43
Figura 12. Fósforo del suelo antes, después y post quema de la parcela.....	44
Figura 13. Potasio del suelo antes, después y post quema de la parcela	46
Figura 14. Características químicas del suelo antes, después y post quema de la parcela	47
Figura 15. Porcentaje de bases cambiables en el suelo antes, después y post quema de la parcela.....	48
Figura 16. Porcentaje de acidez cambiabile en el suelo antes, después y post quema de la parcela.....	49
Figura 17. Porcentaje de saturación de aluminio en el suelo antes, después y post quema de la parcela	50
Figura 18. Densidad de la macrofauna a diferentes profundidades en el suelo antes, después y post quema de la parcela	53
Figura 19. Correlación lineal de la Capacidad de Intercambio Catiónico efectiva y el porcentaje de arcilla.....	56
Figura 20. Toma de coordenadas UTM de la parcela con GPS.....	63
Figura 21. Anotando los datos de las coordenadas UTM de la parcela.....	63
Figura 22. Muestreo de suelo de la parcela con barreno.	64
Figura 23. Limpieza del terreno donde se realizará la investigación.....	64
Figura 24. Muestras de suelo extraído con el barreno antes de la limpieza de la parcela	65
Figura 25. Muestreo de macrofauna del suelo antes de la limpieza de la parcela	65
Figura 26. Análisis de suelo antes de la limpieza de la parcela.....	66

Figura 27. Análisis de suelo después de la quema de la parcela	66
Figura 28. Análisis de suelo post quema de la parcela.....	67

RESUMEN

La investigación evaluó el efecto de la quema de una parcela y su efecto en la macrofauna del suelo en el centro poblado Los Ángeles, distrito Mariano Dámaso Beraún, Huánuco. Los objetivos fueron evaluar las características físicas y químicas, el efecto de la quema en la biodiversidad, densidad, biomasa de la macrofauna del suelo antes, después y post quema de la parcela y correlacionar las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Los resultados no presentan respuestas significativas sobre las características físicas del suelo, encontrando un suelo franco arcillo limoso (antes de la quema), franco (después de la quema) y Franco arcilloso (post quema), con buena densidad, porosidad media apto para la agricultura, las características químicas del suelo a consecuencia de la quema incrementaron la CIC con un p-valor (0.0057), AL p-valor (0.0252), H p-valor (0.0304), las bases cambiables disminuyeron con un p-valor (0.0245), y la acidez cambiante se incrementó con un p-valor (0.0115), se identificaron 11 órdenes en total de macrofauna, (**Antes**), 9 órdenes (**Después**) y 7 órdenes (**post quema**) de la parcela; Isóptera fue el más predominante seguido por haplotaxida y Dictióptera, con mayor presencia a los 10 cm de profundidad, su densidad y biomasa de macrofauna disminuyeron en el suelo después de la quema, siendo estadísticamente significativos, la densidad con un p-valor (0.0201), la biomasa decreció de 10.09 a 6.87 g.m⁻², existe una relación directa entre la capacidad de intercambio catiónico efectiva con la cantidad de arcilla en el suelo.

Palabras clave: Características físicas, biodiversidad, densidad, biomasa, macrofauna

ABSTRACT

The research evaluated the effect of burning a plot and its effect on the soil macrofauna in the center of Los Angeles, Mariano Dámaso Beraún district, Huánuco. The objectives were to evaluate the physical and chemical characteristics, the effect of burning on the biodiversity, density, biomass of the soil macrofauna before, after and after burning the plot and correlate the physical, chemical and biological characteristics of the soil. The results do not present significant responses on the physical characteristics of the soil, finding a loamy clay loam soil (before burning), loam (after burning) and Clay loam (post burning), with good density, average porosity suitable for agriculture, the chemical characteristics of the soil as a result of burning increased the CIC with a p-value (0.0057), AL p-value (0.0252), H p-value (0.0304), the changeable bases decreased with a p-value (0.0245), and the changeable acidity increased with a p-value (0.0115), 11 orders in total of marofauna were identified, (Before), 9 orders (After) and 7 orders (post burning) of the plot; Isoptera was the most predominant followed by haplotaxida and Dictióptera, with greater presence at 10 cm deep, its density and macrofauna biomass decreased in the soil after burning, being statistically significant, the density with a p-value (0.0201), the biomass decreased from 10.09 to 6.87 gm⁻², there is a direct relationship between the effective cation exchange capacity with the amount of clay in the soil.

Keyword: Characteristics physical, biodiversity, density, biomass, macrofauna.

I. INTRODUCCIÓN

El USDA declaró en 1998 que el suelo es "la parte biológicamente más diversa del planeta". La macrofauna del suelo mejora el acceso y almacenamiento de agua, la resistencia a la erosión, la nutrición de las plantas y la descomposición de la materia orgánica. Vale la pena mencionar que los organismos regulan la dinámica de la materia orgánica del suelo, el secuestro de carbono y las emisiones de gases de efecto invernadero si funcionan como motores del ciclo de nutrientes. Alteran la estructura física del suelo y el régimen hídrico, aumentando la cantidad y la eficiencia de los nutrientes absorbidos por las plantas y mejorando la salud de las plantas. Estos servicios no solo son importantes para el funcionamiento de los ecosistemas naturales, sino también recursos importantes para la gestión sostenible de los sistemas agrícolas. (Thompson y Troeh, 2002).

Una de las principales prácticas de manejo de la tierra para la instalación de nueva flora es la tala y quema. La tala se define como una actividad legal o ilegal con el fin de obtener recursos vegetales. La quema se considera una actividad de remoción de restos vegetales con fines agrícolas, que incide en cambios en la diversidad (Ruíz, 2008).

La investigación mejorará la comprensión de los impactos de quemar un campo con el objetivo de mejorar la preparación del suelo y minimizar el daño a la diversidad de la macrofauna del suelo. Ante la situación se plantea la siguiente interrogante: ¿En qué medida el efecto de la quema en una parcela afectara a la macro fauna del suelo en el centro poblado los Ángeles, distrito de Mariano Dámaso Beraún, Región Huánuco? Planteándose las hipótesis: la quema de una parcela afecta la macro fauna del suelo en el centro poblado los Ángeles distrito Mariano Dámaso Beraún; ya que es importante conocer los efectos que causan la quema de una parcela sobre la macrofauna del suelo, planteándose los objetivos:

1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la quema de una parcela y su efecto en la macrofauna del suelo en el centro poblado Los Ángeles, distrito de Mariano Dámaso Beraún - Región Huánuco

1.2. Objetivos específicos

- Evaluar las características físicas y químicas del suelo antes, después y post quema de la parcela.

- Evaluar el efecto de la quema en la biodiversidad de la macrofauna del suelo antes, después y post quema de la parcela.
- Evaluar la densidad y biomasa de la macrofauna del suelo antes y después de la quemade la parcela.
- Correlacionar las características físicas, químicas y macrofauna del suelo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

El desplazamiento del bosque con plantas herbáceas inflamables es una de las consecuencias ecológicas más negativas de los incendios en las selvas tropicales. Estos procesos se han observado en algunas partes de Indonesia y el Amazonas. Una vez que los densos bosques siempreverdes se convirtieron en bosques estériles llenos de un número reducido de especies de árboles y arbustos resistentes al fuego (Ramírez, 2013).

Pashanasi (2002) evaluó comunidades de macroinvertebrados del suelo en 22 sistemas de uso de suelo en las regiones de Yurimagua y Pucallpa. Durante la temporada de lluvias, se separaron manualmente 10 muestras cada una utilizando un sistema de 25 cm x 25 cm x 30 cm.

Los bosques primitivos prístinos e intactos son muy ricos en diversidad. Además, su densidad (382 a 853 individuos/m²) y biomasa (57,8 a 91,1 g peso fresco/m²) es bastante alta, dominada por oligoquetos, isópteros y miriápodos. La colonia estaba severamente diezmada con densidades de cultivo que oscilaban entre 362 y 574 plantas/m² y una biomasa que oscilaba entre 5,1 y 32,4 g de peso fresco/m².

La diversidad de pastos es baja. Su densidad de población varía de 654 a 1034 hab/m². Su elevada biomasa oscila entre 38,4 y 165,9 g peso fresco/m² debido a la colonización por el gusano *Pontoscolex corethrurus*. En Purma, la densidad de población varió de 334 a 838 hab/m², mientras que la biomasa varió de 4,2 a 102 g de masa fresca/m². Cabe señalar que en algunos casos la riqueza taxonómica fue mayor que la del bosque original.

Finalmente, los sistemas forestales cubiertos de leguminosas presentaron la mayor diversidad. Lo contrario ocurre en los sistemas de maleza bajo el bosque secundario. Como la mayoría de los animales del bosque están protegidos, su densidad de población oscila entre 557 y 2896 personas/m², mientras que la biomasa oscila entre 18,5 y 170,5 g de peso fresco/m². Además, el terreno perturbado está colonizado principalmente por especies oportunistas (miriápodos, oligoquetos e isópteros).

Brown et al. (2001) identificaron la diversidad y los roles funcionales de la macrofauna del suelo en los ecosistemas tropicales. Tomaron muestras de 127 comunidades de macrofauna del suelo en 37 sitios usando un método estándar (método del Programa de Fertilidad y Biología del Suelo Tropical TSBF). Seleccionaron nueve tipos de ecosistemas principales, principalmente pastizales, bosques y/o selvas, cultivos anuales, plantaciones de

cítricos y café. Los resultados preliminares muestran que las lombrices dominan en términos de biomasa y las hormigas en términos de densidad en la mayoría de los ecosistemas. Milpass y cocoteros tuvieron la biomasa total más baja (<15 g/m²) de todos los ecosistemas, los bosques por encima de 25 g/m², mientras que otros ecosistemas tuvieron una biomasa superior a 35 g/m². La densidad promedio que se encuentra en la caña de azúcar es cercana a los 3000 individuos/m², mientras que en otros ecosistemas la densidad no supera los 1600 individuos/m².

Se tomaron y analizaron muestras de suelo utilizando cinco cantos rodados a una profundidad del sistema de 25x25x30 cm en la zona de Hermilio Valdizan; los resultados conseguidos en diversos sistemas de suelo: cafetal con estructura de suelo arcilloso turbio, densidad aparente (0.9 g/cm³), resistividad (2.5 kg/cm²), pH ácido medio (5.58), contenido de materia orgánica medio (2.75%) y bajo contenido de nitrógeno (0,12%), P (2,21 ppm) y K (283,56 kg/ha). El suelo del bosque secundario tiene densidad aparente (1,1 g/cm³), estructura franca, flexibilidad (1,5 kg/cm²), pH moderadamente ácido (6,23), bajo contenido de materia orgánica (1,19%) y nitrógeno (0,07%). fósforo medio. (7,85 ppm) y potasio (351,14 kg/ha). La turba tiene textura franca, densidad aparente baja de 1,0 g/cm³, fuerza de compactación alta (2,9 kg/cm²), pH ácido fuerte (5,36), materia orgánica (1,97%) y contenido de nitrógeno (0,09%) bajo), fósforo promedio (7,94 ppm) y K (339,22 kg/ha). El suelo del campo de maíz tiene: estructura franco-limosa, densidad aparente baja (1,0 g/cm³), resistividad (1,7 kg/cm²), pH muy ácido (5,01), contenido medio de materia orgánica (2,15 %) y contenido de nitrógeno (0,10 %). bajo. niveles de fósforo (0,98 ppm) y K (209,36).

2.2. Marco teórico

2.2.1. El suelo

Caballero (2015) afirma que el suelo es la capa superior de la corteza terrestre donde crecen muchos organismos y vegetación. Formado como resultado de la descomposición de las rocas como resultado de los cambios repentinos de temperatura y la exposición a la humedad, el aire y los organismos vivos, se caracteriza por un rasgo nítido y reconocible de la silueta del horizonte.

La combinación de partículas sólidas y espacio poroso se denomina matriz del suelo y es un sistema trifásico que consta de sólido, líquido y gas; es muy importante porque interfiere con el ciclo del agua y el ciclo de los elementos, donde ocurren la mayoría de las transformaciones de energía y materia en todos los ecosistemas, el suelo debe ser considerado

un recurso no renovable, cada uno de los cuales es cada vez más escaso, ya que está sujeto a continuos procesos de degradación y destrucción, tanto naturales como artificiales.

2.2.2. Calidad del suelo

Jiménez y González (2006) mencionaron que la calidad del suelo es una herramienta ideal para determinar o entender qué tan degradado está un suelo en un momento dado y qué se debe hacer para que se desempeñe mejor, ya que brinda información física, química y biométrica.

A pesar de su importancia para la vida, la tierra no recibe la atención pública requerida. Su degradación amenaza seriamente el futuro de la humanidad. Por lo tanto, los científicos se enfrentan a un triple desafío de intensificación, cuidado y mejora de la calidad del suelo. Esto requiere un concepto sólido de la calidad del suelo y los indicadores de calidad o salud y su manejo sostenible. (Hünne Meyer et al., 1997).

En cuanto a la sostenibilidad, la definición de calidad del suelo debe incluir tres principios importantes: Productividad del suelo, que se refiere a la productividad del ecosistema o agroecosistema sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas, Calidad media, ya que el suelo reduce los contaminantes ambientales, Patógenos y cualquier capacidad de causar daño fuera del sistema, incluso por los servicios ecosistémicos que proporciona (reservas de carbono, mantenimiento de la biodiversidad, recarga de acuíferos, etc.), y la salud, que se refiere al suelo que produce salud para los seres humanos y otros seres vivos, y el poder de los alimentos nutritivos (Ramírez, 2013). Este método, propuesto por Dufrene y Legendre (1997), permite la identificación de especies “firma” en un hábitat dado. Como especies indicadoras, los autores consideraron aquellas que tienen igual importancia y son mayores a 70, es decir. valores de alta precisión y especificidad. Sin embargo, las especies con otras combinaciones de especificidad y confiabilidad también pueden ser útiles. Dado que la especificidad del hábitat es más resistente al cambio con el tiempo que la densidad, y que las especies se mueven más a menudo dentro de categorías de precisión que de especificidad, la abundancia y confiabilidad de las especies indicadoras disminuye rápidamente con el cambio ambiental. Esto la convierte en una especie frágil (alta especificidad) y baja precisión) que es difícil de muestrear (Syers y Springett, 1983).

2.2.3. Efectos del fuego en el suelo

Estudios en México mostraron que los cambios en el suelo inducidos por incendios fueron más pronunciados en la capa superficial (0-5 cm) debido a la disminución de

materia orgánica, carbono orgánico y nitrógeno total; por el contrario, el contenido de fósforo y el pH aumentaron, y estas variables fueron más pronunciadas en suelos más profundos (5–30 cm), donde la variación es mínima (Capulín et al., 2010).

Como resultado de los efectos del fuego, se cambiaron las propiedades químicas del suelo en el área de estudio, relacionadas con la profundidad y tiempo del incendio. Las concentraciones de Mg^{++} , Ca^+ , K^+ , pH y cationes orgánicos aumentaron con el tiempo después del incendio. Después de un incendio, las propiedades físicas del suelo cambian, dando como resultado un cambio en su composición estructural. (Valdés et al. 2016).

2.2.4. Características físicas del suelo

Para Sánchez (2007), las características son condiciones específicas que proporcionan al suelo propiedades como textura, estructura, color, composición mineral, densidad aparente y densidad real; mientras que las propiedades se refieren al comportamiento del suelo resultante de sus propiedades, como la capacidad de retención de humedad, el coeficiente hidráulico, la permeabilidad al aire, la porosidad, la permeabilidad, etc.

2.2.4.1. Textura del suelo

Se refiere a la proporción de arena, limo y arcilla expresada en porcentaje. En la fracción mineral del suelo, solo las partículas con un diámetro menor a 2 mm tienen importancia pedológica (Sánchez, 2007).

La estructura del suelo depende de la cantidad de arena, limo y arcilla en el suelo. Cuantas más pequeñas son las partículas, más arcillosa es la textura, cuanto más grande, más cerca de la arena. (Zavaleta, 1992).

$$\% \text{ ARENA} + \% \text{ LIMO} + \% \text{ ARCILLA} = 100\%$$

- **Textura Arenosa**

El suelo del que está compuesto no es cohesivo y forma solo gránulos simples. Las partículas individuales se pueden ver y sentir fácilmente al tacto. Cuando se corta en seco, es fácil de liberar una vez liberado. Cuando se presiona húmedo, forma un molde que se desmorona al tacto.

- **Textura Franco arenosa**

Consiste en un suelo que contiene mucha arena, pero también limo y arcilla, que hacen que sus partículas sean más compatibles. Los granos de arena son visibles a simple vista y se sienten fácilmente al tacto. Presionar en seco crea una forma que se rompe fácilmente, pero presionar en húmedo mantiene su forma si se maneja con cuidado.

- **Textura Franca**

Esto crea un suelo que es una mezcla relativamente homogénea de tres fracciones texturales en términos de calidad. Es blanda o quebradiza, dando un tacto áspero, y blanda y ligeramente plástica. Cuando se extruye en seco, el molde conservará su integridad si se manipula con cuidado, mientras que cuando está mojado, el molde se puede manipular libremente sin romperse.

- **Textura Franco limosa**

Consiste en un suelo con partículas de arena medianas a finas, solo una pequeña cantidad de arcilla, y más de la mitad de las partículas son de un tamaño conocido como limo.

Tienen una apariencia grumosa cuando se secan, pero los grumos se rompen fácilmente. Cuando se muele este material, se sentirá una cierta suavidad y se verá como polvo. Ya sea que estén secos o húmedos, mantienen su forma cuando se mueven libremente, pero cuando se aprietan entre el pulgar y el dedo no forman una sola "banda".

- **Textura Franco arcillosa**

Consiste en un suelo de textura fina que generalmente se rompe en nódulos duros cuando se seca. Cuando se presiona con el pulgar y los dedos, la tierra forma una banda cuando está húmeda, que se rompe fácilmente por su propio peso. La tierra húmeda es plástica y crea moho que requiere mucho manejo. Cuando se amasa a mano, se desmorona menos, pero tiende a formar una masa densa.

- **Textura Arcillosa**

Forma un suelo de textura fina que generalmente forma un terrón firme cuando está seco, pero es muy maleable cuando está húmedo. Presionar la tierra húmeda entre el pulgar y otros dedos crea una tira larga y suave.

Tabla 1. Tamaño de las partículas del suelo

Tamaño de las partículas del suelo	
Nombre del componente	Diámetro (mm)
Arena muy fina	2.00 – 1.00
Arena gruesa	1.00 – 0.50
Arena media	0.50 – 0.10
Arena fina	0.25 – 0.10
Arena muy fina	0.10 - 0.05
Limo	0.05 – 0.002
Arcilla	menos de 0.002

Fuente: laboratorio de análisis de suelos de la UNAS

2.2.4.2. Clase textural

El suelo es siempre el resultado de la mezcla de esas partes. La calidad de la textura se basa en diversas combinaciones de arena, limo y arcilla, por lo que las combinaciones son casi ilimitadas. Sin embargo, solo se han creado 12 clases texturales básicas, dispuestas en orden creciente de fracción de grano fino y relacionadas con los suelos denominan (Zavaleta, 1992).

Tabla 2. Agrupamiento general de las clases texturales

Grupos y clases texturales	Clases Texturales
Ligeros	Arena
	Arena franca
Mediano	Franco arenoso
	Franco arenosoFranco
	limoso
	Limo
Pesado	Franco arcilloso
	Franco arcillo limoso
	Franco arcillo arenoso
Muy pesado	Arcillo arenoso
	Arcillo limoso
	Arcilloso

Fuente: laboratorio de análisis de suelos de la UNAS

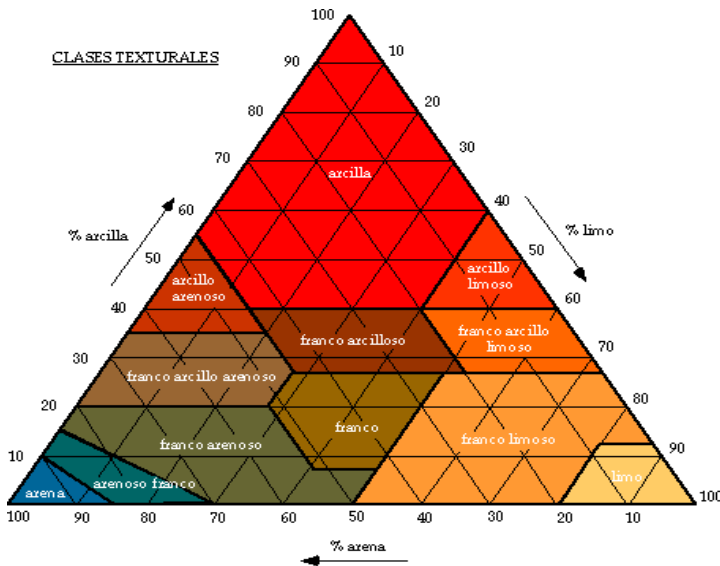
Las combinaciones de arena, limo y arcilla normalmente se describen de las siguientes maneras:

- **textura fina;** suelos formados por partículas de arcilla
- **textura media;** suelos de naturaleza limosa
- **textura gruesa;** suelos con alto contenido de arena

2.2.4.3. Triangulo textural

Los triángulos texturizados son utilizados por aquellos que necesitan interpretar los resultados del análisis de suelos en laboratorio. El triángulo utilizado fue desarrollado por el USDA. La Figura 1 muestra que el lado izquierdo representa el porcentaje de arcilla de 0 a 100 %, el lado derecho representa el limo de 0 a 100 %, el lado inferior es arena de 0 a 100 % y las categorías texturales están definidas por tres combinaciones número de puntos. Si la combinación de puntos cae dentro de los límites de la clase de textura: la designación corresponde a la clase de textura de mayor calidad (Zavaleta, 1992)

Figura 1. Triangulo textural del USDA



2.2.4.4. Densidad aparente del suelo

Depende del grado de soltura o porosidad del suelo, que es un valor muy variable y depende también de la textura, el contenido de materia orgánica y la estructura (Sánchez, 2007). Para Valdez (2016), la densidad aparente del suelo representa el peso por unidad de volumen de suelo seco con estructura natural. Vargas y Valdivia (2005), por otro lado, la densidad aparente es una propiedad íntimamente relacionada con la compactación, la

porosidad, la circulación de agua y aire en el suelo, por lo que tiene gran importancia en el desarrollo de los cultivos. También se define como el nexo entre la masa de suelo secado al horno y el volumen total, que incluye el volumen de partículas y el espacio poroso entre partículas. En suelos arenosos y arcillosos, las partículas minerales están presentes en densidades de < 1,0 a > 1,7 g/cm³; 1,0 a 1,5 g/cm³ en arcilla y 1,5 a 1,7 g/cm³ en marga (USDA, 1999).

La densidad aparente de la superficie se puede utilizar como indicador de la compactación y la limitación del desarrollo de las raíces. La densidad típica del suelo oscila entre 1,0 y 1,7 g/cm³ y generalmente aumenta con la profundidad del perfil (Acevedo y Martínez, 2003). Por lo tanto, Doran y Parkin (1996) argumentan que la densidad aparente se puede utilizar como un indicador de la limitación relativa de la compactación del suelo y el desarrollo de las raíces. La Tabla 3 muestra el rango interpretado de densidad aparente y verdadera según el grupo de textura.

Tabla 3. Da y Dr de los suelos de acuerdo con su grupo textural

Grupo textural	g/cm ³	
	Da	Dr
Bouyoucos		
Franco arenoso	1.35 - 1.44	2.53 - 2.63
Franco	1.34 - 1.50	2.56 - 2.66
Limoso	1.35 - 1.49	2.45 - 2.65
Franco limoso	1.24 - 1.54	2.49 - 2.58
Franco arcilloso	1.35 - 1.49	1.74 - 2.78
Arenoso	1.34 - 1.49	2.58 - 2.66
Arcillo limoso	1.24 - 1.46	2.49 - 2.59
Arcilla	1.18 - 1.34	2.54 - 2.64

Fuente: SOIL SURVEY STAFF, (1993).

Tabla 4. Relación textura/densidad aparente y porosidad del suelo

Clase textural	Da g/cm ³	% Porosidad
Arenoso	1.6 - 1.8	30 - 35
Franco Arenoso	1.4 - 1.3	35 - 40
Franco	1.3 - 1.4	40 - 45
Franco Limoso	1.2 - 1.3	45 - 50
Arcilloso	1.0 - 1.2	50 - 60

Fuente: SOIL SURVEY STAFF, (1993)

En consecuencia, DR es un valor estable (siempre que el volumen del sólido no se pueda cambiar), mientras que DA es más variable (debido a la inestabilidad y soltura del suelo). Por lo tanto, el suelo que estuvo recientemente listo para la siembra tendrá un valor de DA más bajo, y de manera similar, el mismo suelo después de la cosecha tendrá un valor de DA más alto, especialmente si ha sido trabajado con maquinaria pesada.

2.2.5. Características químicas del suelo

Incluyen el contenido de macro y micronutrientes, el pH y la CIC. El equilibrio entre estos tres factores puede proporcionar un sustrato adecuado para el crecimiento del cultivo (Ramírez, 2013). Por otro lado, Jaramillo (2002) menciona que la fertilidad química determina el estado fisicoquímico del ambiente y la importancia de las reservas y la disponibilidad de elementos asimilables. Aspectos descritos por pH, potencial redox, capacidad de intercambio, contenido de macro y micronutrientes, etc. Físicamente, el suelo debe mantener suficientes reservas de nutrientes en un estado disponible para las plantas y satisfacer las demandas del entorno microbiano sin pérdidas.

2.2.5.1. Reacción del suelo (pH)

Como medio de crecimiento de las plantas, la reacción del suelo es quizás la característica química primordial del suelo expresado en pH. Es una propiedad que afecta indirectamente las fases químicas, la disponibilidad de nutrientes, las fases biológicas y la actividad microbiana. (Sánchez, 2007).

Tabla 5. Niveles de pH en el suelo

Interpretación	Rango
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).

2.2.5.2. Materia orgánica

Está formada por compuestos de origen biológico que se encuentran en el suelo, y los residuos vegetales también son la principal fuente de materia orgánica del suelo. (Fassbender, 1975). Las sustancias orgánicas en el suelo son productos de la descomposición química de excrementos animales y microbianos, residuos vegetales o sus productos de descomposición post mortem. Proporciona energía y alimento para los organismos del suelo y también es materia prima para la formación de coloides orgánicos. (Jaramillo, 2002).

El producto de esta transformación es una mezcla compleja de sustancias coloidales y amorfas de color negro o marrón oscuro, comúnmente conocidas como humus. El humus constituye alrededor del 65% al 75% de la materia orgánica en el suelo mineral. Los suelos minerales, definidos como suelos con menos del 20% de materia orgánica, cubren el 95% de la superficie terrestre del mundo. El suelo con un alto contenido de materia orgánica se llama suelo orgánico. El contenido promedio de materia orgánica de los suelos cultivados es de 1% a 6% (Brady, 1984).

También (Zavaleta, 1992) plantea que la buena estructura del suelo requiere de la materia orgánica, los suelos de consistencia demasiado suelta (suelos arenosos) se pueden mejorar con materia orgánica (compost), de igual forma los suelos arcillosos se pueden mejorar con materia orgánica.

Tabla 6. Intervalos de materia orgánica en el suelo

Nivel	Rango (%)
Bajo	< 2
Medio	2 a 4
Alto	>4

Fuente: Soil Survey Staff, (1993).

2.2.5.3. Nitrógeno del suelo

Muchos suelos son bajos en nitrógeno debido a su dinámica y ciclos biogeoquímicos. El nitrógeno puede ingresar al suelo como resultado de la materia orgánica (abono orgánico (estiércol) y residuos de cultivos) y la fijación bacteriana en la atmósfera (Sánchez, 1981). Las condiciones climáticas afectan significativamente el contenido de N del suelo, disminuyendo con el aumento de la temperatura y aumentando con el aumento de la humedad. Las pérdidas de nitrógeno más importantes son: producción de cultivos, lixiviación, volatilización, desnitrificación y fijación de amoníaco. (Navarro, 2003).

Tabla 7. Niveles de contenido de nitrógeno

Nivel	Rango (%)
Bajo	Menor de 0.1
Medio	0.1 – 0.2
Alto	Mayor de 0.2

Fuente: Soil Survey Staff, (1993).

2.2.5.4. Fósforo disponible del suelo

Se divide en P inorgánico, que resulta de la meteorización de las rocas originales, y fósforo orgánico, que está presente en el humus y la materia orgánica. La cantidad de P total en el suelo (expresado como P₂O₅) rara vez supera un valor de 7 ppm. La mayor parte del P del suelo no está disponible para las plantas porque es muy insoluble; para ser asimilado, debe estar presente en la solución del suelo como H₂PO₄⁻ o HPO₄⁼. Asimismo, la asimilación del P por las plantas es normal a pH bajo, es decir, cuando la solución del suelo es significativamente ácida, ya que la forma HPO₄⁼ es la más asimilable (Navarro, 2003). Aunque Sánchez (1981) menciona que el contenido de este elemento está relacionado con el contenido de materia orgánica y la estructura del suelo, el contenido promedio es de 180 mg/kg. Sin embargo, este elemento tiene problemas de fijación en el

suelo.

Tabla 8. Niveles de contenido de fósforo disponible

Nivel	Fósforo (ppm)
Bajo	Menor de 7
Medio	7 – 14
Alto	Mayor de 14

Fuente: Soil Survey Staff, (1993).

2.2.5.5. Potasio disponible del suelo

Se produce por la descomposición y rotura de rocas con minerales potásicos en su interior, a los que hay que adicionar elementos procedentes de la descomposición de restos vegetales y animales. El contenido de K en el suelo es relativamente alto. Su contenido en K_2O depende de su textura. El K es un nutriente importante para todos los organismos vivos. Las plantas requieren grandes cantidades de este nutriente para cumplir con sus requerimientos de N. El K juega un papel necesario en la activación de varias enzimas y afecta el equilibrio hídrico y el crecimiento de los meristemas; también forma parte las fases metabólicas que contribuyen al crecimiento vegetativo, la formación de frutos, la maduración y la calidad de los frutos. Sin embargo, cabe señalar que estos cambios en el contenido de potasio se ven afectados por la intensidad de las pérdidas: cosecha, lixiviación y erosión. (Navarro, 2003).

Es un nutriente importante para todos los organismos vivos. Las plantas requieren grandes cantidades de este nutriente para cumplir con sus requerimientos de N. El K juega un papel necesario en la activación de muchas enzimas (se sabe que este catión activa más de 60), que son importantes en varias fases metabólicas, como la fotosíntesis, la síntesis de proteínas y carbohidratos; también promueve el equilibrio hídrico y afecta el desarrollo de meristemas (Guerrero, 2000).

Tabla 9. Niveles de contenido de potasio disponible (K_2O).

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

Fuente: SOIL SURVEY STAFF, (1993).

2.2.5.6. Capacidad de intercambio catiónico

La CIC es la suma de todos los cationes intercambiados (H^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , etc.) que componen la CTC del suelo. Los suelos con mayor CIC tienen amplio almacenamiento y nutrientes para los cultivos (Guerrero, 2000). La CIC requiere de la estructura del suelo y del contenido de materia orgánica. En general, cuanto más arcilla y materia orgánica hay en el suelo, mayor es la capacidad de intercambio. El contenido de arcilla es necesario porque estas micropartículas tienen un alto área superficial/volumen. Diversas formas de arcilla tienen distintos valores de CIC. (Ferrerías et al., 2007).

La CIC es una de las propiedades más importantes del suelo y los cationes intercambiables afectan la estructura del suelo y su formación, la actividad biológica, el estado del vapor de agua y los procesos genéticos. El calcio suele ser el más abundante, mientras que la cantidad de otros elementos varía según las condiciones del suelo. El intercambio de cationes en el suelo está influenciado por: cationes en la solución del suelo y cationes en la superficie de minerales y coloides orgánicos (Lavelle et al, 1997).

- Factores de CIC

Los factores que determinan la CIC del suelo incluyen:

- Tamaño de partícula, cuanto más pequeña es la partícula, más probable es que cambie.
- Tipo de catión intercambiable (monovalente, divalente)
- pH, el suelo ácido está dominado por H^+ , Al^{+++} , el suelo alcalino es básico, principalmente Na^+ , el suelo neutro es principalmente Ca^{++} (Zavaleta, 1992)

- Importancia de la CIC

- Controla la disponibilidad de nutrientes para las plantas: Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , entre otros.
- Define la función del suelo como depurador natural al facilitar el almacenamiento de elementos contaminantes incorporados al suelo
- Intervienen en el proceso de floculación – dispersión de arcilla y por consiguiente en la evolución de la estructura y estabilidad de los agregados (Ferrerías et al., 2007).

Tabla 10. Capacidad de intercambio catiónico para un pH >5.5

NIVELES DE CIC ≥ 5.5	
NIVEL	CIC (meq/ 100 g de suelo)
Bajo	< 12
Medio	12 – 20
Alto	>20

Fuente de laboratorio de análisis de suelo de la Unas.

Tabla 11. Capacidad de intercambio catiónico para un pH < 5.5.

NIVELES DE CIC ≤ 5.5	
NIVEL	CIC (meq/ 100 g de suelo)
Bajo	<4
Medio	4 - 30
Alto	>30

Fuente: laboratorio de análisis de suelos de la Unas

2.2.6. Macrofauna del suelo

Zerbino (2005) señaló que este grupo está formado por animales de más de 2 mm de ancho corporal, pertenecientes a diferentes tribus, clases y órdenes, y que operan en una escala temporal y espacial mayor que los individuos más pequeños. La mayoría de ellos se caracterizan por largos ciclos de vida, bajas tasas de reproducción, movimientos lentos y poca capacidad de dispersión. Con su actividad física, mezclando el mantillo con el suelo, construyendo estructuras y corredores, agregando y metabolizando el suelo, participan en muchos procesos, descomponiendo partículas, estimulando la actividad de los microbios, interfiriendo con la circulación de sustancias orgánicas y nutrientes.

2.2.6.1. Macrofauna edáfica mundial

A finales de 2000, se tomaron más de 560 muestras en todo el mundo utilizando el método del Programa de Fertilidad y Biología de Suelos Tropicales (TSBF) (Fragoso y Brown, 2000). Sin embargo, hasta la fecha solo se ha publicado una descripción global de 73 megafauna de 29 sitios (Lavelle et al., 2017). 1997) mostrando biomasa y densidad. La actividad, composición y cantidad de los diferentes organismos en el suelo varían, principalmente dependiendo del tipo de cubierta vegetal (Quaiser, 2002).

La macrofauna está compuesta principalmente por tres taxones principales: lombrices, termitas y artrópodos epífitos. Las fortalezas de cada grupo varían

según el ecosistema, manejo del suelo y la región. La biomasa de lombrices y termitas dominó en la mayoría de los casos, aunque las termitas fueron más importantes en los ecosistemas, bosques y sabanas de África y Australia, y en las regiones más secas. Las lombrices de tierra fueron más abundantes en los ecosistemas más húmedos y los pastizales, mientras que los artrópodos epífitos dependientes de la hojarasca se acumulan en los bosques y los pastizales. (Lavelle et al., 1997).



Figura 2. La interacción entre las plantas y la fauna del suelo

Por otro lado, Ruíz (2008) menciona una gran variabilidad de la macrofauna dependiendo de la composición del suelo, refiriéndose a la cantidad y tipo de nutrientes, humedad, aireación, temperatura, pH, interacciones, presencia de raíces y prácticas agrícolas, etc. Otros que dan como resultado grandes diferencias en la densidad y diversidad de la población.

2.2.6.2.Importancia de los indicadores

La elección de indicadores de la sostenibilidad de los ecosistemas que permitan un análisis exhaustivo no está exenta de dificultades. Las mediciones integrales no deben basarse en la presencia o inventario de una especie, sino en el conocimiento de su posición sucesiva en el ecosistema para caracterizarla (LOK, 2010). Estos indicadores son los mismos que los definidos como "ambientales", pero con el valor agregado de que tienden a identificar y monitorear la sustentabilidad de las relaciones hombre-naturaleza. Para ello,

pueden monitorear y evaluar la evolución de su valor a lo largo del tiempo, utilizando diversos parámetros comparativos y de contraste, tales como: la capacidad de carga de los ecosistemas, la capacidad de dilución de los caudales de agua o las normas o valores nacionales o nacionales fijados a nivel internacional. , como una referencia válida para un "posible uso futuro". (Suárez, 2003).

2.2.7. Indicadores de medición de la fauna artrópoda del suelo

2.2.7.1. Diversidad de especies

También llamada abundancia específica, cuantifica el número total de especies dentro de un área. En resumen, este indicador ayuda a obtener un enfoque holístico de los recursos animales locales. (Upstream Pluspetrol, 2006).

2.2.7.2. Abundancia

La proporción de individuos de una determinada especie en relación con el número total de individuos de la comunidad. Corresponde al número de ejemplares de cada especie identificada. En la literatura anexada con la investigación de vida silvestre (Naranjo, 2016).

- Densidad

Cantidad de personas de la población por unidad de superficie. La densidad de población indica el número de personas de una especie en una unidad funcional. (Naranjo, 2016).

- Frecuencia absoluta y relativa

En este caso, la frecuencia absoluta será el número total de registros de la especie en cada unidad de muestra, mientras que la frecuencia relativa será la relación entre el número absoluto de registros de la especie y el número total de registros de todas las especies (su valor se expresa como un porcentaje). (Naranjo, 2016).

- Cobertura relativa o absoluta

Se utiliza para medir la abundancia de una especie cuando la determinación de la densidad es muy difícil, pero la cobertura se utiliza principalmente para determinar la dominancia de una especie o forma de vida, expresada como valor absoluto o porcentaje (Mostacedo, 2000).

2.2.8. Recursos de la diversidad biológica

Una variedad de causas naturales o antropogénicas pueden conducir a una disminución en la diversidad de ciertos taxones, la disminución de grupos, especies y, a veces, la extinción, que puede incluir grupos completos. La biodiversidad es definida como la diversidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluyendo los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos, y los complejos ecológicos a los que pertenecen. Este término incluye la diversidad dentro de las especies (diversidad genética), entre especies y entre ecosistemas (UNEP, 1992).

Tabla 12. Relación jerárquica de diferentes escalas de diversidad.

Tipos de diversidad	Métodos de medición
: Riqueza de especies dentro de la comunidad local	Índices de diversidad y riqueza específica
recambio de especies a lo largo de un gradiente ambiental o geográfico.	Curvas especies – área; Gamma/Alfa
: Riqueza específica de una región o continente.	Riqueza específica

Fuente: UDC (2010).

- Índice de Simpson

A medida que el valor del índice disminuye, la diversidad aumenta en contraste con un valor máximo de 1. El valor del índice es sensible a la presencia de una o dos de las especies más comunes en la comunidad y puede considerarse como una medida de concentración principal (UDC. 2010).

- Índice de Shannon & Wiener

En varios casos no es posible contar e reconocer a todos en la zona de análisis. En tales casos, es necesario seleccionar aleatoriamente seres de todas las poblaciones de las especies existentes. El índice de Shannon y Wiener mide el grado medio de incertidumbre en la predicción de la especie que pertenece a un determinado individuo seleccionado al azar de una población. (UDC. 2010).

- Índice de equidad

El concepto del componente de doble diversidad combina las

características de la distribución de individuos de diferentes especies. Este factor, llamado "equidad", fue independiente de la riqueza de especies. La máxima diversidad posible ocurre para una especie en particular cuando todas las especies se encuentren presentes en igual número. El valor máximo de igualdad es igual a 1, lo que indica que la probabilidad de ocurrencia de la especie en el espacio de estudio es igual a la máxima probabilidad teórica de esa especie. (UDC. 2010).

2.2.9. Quema de bosques

Se considera proceso de deforestación el que resulta de cualquier bosque o matorral natural o plantado, entre otras, por las siguientes razones:

- Tala y quema de bosques para uso ilegal para otros usos no sostenibles.
- Tala ilegal para extracción de madera, producción de leña y carbón.
- Uso excesivo del bosque con relación a la capacidad de producción permitida del bosque.
- Incendio forestal.

Nuestro ecosistema amazónico se ve afectado por diversos factores, uno de los cuales es el fuego, el cual ocasiona variación a diferentes niveles (ecológico, social, político y económico) en un corto período de tiempo, durante el cual afecta grandes extensiones de tierra, resultando en la pérdida de la diversidad económica y biológica y, a veces, incluso se pierden vidas humanas. Sin embargo, cabe señalar que no toda la actividad del fuego en la vegetación es la misma y, por lo tanto, no tiene necesariamente el mismo efecto o incluso un efecto beneficioso sobre los ecosistemas. (Williams et al., 1994).

2.2.10. Efectos de los incendios sobre el ecosistema

Los incendios forestales tienen un gran impacto en la biodiversidad. A nivel mundial, son una fuente importante de emisiones de carbono que contribuyen al calentamiento global, lo que puede alterar la biodiversidad. A nivel regional y local, alteran la biomasa, alteran el ciclo hidrológico, lo que afecta los sistemas marinos como los arrecifes de coral y afecta el comportamiento de las especies de plantas y animales. El humo del fuego reducirá significativamente la fotosíntesis y pondrá en peligro la salud humana y animal (FAO, 2002).

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Lugar de ejecución

El área de estudio se ubica políticamente en el departamento de Huánuco, provincia de Leoncio Prado, distrito de Mariano Dámaso Beraún, se realizó en el predio del Sr. Marzano Alarcon, Jheyson, con un área de 2 ha comprendidos entre purmas, macorilla (*Pteridium aquilinum*) y plátano (*Musa sp*).

3.1.1. Ubicación geográfica

Las coordenadas UTM de la zona de trabajo se muestran en la tabla 13, con una altitud de 790 msnm en el centro poblado Los Ángeles del distrito de Mariano Dámaso-Beraún.

Tabla 13. Coordenadas UTM de los vértices del predio

Vértices del predio	Este	Norte
1	0394946 E	8972610 N
2	0394968 E	8972515 N
3	0394871 E	8972491 N
4	0394846 E	8972588 N

3.1.2. Clima

El clima de la zona se caracteriza por un clima tropical con una temperatura media anual de 28°C, una máxima de 31,1°C en septiembre, una temperatura mínima de unos 19,7°C, una humedad relativa del 80,5% y una precipitación media anual de 3400mm.

3.1.3. Zonas de vida

Ubicación ecológica Según la clasificación mundial de zonas de vida o flora y el mapa bioclimático de Holdrige (1987), el área de estudio se ubica en bosque húmedo-tropical premontano (bmh-PT).

3.1.4. Suelo

El suelo presenta una textura franca a franco arcilloso, con un pH fuertemente ácida, con niveles de materia orgánica, N, P y K bajo.

3.1.5. Fisiografía

Fisiográficamente el área donde se realizó el estudio es variada presentando desde una terraza media plana, colina ondulada y montañas.

3.1.6. Hidrografía

La hidrografía del lugar en general presenta varias quebradas y riachuelos, siendo la fuente principal el río Sábalo cuyas aguas desembocan al río rondós quien es tributario del río Monzón y este a su vez es tributario del río Huallaga.

3.1.7. Accesibilidad

Es por vía terrestre Tingo María con destino al centro poblado de Monzón, por una carretera asfaltada desde Tingo María hasta pasando por el centro poblado de Bella, hasta llegar antes del puente rondós se dobla a la margen derecha para llegar al caserío de monterrey, de acá siguiendo a través de un camino de herradura se llega hasta el centro poblado Los Ángeles, con una distancia aproximada de veinte (20) kilómetros.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales

Se utilizaron libreta de campo, lapicero, papel bond, papel bulqui, wincha de 50 m, fichas de campo, bolsas plásticas de 1 y 2 kg, cuadrado y cilindro muestreador, machete, pala recta, lupa, papel secante, Alcohol 96%, formol, algodón y agua destilada.

3.2.2. Equipos

Termómetro de suelo, penetrómetro, cámara fotográfica, GPS, balanza de precisión, estufa, peachímetro y estereoscopio, mortero y pilón.

3.3. Tipo y nivel de investigación

3.3.1. Tipo de la investigación

Descriptivo, correlacional - causal

3.3.2. Nivel de la investigación

Es de tipo probabilístico ya que se realizaron tres muestreos (antes, después y post quema) de la parcela para conseguir información representativa.

3.4. Método y diseño de la investigación

3.4.1. Método de la investigación

Descriptivo – comparativo y explicativo

El estudio es descriptivo-comparativo, explicativo en que se describe y compara la macrofauna presente en el suelo por efecto de quemas o sistemas antes, durante y después, y es explicativo en que explica la relación causal entre independientes y variables dependientes.

3.4.2. Diseño de la investigación

El diseño empleado fue transversal (Hernández et al., 2006).

Es transversal ya que los datos fueron recolectados en tres puntos o períodos, con muestreo y análisis de suelo, evaluación de compactación, densidad aparente y macrofauna durante un período de seis meses.

3.5. Metodología

Para la investigación se desarrolló la siguiente metodología relacionada a los objetivos específicos:

3.5.1. Evaluar las características físicas y químicas del suelo antes, después y post quema de la parcela

- Reconocimiento de la parcela en estudio

Se recorrió brevemente por toda la parcela y con el GPS se tomó puntos de referencia de los vértices del predio para determinar el área. El área de la parcela en la que se realizó la investigación estuvo cubierta con una biomasa de macorilla (*Pteridium aquilinum*) y plátano (*Musa sp*).

- **Muestreo de suelos**

Los suelos fueron muestreados antes, después y post quema de la parcela, con la ayuda de una pala recta comprendida dentro de los diez, veinte y treinta centímetros de profundidad (10, 20 y 30 cm). La metodología que se consideró para la ubicación de los puntos de muestreo fue por el método recomendado por TSBF señalado por Anderson e Ingram (1993), indicado por Vargas y Valdivia (2005), las muestras de suelos se depositaron en un papel periódico con la finalidad de que se secaran en un ambiente bajo sombra, posteriormente se llevaron al Laboratorio de Suelos de la UNAS, para su respectivo análisis (Tabla 14).

- **Metodología para determinar las variables en estudio**

- **Densidad aparente**

Ubique el lugar de muestreo y tome una zona de 40 x 40 cm de cada lado, seguido inserte el cilindro de metal horizontalmente en el perfil de la superficie hasta cubrir todo el suelo; luego se saca un cilindro con una muestra de suelo, se enraíza con un cuchillo y se lleva al laboratorio. Luego se registran las medidas, el peso del cilindro y el peso del suelo fresco; coloque la muestra de suelo con el cilindro en un horno a 105 °C durante 72 horas y registre el peso seco del suelo utilizando la siguiente fórmula.

$$\text{Densidad aparente } \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right) = \frac{\text{Peso del suelo seco}}{\text{Volumen del suelo}} \dots\dots\dots (1)$$

- **Resistencia a la penetración del suelo**

Se ubicaron los puntos de muestreo y se introdujo el penetrómetro en dirección horizontal al perfil del suelo y luego se registraron los datos.

- **Textura y parámetros químicos del suelo**

La textura y parámetros químicos del se analizaron en el Laboratorio de Suelos de la UNAS, adscrito a la Facultad de Agronomía, teniendo en cuenta los parámetros físicos y químicos tal como se indica en el (Tabla 14).

- **Preparación de la parcela**

Se realizó mediante una limpieza del terreno con la ayuda de algunos campesinos de la zona, delimitado, picando en trozos pequeños la maleza “picacheado” y

dejándolo secar por espacio de un mes.

- **Quema de la parcela**

Para desarrollar esta actividad se consideró un área de terreno de 10 000 m². Una vez secado el área de terreno se procedió a realizar la quema de la parte baja del terreno a las 12 del mediodía con un cielo despejado, con la ayuda de un combustible líquido para su inicio y aprovechando la presencia del viento para la incineración total de la vegetación existente

- **Diseño de los bloques**

De un área de 10 000 m², se dividieron en tres subparcelas de 3 333.3 m² c/u. y las muestras fueron tomadas en zig zag. Se muestra un flujograma en la Figura 3, de la evaluación de suelo y macrofauna, el tiempo de espera después de cada evento. La primera recopilación de datos se basó en las propiedades del suelo de referencia (mes n), mientras que las otras dos evaluaciones se realizaron posterior a cada práctica de uso.

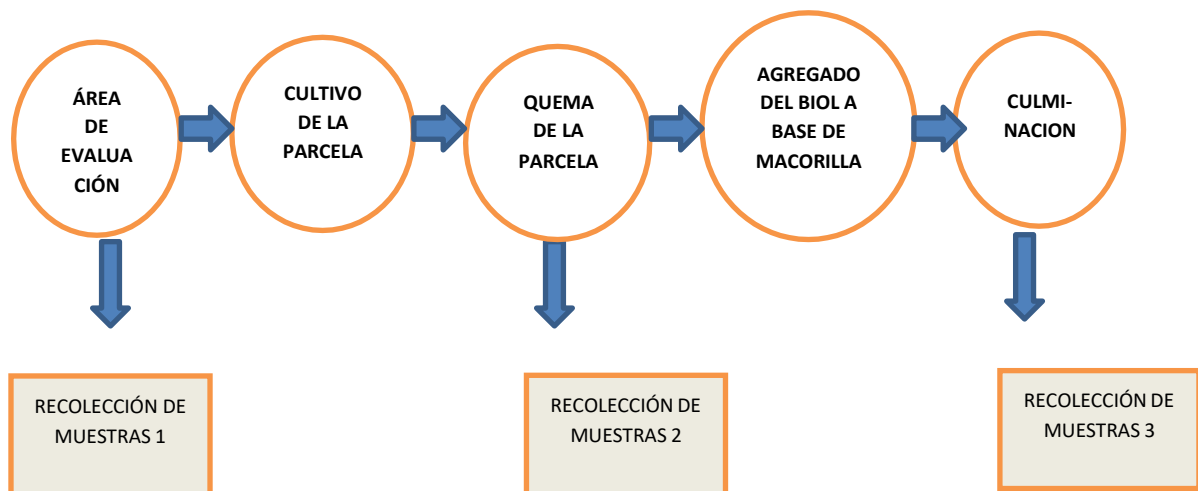


Figura 3. Flujograma de evaluación del área en estudio.

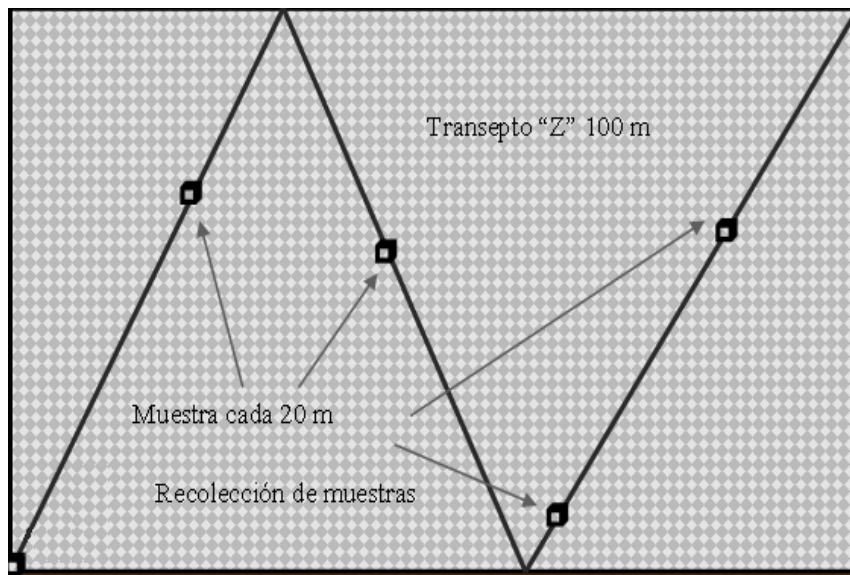
3.5.2. Evaluar el efecto de la quema en la biodiversidad de la macrofauna del suelo antes, después y post quema de la parcela

- **Muestreo de la macrofauna del suelo**

El método usado es el de Vargas y Valdivia (2005), donde los sitios de muestreo se determinan mediante un plan de muestreo sistemático para el cual se proporcionan transectos en

forma de «zeta» en el campo de evaluación en cada nivel de estudio (Figura 4).

Figura 4. Técnica de muestreo (Fuente: Pashanasi, 2002).



Parecido al método anterior para evaluar la diversidad de macrofauna del suelo, cinco (05) muestras por tratamiento recolectadas a diversos niveles de profundidad (0-10 cm), (10-20 cm) y (20-30 cm) cm, de 25 cm x 25 cm. monolito cuadrado de cm x 10 cm, Programa de Fertilidad y Biología de Suelos Tropicales - método recomendado por TSBF.

- **Colección de especies de macrofauna del suelo**

Una vez extraída toda la roca, el suelo o muestras de suelo de cada capa se separan y las especies encontradas se colocan en botellas y recipientes herméticamente cerrados con alcohol de 70° y se cuentan y codifican individualmente, facilitando su traslado al laboratorio para su análisis en cada etapa de evaluación.

- **Identificación y conteo de la macrofauna del suelo**

En el laboratorio de Entomología de la UNAS, utilizando descriptores entomológicos y con apoyo de los profesionales, los insectos e individuos se agrupan en categorías taxonómicas, como en estadística, y por taxonomía se determina el número de especies encontradas por estratos y sistemas. Unidades de bosques identificados (clases y órdenes). En el caso del orden Hymenóptera e Isóptera se utilizaron contadores digitales. La unidad de densidad es individuo/m², la unidad de biomasa son gramos de peso fresco/m², (Figura 5).

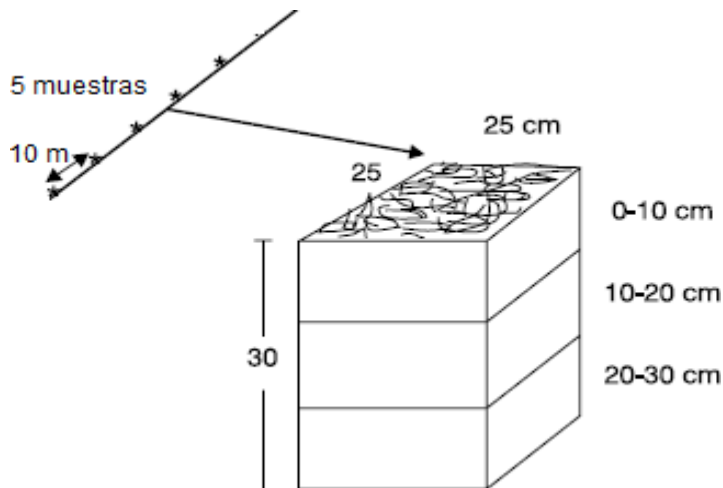


Figura 5. Esquema metodológico del plan de muestreo a diferentes profundidades.

- **Metodología de conteo y estructura de la comunidad del suelo**

La macrofauna del suelo se contó en la zona y se almacenó en alcohol al 80% para insectos resistentes y en formol al 4% a 10% para insectos y larvas no resistentes. La biomasa (g/m²) y la densidad (individuos/m²) de todos los macroinvertebrados se cuantificaron utilizando un estereoscopio y una balanza de precisión. Los valores de biomasa se multiplicaron por correcciones por pérdida de peso durante la fijación de alcohol y formaldehído (19% para lombrices de tierra, 9% para hormigas, 11% para escarabajos, 6% para arañas y 13% para otros macroinvertebrados) (Decaens et al., 2001).

Utilice la clave de identificación para identificar taxones, cuente el número de individuos por taxón para cada conjunto, sume el número total de individuos por taxón y el porcentaje o densidad relativa promedio de cada taxón en los tres sistemas de plantación.

Se registran los porcentajes de parcelas sobrantes.

Una forma de definir la biomasa de macrofauna en diversas etapas de evaluación.

$$DRM = \text{densidad relativa por monolito} = \frac{\text{sumatoria de monolitos}}{\text{total de monolitos}}$$

$$\% \text{ frecuencia} = \frac{\text{sumatoria de densidades}}{\text{numero de unidades taxonomicas}}$$

3.5.3. Evaluar la densidad y biomasa de la macrofauna del suelo antes, después y post quema de la parcela

- **Densidad de macrofauna**

Ya que cada muestra utiliza un cuadrado de 25 cm de lado, que es 1/16 m², la información de cada lugar de muestra se multiplica por 16 para conseguir el número de especímenes por unidad m² (ind/m²) y con la información obtenida se definió alta densidad animal por el método de (Correa, 2011).

Se utilizó la fórmula empleada por Cotrina (2011):

$$D = N / \dots\dots\dots(5)$$

Dónde:

N = Es el número de individuos y

A = El área.

- **Biomasa de macrofauna**

Para definir la biomasa de macrofauna se ha realizado la misma tarea que la del cálculo de la densidad de macrofauna, multiplicando los datos (peso) de cada punto de muestra por 16 para conseguir unidades de gramo por m² (g.m²). Siguiendo el planteamiento de (Correa, 2011).

- **Riqueza del índice de diversidad de macrofauna**

Se utilizó la fórmula de Simpson y Shannon Wiener para definir el índice de diversidad de especies. Los datos resultantes se ingresaron en una matriz compuesta en Microsoft Excel Office 2010 para su análisis. Las siguientes fórmulas se utilizarán para determinar los índices de densidad y diversidad:

A. Índice de Shannon Wiener (H')

Se utilizó la fórmula empleada por Smith y Smith (2001):

$$H = \sum_{i=1}^i p_i * \log_2(p_i) \dots \dots \dots (2)$$

Dónde:

H = Diversidad de especies

S = Número de especies

$$p_i = \frac{n_i}{N} = \text{Proporción de individuos en el total de la muestra que pertenecen a la especie.}$$

N_i = Número de individuos de la especie o abundancia de género.

N = Número de todos los individuos de todas las especies o abundancia total de los géneros = $\sum n_i$

Ln = Logaritmo natural

B. Equidad de Pielou

Se utilizó la fórmula citada por Magurran (1987).

$$J = H' / \ln S \dots\dots\dots (3)$$

Dónde:

J = Es el índice de equidad de Pielou

ln = logaritmo natural

S = Riqueza de especies

Una fórmula utilizada para medir el vínculo entre la diversidad observada y la diversidad máxima esperada. Toma un valor entre 0 y 1, por lo que 1 corresponde al caso donde todas las especies son iguales. (Magurran, 1987).

C. Dominancia: Simpson

Se utilizó la fórmula citada por Suarez (2003):

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \dots\dots\dots(4)$$

Donde:

S = Número de especies

N = Total de organismos presentes o (unidades cuadradas)

n = Número de ejemplares por especie

3.5.4. Correlacionar las características físicas y químicas con la macrofauna del suelo

Esta operación se ha realizado teniendo en cuenta los valores relativos y porcentajes, así como los indicadores usados para conseguir el índice de calidad del suelo, adoptando el método ideal propuesto por Chen (2000), Doran y Lincoln (1999), Porta *et al.* (1999).

- Análisis estadísticos

De acuerdo con el método propuesto, se tiene como objeto de investigación tres periodos de muestreo, en los cuales se determina la macrofauna presente en la parcela de muestreo (quema, posquema y posquema) a diferentes profundidades (caída de hojas, 0-10 cm) ; 10-20 cm); 20 - 30 cm; profundidad); para esto se encontró un modelo estadístico para ajustar los datos utilizando IBM SPSS Statistics 19 Student Edition utilizando un diseño o clasificador de dos entradas (calendario de muestreo por etapas y estratos).

Se analizó la varianza de la densidad de macrofauna (factor A) y la profundidad a estimar entre 0 – 10 – 20 – 30 cm desde el suelo (factor B) que ocurren en ecosistemas de macorilla y ecosistemas de macorilla quemados. Teniendo en cuenta estos factores, se realizó usando un diseño al azar (DCA). Debido a que los valores de densidad son variables, la información de densidad se transformaron a la raíz cuadrada de los taxones + 1 y la raíz cuadrada de la densidad + 0,5.

Los pasos a seguir fueron:

- Prueba de normalidad para aceptar o rechazar la hipótesis nula (H_0 = los datos provienen de una distribución normal) y aceptar o rechazar la hipótesis alternativa (H_a = los datos no provienen de una distribución normal) si es asintóticamente significativa bilateral (valor p) es mayor que 0 0.05, entonces se acepta la hipótesis nula.
- Análisis de varianza, que involucra análisis - modelos lineales generales - univariado.

Para el caso de los efectos del quemado, se comparó la densidad entre los ecosistemas macorilla.

- Analizar – comparar medias – prueba T para muestras independientes, registrando en la Variables físicos, químicos y biológicos para contrastar las significancias, las variables de agrupación, antes de la quema y después de la quema.

3.5.5. Metodología para indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo

Inmerso a las actividades de gabinete se realizó la definición de las características químicas, biomasa microbiana de los suelos analizados⁵.

Tabla 14. Indicadores de propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo.

Parámetros físicos	Método de determinación
Textura del suelo	Método del hidrómetro de bouyoucos
Densidad aparente	Por volumen, peso húmedo y seco
Porosidad	Por volumen, peso húmedo y seco
Resistencia a la penetración	Método directo (penetrómetro)
Parámetros químicos	
Materia orgánica	Método de Walkey y Black
Reacción del suelo	Método potenciómetro
Nitrógeno total	Método de Kjeldahl
Fosforo disponible	Método de Olsen
Potasio disponible	Método de ácido sulfúrico
Capacidad de intercambio catiónico	Método de acetato
Parámetros Biológicos	
Densidad de macrofauna	Fórmula empleada por CORREIRA y OLIVEIRA
Biomasa de la macrofauna	Método directo por conteo
Diversidad de especies	Índice Shannon Wiener Índice Equidad de Pielou Índice Simpson

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluar las características físicas y químicas del suelo antes, después y post quema de la parcela

4.1.1. Características físicas del suelo antes, después y post quema de la parcela

- Textura del suelo

Se presenta la textura del suelo antes, después y post quema de la parcela, en su mayoría dominada por la fracción arena, la textura al principio (Antes) resulta un suelo franco arcillo limoso, pasando a un suelo franco (Después) y a un suelo franco arcilloso después de la (Post quema) de la parcela, esta a su vez no ha sufrido cambios en sus fracciones de partículas, asimismo se observa en el Tabla 15, una ligera disminución de la fracción limo, debido a la erosión hídrica producto de la precipitación y la fisiografía del terreno que se dio después de la quema. Sánchez (2007) afirma que la textura es la proporción de arena, limo y arcilla reflejada en porcentaje. Solo las partículas menores de 2 mm de diámetro tienen importancia pedológica en la composición mineral del suelo, y los estudios han observado que esta variación en la composición mineral del suelo deja una estructura franco arcilloso. Las categorías texturales de Zavaleta (1992) justificada en varias combinaciones de arena, limo y arcilla, por lo que las combinaciones son casi infinitas. Sin embargo, solo se establecieron 12 clases estructurales básicas, enumeradas en orden de fracción de grano fino creciente y asociadas con el suelo, y dicen que el estudio encontró solo tres de esas 12 clases estructurales.

Tabla 15. Textura de suelo antes, después y post quema de la parcela.

Etapas	% de Partículas			Textura
	Arena	Arcilla	Limo	
Antes	32	27	41	Franco Arcillo limoso
Después	46	17	37	Franco
Post quema	44	27	29	Franco Arcilloso

En la Figura 6, indica la textura del suelo antes, después y post quema de la parcela, en su mayoría dominada por la fracción arena, donde la textura al principio (Antes) presenta un suelo franco arcillo limoso, pasando de un suelo franco (Después) a un suelo franco arcilloso (**Post quema**) de la parcela, esta a su vez no sufrió cambios en sus fracciones

de partículas, existiendo una ligera disminución de la fracción limo, quizás esto se deba por la erosión hídrica que se dio después de la quema. Valdés, *et al.*, (2016) notaron que las características físicas de la tierra cambian después de los incendios, lo que lleva a cambios en su composición textural.

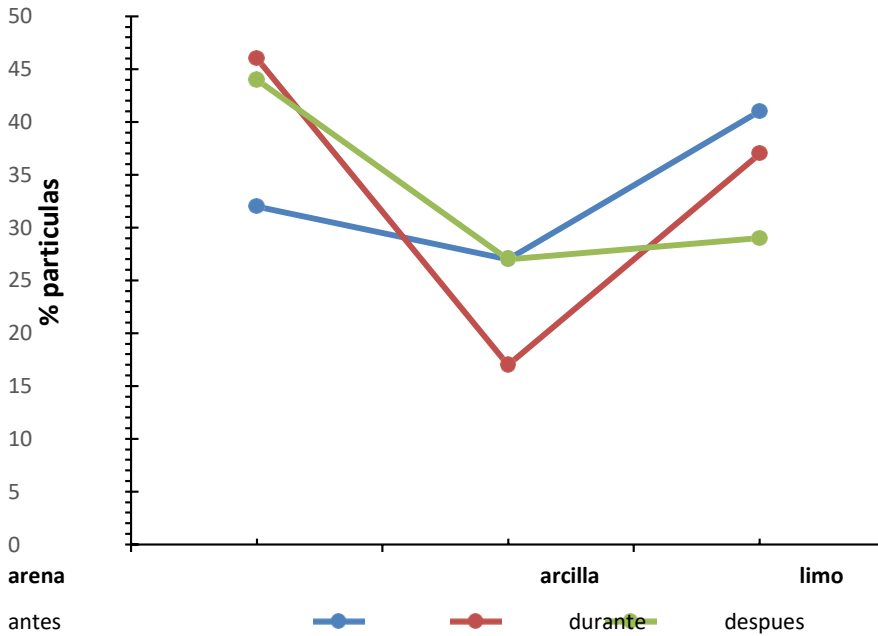


Figura 6. Porcentaje de partículas antes, durante y después de la quema de la parcela.

- **Densidad aparente**

La Tabla 16, muestra la densidad aparente del suelo evaluadas (Antes, Después y Post quema) de la parcela, existiendo una influencia en la productividad de los cultivos por ser una propiedad de gran importancia, asimismo se observa que existe una variación de 1.51 a 1.10 g/cm³, que relacionado con la textura y la cantidad de materia orgánica resulta un suelo suelto y poroso; encontrándose en los rangos de las partículas minerales de un suelo Franco Arcilloso propuesto por (USDA, 1999) y de Acevedo y Martínez (2003) quienes manifiestan que para típicas densidades aparentes de la tierra oscilan entre 1.0 y 1.7 g/cm³ y por lo general incrementan con la profundidad en el perfil; al relacionarlo con la textura y la cantidad de materia orgánica resulta un suelo suelto y poroso Tabla 16, coincide con lo que manifiesta Sánchez (2007) muestra que la densidad aparente necesita del hinchamiento o porosidad del suelo, es un valor muy variable y también requiere de la textura, el contenido de materia orgánica y la estructura. Por otro lado, Prichett (1990) afirma que la densidad, porosidad y circulación de agua y aire en el suelo son propiedades estrechamente

relacionadas. Por lo tanto, cultivar cultivos es muy interesante.

Tabla 16. Densidad aparente del suelo antes, después y post quema de la parcela

Etapas	Densidad aparente g/cm³
Antes	1.45
Después	1.51
Post quema	1.10

La Figura 7, indica la densidad aparente de la tierra (Antes, Después y Post quema) de la parcela, existiendo una influencia en la productividad de los cultivos por ser una propiedad de gran importancia, que relacionado con la textura y la cantidad de materia orgánica resulta tierra suelta y porosa.

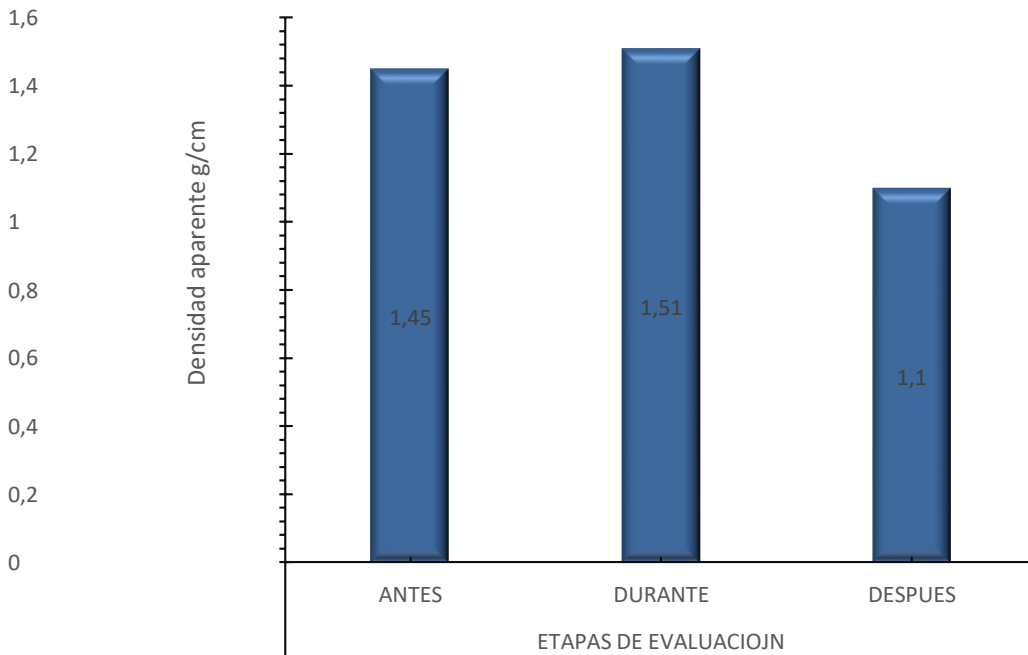


Figura 7. Densidad aparente del suelo antes, después y post quema de la parcela

- Porosidad del suelo

En la Tabla 17, muestra el espacio poroso relacionada con la densidad aparente y la textura del suelo, arrojando resultados con un buen porcentaje de porosidad para la detención de agua y aireación del suelo, ya que se encuentra en un buen rango, entre el 40 y el 60% de espacio poroso Tabla 17, encontrándose dentro de los rangos propuesto por la Soil Survey Staff (1993) que se visualiza en la Tabla 4.

Tabla 17. Densidad real del suelo antes, después y post quema de la parcela.

Etapas	Porosidad %
Antes	43.15
Después	45.05
Post quema	46.2

La Figura 8, indica los resultados de la densidad real de la tierra con un buen porcentaje de porosidad para la detención de agua y aireación del suelo, encontrándose en un buen rango, entre el 40 y el 60% de espacio poroso.

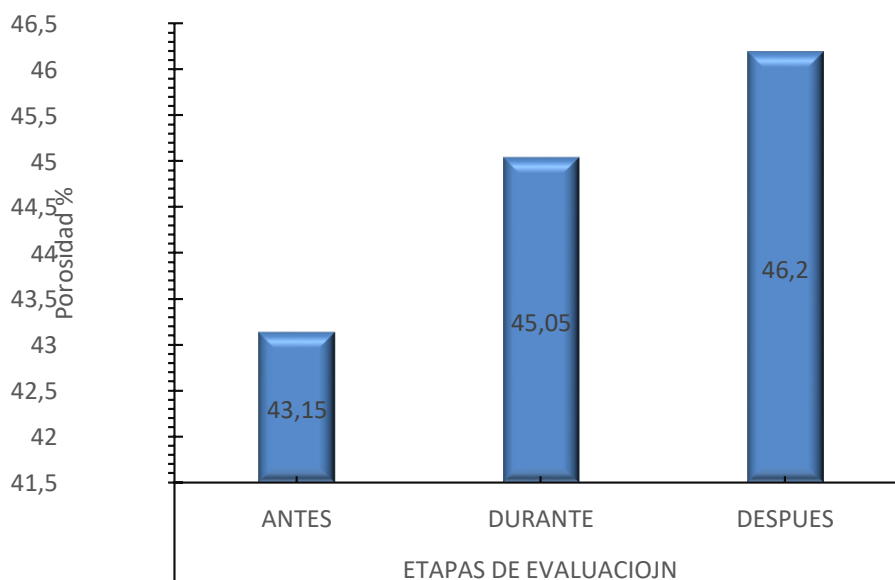


Figura 8. Porosidad del suelo antes, después y post quema del suelo.

4.1.2. Características químicas del suelo antes, después y post quema de la parcela

4.1.2.1.H del suelo

En la Tabla 18, muestra el pH del suelo, no existe diferencias de cambio en las tres etapas de evaluación, obteniendo un resultado de fuertemente ácido, con rangos de pH de 4.33 a 4.39. El pH es una característica con influencia indirecta en fase químicas, nutrientes disponibles, fases biológicas y actividad microbiana (Sánchez, 2007). En tanto los suelos donde se realizó la investigación presentan un pH extremadamente ácido desde el inicio y después de la quema.

Tabla 18. pH del suelo antes, después y post quema de la parcela.

Etapas	pH
Antes	4.39
Después	4.34
Post quema	4.33

La Figura 9, muestra el pH del suelo, donde no existe diferencias de cambio en las tres etapas de evaluación, los resultados de pH para todos son fuertemente ácidos.

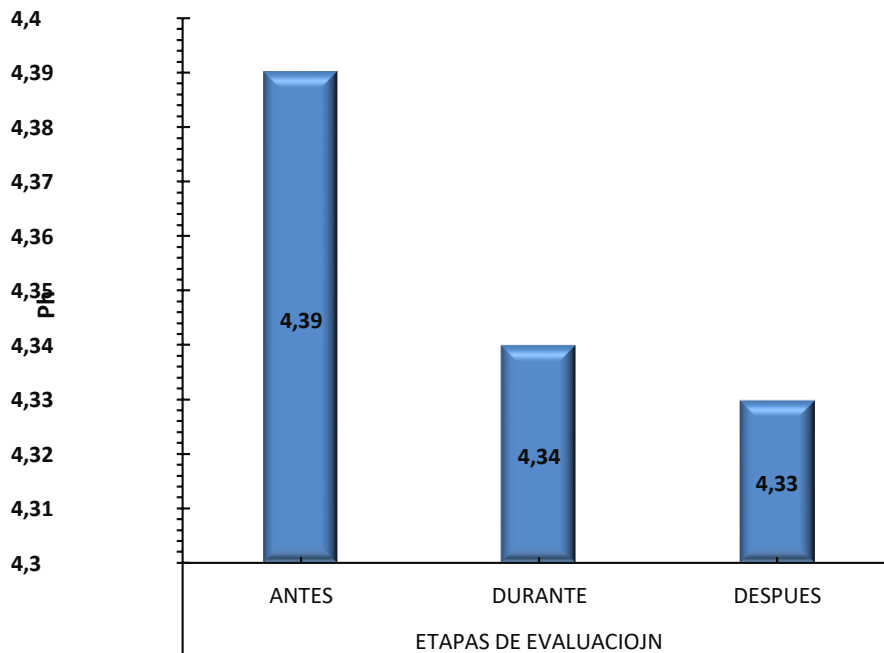


Figura 9. pH del suelo antes, después y post quema de la parcela.

4.1.2.2. Materia orgánica

En la Tabla 19, indica que la materia orgánica de la tierra está en niveles bajos que oscila desde 1.4% a 1.34%, existe una pequeña diferencia en cuanto a la disminución de la MO un antes y un después. Encontrándose dentro de los rangos que manifiesta Brady (1984) que el contenido medio aproximado de materia orgánica en la tierra trabajados fluctua entre 1 y 6%, en la investigación los niveles de materia orgánica fueron bajo debido a factores externos que se presentaron después de la quema de la parcela como temperatura, humedad, pH, entre otros que afectan al proceso de mineralización de la materia

orgánica.

Tabla 19. Porcentaje de materia orgánica del suelo antes, después y post quema de la parcela.

Etapas	Materia orgánica (%)
Antes	1.4
Después	1.35
Post quema	1.34

La Figura 10, muestra un contenido bajo de materia orgánica en el suelo (Antes, Después y Post quema), los factores externos después de la quema como temperatura, humedad, pH, entre otros afectan al proceso de mineralización de la materia orgánica.

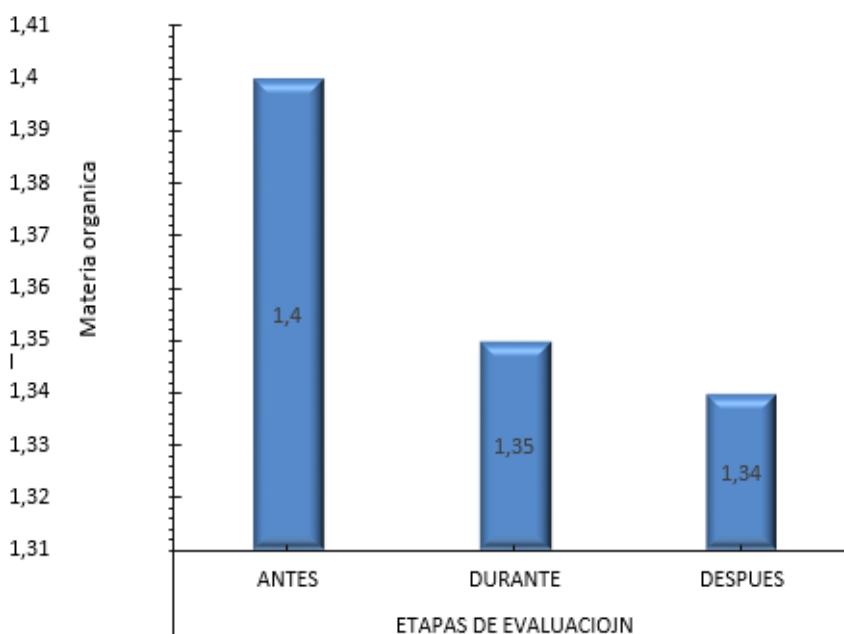


Figura 10. Porcentaje de materia orgánica antes, después y post quema de la parcela

4.1.2.3. Porcentaje de nitrógeno

La Tabla 20 muestra que el contenido de N en la tierra en el sitio (antes, después y después de la quema) fue bajo, con un rango de 0.06%. Sánchez (1981) cree que el nitrógeno puede ingresar al suelo a través de la fijación atmosférica de materia orgánica (abono orgánico (estiércol) y residuos de cultivos) y bacterias, mientras que Navarro (2003) argumenta que las condiciones climáticas pueden hacerlo. El contenido tiene un efecto significativo, ya que la cantidad de nitrógeno reduce con la maximización de la temperatura y la cantidad de nitrógeno incrementa con la maximización de la humedad. Las principales pérdidas de nitrógeno son: cosecha, lixiviación, volatilización, desnitrificación y fijación de

amonio en el caso de estudio por tratarse de una parcela con macorilla (*Pteridium aquilinum*) y bajo contenido de materia orgánica. Entonces el contenido de nutrientes del suelo será muy bajo.

Tabla 20. Porcentaje de nitrógeno del suelo antes, después y post quema de la parcela.

Etapas	Nitrógeno (%)
Antes	0.06
Después	0.06
Post quema	0.06

La Figura 11, muestra que el contenido bajo de N en el suelo evaluadas (Antes, Después y Post quema) de la parcela.

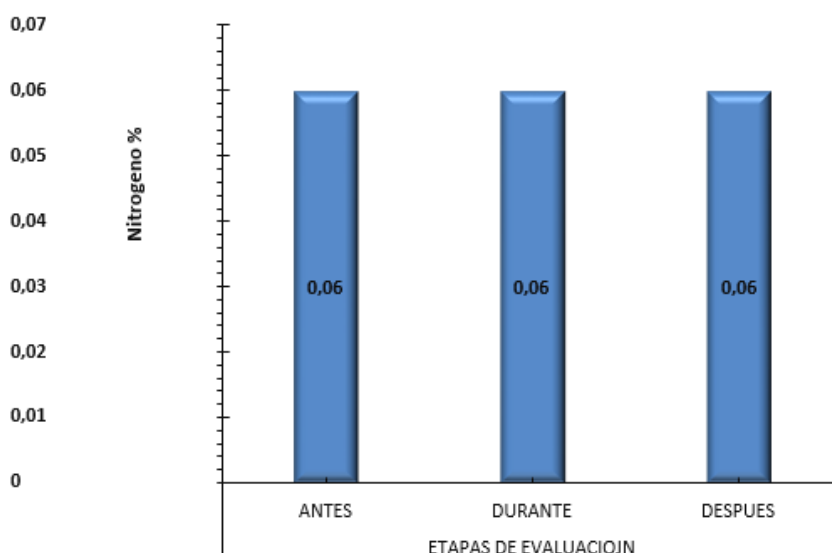


Figura 11. Porcentaje de nitrógeno del suelo antes, después y post quema de la parcela

4.1.2.4.Fósforo

En la Tabla 21, muestra los niveles de P en la tierra y estos no variaron, manteniéndose en contenidos medios después de la evaluación (Antes, Después y Post quema) de la parcela con rangos que van desde los 12.66 a 12.85 ppm. Sánchez (1981) menciona que el contenido del P está relacionado con el contenido de materia orgánica y la estructura de la tierra y se encuentra en un promedio de 180 mg/kg. Sin embargo, durante el levantamiento, la estructura de franco arenoso (suelo pesado) fue visible en el área de muestra y hubo problemas con la fijación de este elemento en el suelo. Mientras que Capulín et al. (2010) en México mostró que las variaciones en la tierra inducidos por incendios fueron más pronunciados en la capa superficial (0–5 cm) debido a la disminución de materia orgánica, C

orgánico y N total; mientras que el contenido de P y el pH aumentaron, estas variables difieren menos a mayor profundidad del suelo (5-30 cm).

Tabla 21. Fósforo (ppm) del suelo antes, después y post quema de la parcela.

Etapas	Fósforo (ppm)
Antes	12.85
Después	12.75
Post quema	12.66

La Figura 12, muestra el contenido medio de fósforo en el suelo después de la evaluación (Antes, Después y Post quema) de la parcela.

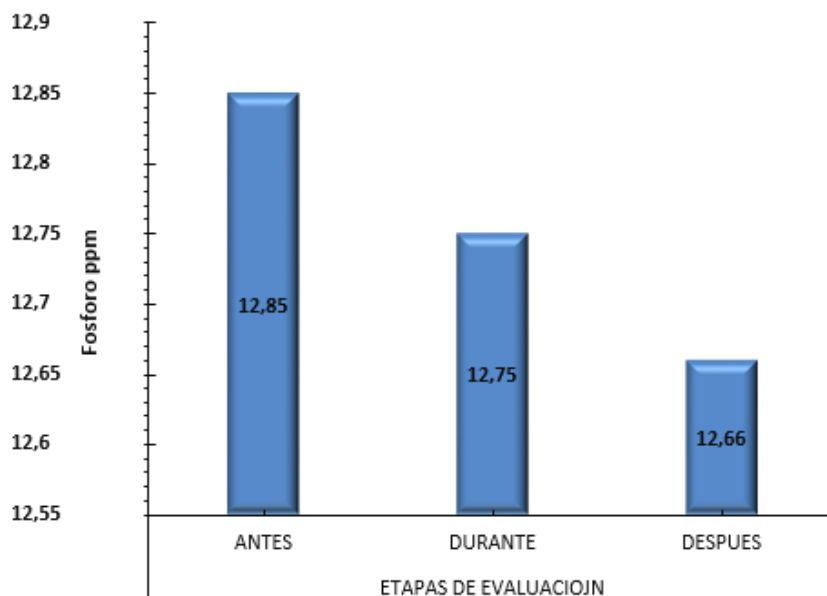


Figura 12. Fósforo del suelo antes, después y post quema de la parcela

4.1.2.5. Potasio

En la Tabla 22, muestra que los contenidos de potasio son bajos en el suelo en las tres evaluaciones (Antes, Después y Post quema). Navarro (2003) menciona que el contenido de K en el suelo es relativamente alto. Su contenido en K₂O necesita de su textura. La parte arcillosa es la parte con mayor contenido, por lo que hay más arcilla y limo que arena limosa y suelo arenoso, en el estudio se muestra la textura de franco arcilloso, cubierta de macorilla (*Pteridium aquilinum*) y bajo contenido de K, a partir de 79,96 kg. / ha (antes de la quema) a 64,97 kg/ha (después de la quema).

Tabla 22. Potasio (kg/ha) del suelo antes, después y post quema de la parcela.

Etapas	Potasio (Kg/ha)
Antes	79.96
Después	65.48
Post quema	64.97

La Figura 13, muestra que los contenidos de potasio son bajos en el suelo (Antes, Después y Post quema) de la parcela.

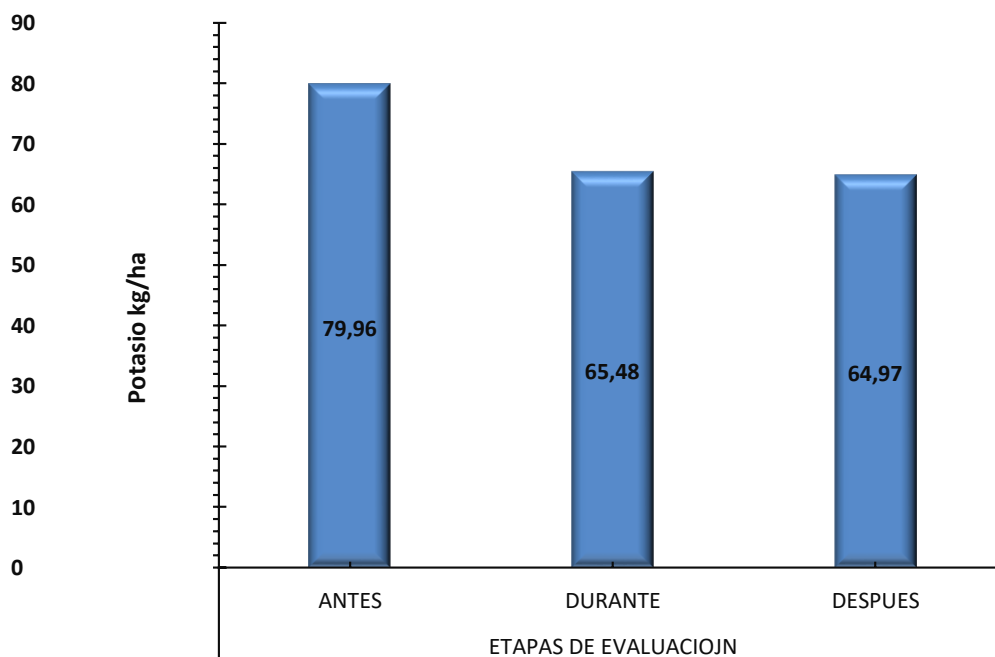


Figura 13. Potasio del suelo antes, después y post quema de la parcela.

4.1.2.6. Capacidad de intercambio catiónico efectiva cmol(+)/kg

En la Tabla 23, muestra el análisis químico del suelo en diferentes etapas de evaluación en cuanto a la CIC efectiva (cationes del suelo Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} y H^{+}), existiendo una ligera disminución del Ca^{2+} después de la quema al igual que el Mg^{2+} , asimismo se observa un incremento mayor del Al^{3+} pasando de 2.8 a 6 $\text{Cmol}(+)/\text{kg}$, seguido el H^{+} teniendo un comportamiento similar al Al^{3+} , finalmente la CIC pasó de 7 a 10.71 $\text{Cmol}(+)/\text{kg}$ después de la quema. Fernández (2006) indicó que la CIC necesita de la estructura de la tierra y del contenido de materia orgánica. En general, cuanto más arcilla y materia orgánica hay en la tierra, mayor es la capacidad de intercambio. El contenido de arcilla es primordial porque estas pequeñas partículas tienen un alto índice de área superficial/volumen. Diversas variedades de arcilla tienen distintos valores de CIC. Valdés *et*

al. (2016), sin embargo, indicaron que los efectos del fuego causaron variación en la química del suelo en el área de estudio que estaban relacionados con la profundidad y el momento del incendio. La concentración de cationes Mg^{++} , Ca^{+} , K^{+} , pH y materia orgánica aumentó con el tiempo después del incendio.

Tabla 23. Características químicas del suelo antes, después y post quema de la parcela.

Etapas	Cmol(+)/kg				
	Ca	Mg	Al	H	CICe
Antes	2.28	1.02	2.80	0.90	7
Después	2.27	0.99	2.50	0.60	6.36
Post quema	2.14	0.98	6	1.60	10.71

La Figura 14, indica el estudio químico del suelo en diferentes etapas de evaluación donde la CIC efectiva (cationes del suelo Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} y H^{+}), presenta una ligera disminución del Ca^{2+} después de la quema al igual que el Mg^{2+} , un incremento mayor del Al^{3+} , seguido del H^{+} teniendo un comportamiento similar al Al^{3+} , finalmente la CIC paso de 7 a 10.71 Cmol(+)/kg después de la quema.

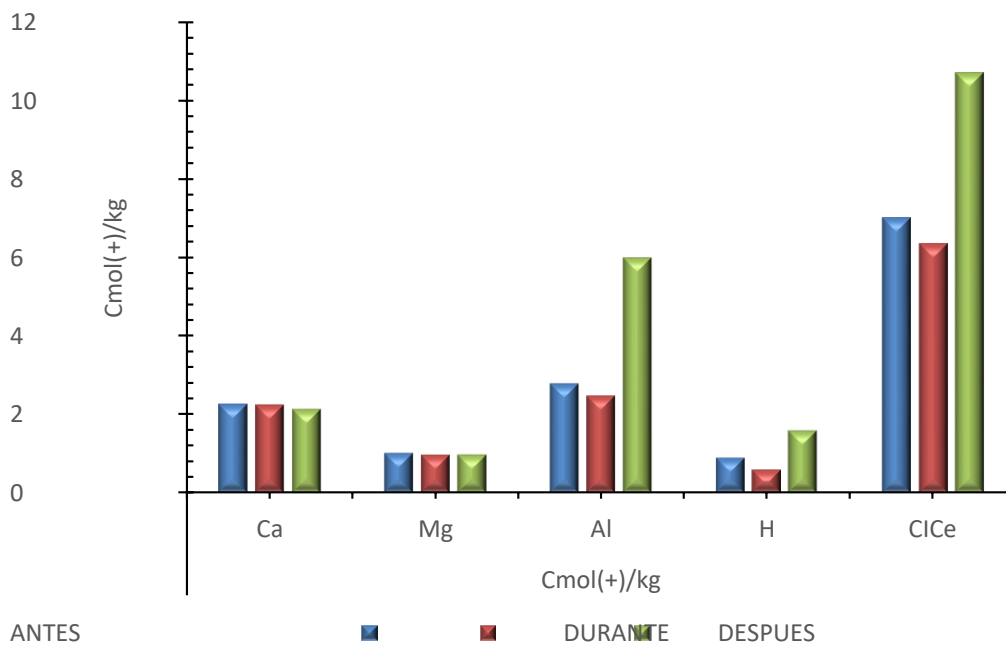


Figura 14. Características químicas del suelo antes, después y post quema de la parcela

4.1.2.7. Porcentaje de bases cambiables

En la Tabla 24, muestra un incremento del porcentaje de bases cambiables después de la quema de 51.26%, pasando a 29.7% después de la post quema siendo un porcentaje bajo de bases cambiables en el suelo.

Tabla 24. Porcentaje de bases cambiables del suelo en tres etapas de evaluación

Etapas	% de bases cambiables
Antes	47.11
Después	51.26
Post quema	29.07

La Figura 15, muestra un porcentaje bajo de las bases cambiables en el suelo evaluadas (Antes, Después y Post quema) de la parcela.

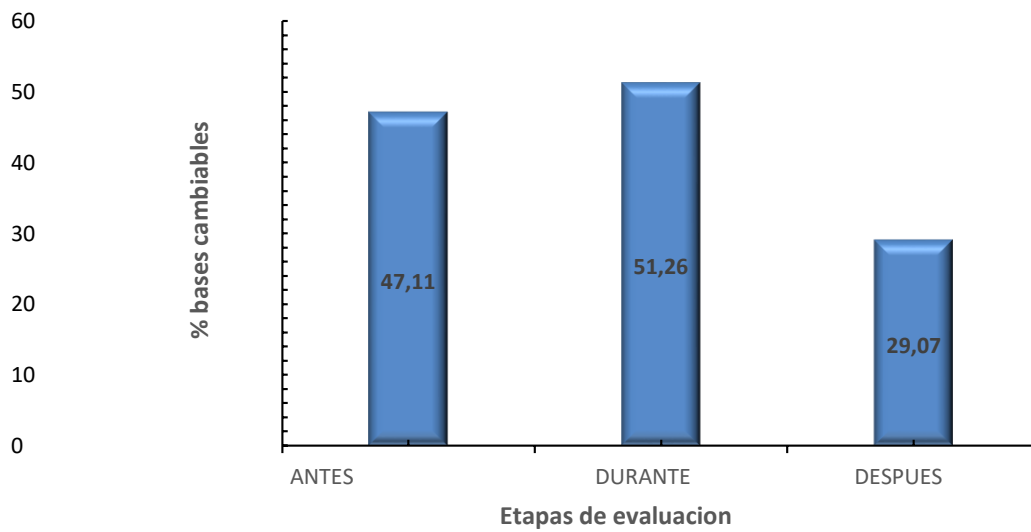


Figura 15. Porcentaje de bases cambiables en el suelo antes, después y post quema de la parcela.

4.1.2.8. Porcentaje de acidez cambiabile

En la Tabla 25, muestra un incremento considerable de acidez cambiabile del suelo después de la post quema con un 70.93%.

Tabla 25. Porcentaje de acidez cambiabile del suelo en tres etapas de evaluación

Etapas	% de acidez cambiabile
Antes	52.89
Después	48.74
Post quema	70.93

La Figura 16, muestra un incremento de acidez cambiabile después de la quema con un 70.93%.

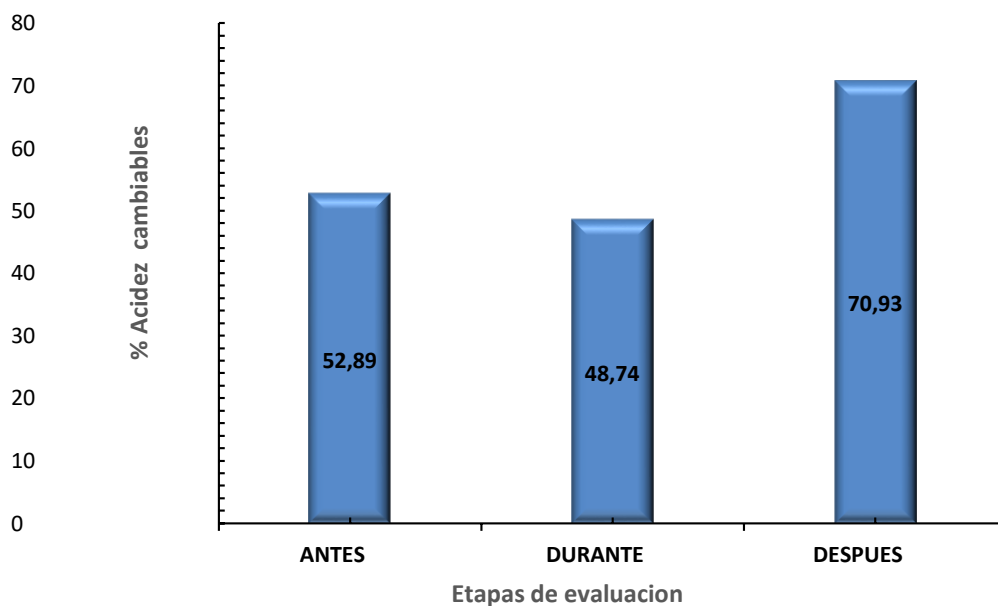


Figura 16. Porcentaje de acidez cambiabile en el suelo antes, después y post quema de la parcela

4.1.2.9. Porcentaje de saturación de aluminio

En la Tabla 26, muestra el porcentaje de saturación de aluminio en el suelo al inicio con un 40.03%, disminuyendo en 39.31% (después) y respondiendo a un incremento de 56% después de la (post quema).

Tabla 26. Porcentaje de saturación de aluminio del suelo encontrado en dos sistemas de uso.

Etapas	% de saturación de aluminio
Antes	40.03
Después	39.31
Post quema	56

La Figura 17, indica el porcentaje de saturación de aluminio que inicia con 40.03%, disminuyendo en 39.31% durante la quema, incrementándose en 56% después de la quema.

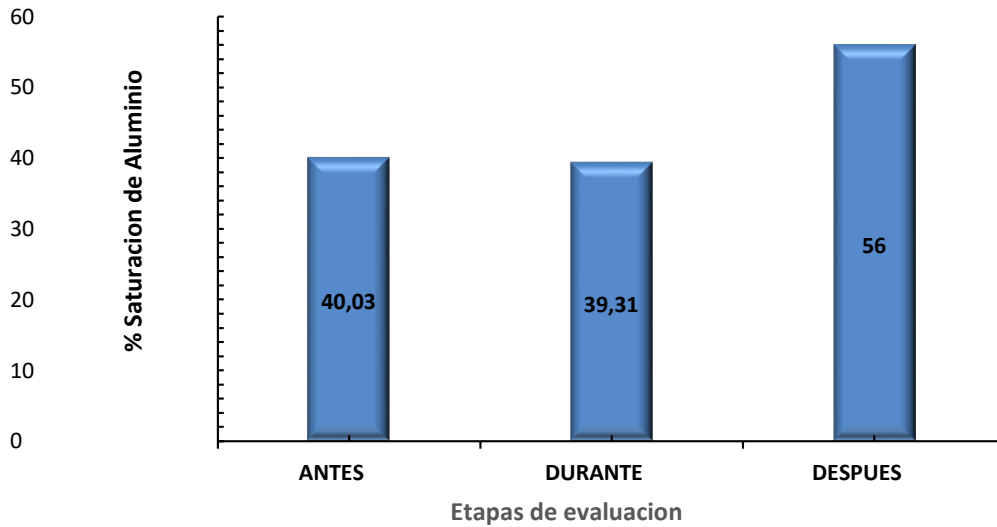


Figura 17. Porcentaje de saturación de aluminio en el suelo antes, después y post quema de la parcela.

4.2. Evaluar el efecto de la quema en la biodiversidad de la macrofauna del suelo antes, después y post quema de la parcela

4.2.1. Identificación de macrofauna del suelo antes, después y post quema de la parcela

Zerbino (2005) mencionó que la macrofauna es un grupo de animales con un ancho corporal mayor a 2 mm pertenecientes a diferentes filos, clases y órdenes. Operan en una escala temporal y espacial más grande que los individuos. La mayoría tiene un ciclo biológico largo, baja tasa de reproducción, movimiento lento y poca difusión; la actividad microbiana interrumpe el ciclo de la materia orgánica y los nutrientes. Durante el censo se identificaron un total de 11 rondas de animales grandes, incluyendo la fase inicial de evaluación en campo (antes), 9 rondas (después) y 7 rondas (después de la quema); Las lombrices de tierra son las más importantes, seguidas de los protozoos y los dípteros. La mayor tasa de ocurrencia en todas las capas de la muestra, pero varios taxones de monocotiledóneas (lombrices de tierra) estuvo presentes a una profundidad de 10 cm en las tres etapas de evaluación. Se encontraron 5 individuos, 28 individuos por metro cuadrado y 31 individuos por metro cuadrado; lo contrario ocurrió en la muestra de 30 cm de profundidad, donde no se reportaron todas las clases. Tabla 27.

Tabla 27. Grupos taxonómicos identificados por profundidad en el suelo antes, después y post quema de la parcela

Grupo Taxonómico (Clase u Orden)	Nombre Común	Antes			Después			Post quema		
		10 cm	20 cm	30 cm	10 cm	20 cm	30 cm	10 cm	20 cm	30 cm
Diptera	Moscas y mosquitos	4	0	0	2	0	0	11	0	0
Coleóptera	Escarabajos	12	1	0	1	0	0	3	7	0
Araneae	Arañas	1	0	0	1	0	0	10	0	0
Haplotaxida	Lombrices de tierra	28	4	0	5	1	0	31	0	0
Diplopoda	Milpiés	6	0	0	0	0	0	0	0	0
Hymenóptera	Hormigas	2	0	0	0	0	0	16	0	0
Isópoda	Cochinillas	27	0	0	6	0	0	9	3	0
Dictióptera	Cucarachas	3	1	0	0	0	0	0	0	0
Insecta	Chinches y saltahojas	2	1	0	1	0	0	3	0	0
Isóptera	Termitas	0	0	0	0	0	0	200	0	0
Chilopoda	Ciempis	2	1	0	0	0	0	0	0	0

4.3. Evaluar la densidad y biomasa de macrofauna del suelo antes y después de la quema de la parcela

Naranjo (2016) manifiesta que la densidad viene a ser el número de individuos de una población por unidad de superficie. La densidad de población señala simplemente al número de seres de una especie en una unidad funcional, en este caso estudiando la densidad de la macrofauna terrestre según los resultados del análisis indican en la Tabla 28, las diferencias en el antes y en el después de la quema, observando que existe un impacto negativo con la fauna edáfica en las diferentes profundidades del suelo Tabla 28.

Tabla 28. Densidad de macrofauna edáfica del suelo (Antes, Después y Post quema) de la parcela a diferentes profundidades.

Profundidad	Quema en tres etapas de evaluación		
	Antes (ind.m ⁻²)	Después (ind.m ⁻²)	Post quema (ind.m ⁻²)
0 - 10	123	48	88
10 - 20	35	7	13
20 - 30	0	0	0

La Figura 18, muestra claramente las diferencias en el antes y en el después de la quema, existe un impacto negativo con la macrofauna en las diferentes profundidades del suelo.

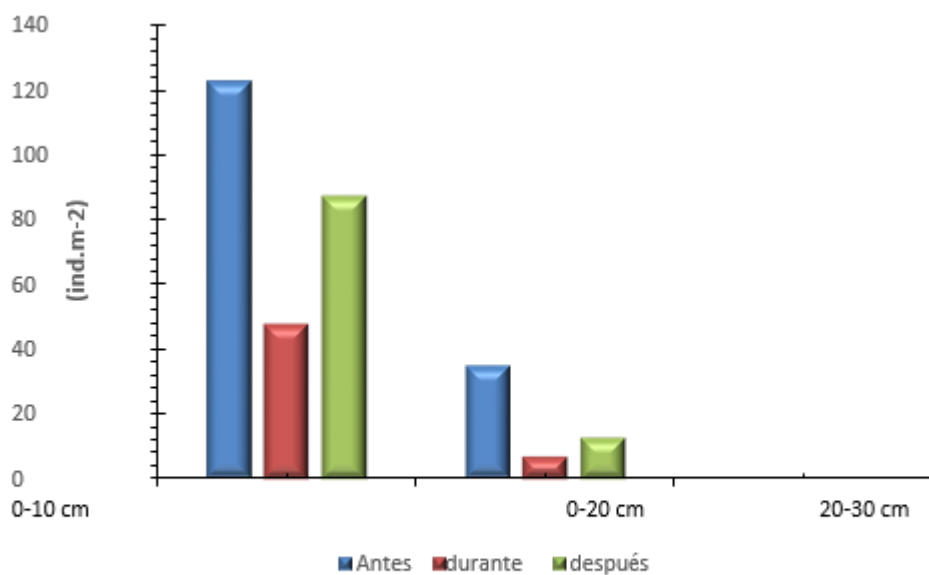


Figura 18. Densidad de la macrofauna a diferentes profundidades en el suelo antes, después y post quema de la parcela

Así como la densidad de la macrofauna del suelo se ve afectado en las tres etapas de evaluación, también se ve afectado la biomasa en las diferentes profundidades, observando una disminución y alterando la función de la macrofauna en el suelo Tabla 29.

Tabla 29. Biomasa de macrofauna evaluadas a diferentes profundidades del suelo antes, después y post quema de la parcela.

Profundidad	Quema en tres etapas de evaluación		
	Antes (g.m ⁻²)	Después(g.m ⁻²)	Post quema(g.m ⁻²)
0 -10	8.2	2.4	5.67
10 - 20	1.89	0.34	1.2
20 - 30	0	0.00	0.0

4.4. Correlacionar las características físicas, químicas con la macrofauna del suelo

4.4.1. Evaluación de las características físicas del suelo al inicio y al final de la evaluación

En la Tabla 30, indica los resultados conseguidos de la prueba T a un 5% de nivel de significancia, evaluadas al inicio y al final para las características físicas del suelo, muestran que no presentan diferencias estadísticas significativas a (p valor < 0.05), al inicio y al final de los analisis en la porosidad del suelo, presentando en ellas suelos de porosidad media.

Tabla 30. Comportamiento de las características físicas del suelo al inicio y al final de la quema de la parcela.

Características físicas	INICIO		FINAL		p - valor
Densidad aparente	1.45 ± 0.50	a	1.10 ± 0.34	a	0.1001
Porosidad	43.15 ± 12.3	a	46.2 ± 13.50	a	0.4989

Letras iguales en una misma fila indican igualdad estadística (p<= 0.05).

4.4.2. Evaluación de las características químicas del suelo al inicio y al final de la evaluación

En la Tabla 31, indica los resultados conseguidos de la prueba T a un 5% de nivel de significancia, evaluadas al inicio y al final para las diversas características químicas del suelo en respuesta a la quema presentan diversas estadísticas, al inicio y al final de la

evaluación en respuestas de la CIC con p-valor (0.0057), AL con p-valor (0.0252), H con p-valor (0.0304), bases cambiables con p-valor (0.245) y finalmente acidez cambiabile con un p-valor de (0.0115).

Tabla 31. Comportamiento de las características químicas del suelo al inicio y al final de la quema de la parcela.

Características químicas	INICIO		FINAL		p - valor
pH	4.39 ± 0.20	a	4.33 ± 0.10	a	0.7261
M.O (%)	1.4 ± 2.68	a	1.34 ± 1.32	a	0.4659
N (%)	0.06 ± 0.09	a	0.06 ± 0.04	a	0.3958
P (ppm)	12.85 ± 18.90	a	12.66 ± 4.51	a	0.9497
K ₂ O (kg.ha ⁻¹)	79.96 ± 33.68	a	64.97 ± 59.14	a	0.1007
CIC (meq/100 g de suelo)	7 ± 0.16	a	10.71 ± 1.45	b	0.0057
Ca (meq/100 g de suelo)	2.28 ± 1.38	a	2.14 ± 0.25	a	0.3345
Mg (meq/100 g de suelo)	1.02 ± 0.28	a	0.98 ± 0.28	a	0.1876
Al (meq/100 g de suelo)	2.80 ± 2.06	a	6 ± 0.41	b	0.0252
H (meq/100 g de suelo)	0.90 ± 0.44	a	1.6 ± 0.33	b	0.0304
Bases cambiables %	47.11 ± 4.56	a	29.07 ± 4.33	b	0.0245
Acidez cambiabile %	52.89 ± 5.66	a	70.93 ± 5.33	b	0.0115
Saturación de aluminio %	40.03 ± 5.67	a	56 ± 4.67	a	0.5876

Letras iguales en una misma fila indican igualdad estadística ($p \leq 0.05$).

4.4.3. Evaluación de la macrofauna del suelo al inicio y al final de la evaluación

En la Tabla 32, indica los resultados conseguidos de la prueba T a un 5% de nivel de significancia, evaluadas al inicio y al final para densidad y biomasa de la macrofauna del suelo, presentan diferencias estadísticas significativas al inicio de las evaluaciones antes de la quema de la parcela de suelo.

Tabla 32. Comportamiento de las evaluaciones de la macrofauna del suelo al inicio y al final de la quema de la parcela.

Evaluación Macrofauna	INICIO		FINAL		p - valor
Macrofauna del suelo	158 ± 34.67	a	101 ± 45.34	b	0.0201
Biomasa de macrofauna	10.09 ± 10.3	a	6.87 ± 11.50	b	0.0389

4.4.4. Relación entre las características físicas y químicas del suelo encontradas antes, después y post quema de la parcela

Según el modelo matemático; Capacidad efectiva de intercambio catiónico = - 0,032 (cantidad o valores de arcilla) + 17,264, la capacidad efectiva de intercambio catiónico del suelo encontrado en la parcela (antes, después y después de la quema) debido a la presencia, cantidad y contenido de tipo arcilla el suelo es 100%. Los suelos con alto contenido de arcilla pueden retener más cationes intercambiables que los suelos con bajo contenido de arcilla (Figura 19). Para Correa (2011), se utilizaron métodos físicos, químicos y biológicos para evaluar la calidad del suelo en Tulumayo bajo diferentes sistemas de uso (cultivo, pastoreo, anual y perenne). Como indicadores físicos: textura, estructura, estabilidad de los agregados, densidad aparente, profundidad efectiva, permeabilidad, retención de agua, temperatura del suelo y resistencia a la filtración. Como indicadores químicos: materia orgánica, reactividad del suelo, nitrógeno total, fósforo disponible, potasio disponible y CIC; como indicadores biológicos: biomasa microbiana, respiración del suelo y poblaciones de lombrices. Con base en los resultados de sus indicadores físicos, químicos y biológicos evaluados, se concluyó que los suelos de bosque secundario (purma de 15 años), seguidos de plantaciones permanentes (cítricos), pastos (brizantha) y suelos de bosque son los de mayor calidad. calidad inferior Es un cultivo anual (maíz). Mostraron diferentes propiedades del suelo según ANOVA y prueba de Duncan.

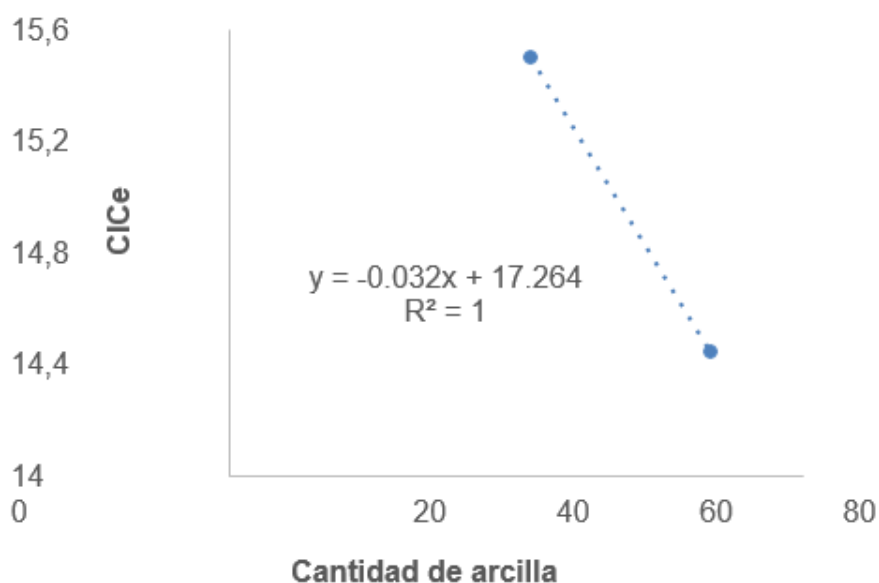


Figura 19. Correlación lineal de la Capacidad de Intercambio Catiónico efectiva y el porcentaje de arcilla.

V. CONCLUSIONES

1. No presenta respuestas significativas sobre las características físicas del suelo, encontrando un suelo franco arcillo limoso (antes de la quema), franco (después de la quema) y Franco arcilloso (post quema), con buena densidad, porosidad media apto para la agricultura. Mientras que las características químicas del suelo a consecuencia de la quema se incrementaron la CIC con un p-valor (0.0057), AL p-valor (0.0252), H p-valor (0.0304), las bases cambiables disminuyeron con un p-valor (0.0245), y la acidez cambiabile se incrementó con un p-valor (0.0115).
2. Se identificaron 11 órdenes en total de marofauna, (**Antes**), 9 órdenes (**Después**) y 7 órdenes (**post quema**) de la parcela; Isóptera fue el más predominante seguido por haplotaxida y Dictióptera, con mayor presencia a los 10 cm de profundidad.
3. La densidad y biomasa de macrofauna disminuyeron en el suelo después de la quema, siendo estadísticamente significativos, la densidad con un p-valor (0.0201) pasando de 158 a 101 ind.m⁻², la biomasa decreció de 10.09 a 6.87 g.m⁻².
4. Se encontró una relación directa entre la capacidad de intercambio catiónico efectiva con la cantidad de arcilla en el suelo.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Se debe de seguir evaluando las características físicas y químicas del suelo con otros tipos de coberturas con bosque y purma para el impacto en el suelo después de la quema de la parcela.
2. Realizar la investigación con otro tipo de coberturas con bosque y purma para comparar la biodiversidad presente de macrofauna y su impacto en el suelo después de la quema de la parcela.
3. Comparar la densidad y biomasa de macrofauna con coberturas de bosque y purma y su impacto en el suelo después de la quema de la parcela.
4. Corelacionar las características físicas y químicas con la macrofauna del suelo con coberturas de bosque y purma y su impacto en el suelo despés de la quema de la parcela.

VII. REFERENCIAS

- Acevedo, J., Martínez, E. (2003). Sistema de labranza y productividad de los suelos. Serie ciencias agronómicas. 13 – 27 p.
- BRADY. 1984. Materia orgánica en el suelo. <http://froac.manizales.unal.edu.co/roap/scorm/690/MateriaOrganica.html>.
- Brown, G., Fragoso, C., Barois, I., Rojas P., Patrón, J., Bueno, J., Moreno, A., Lavelle, P., Ordaz, V., Rodríguez, C. (2001). Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. México. 31 p.
- Caballero, M. (2015) Suelos. (file:///E:/arbildo/34c-Suelos%20y%20edafizacion.pdf).
- Capulín, J., Mohedano, L., Razo, R. (2010). Cambios en el suelo y vegetación de un bosque de pino afectado por incendio. *Terra Latinoamericana*, 28(1), 79-87 p.
- Cárdenas, S. (2008). Composición de la vegetación en tres tipos de suelos de bosque secundario. [Tesis de grado]. Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 61 p.
- Carter, M.R., Gregorich, E.G., Anderson, D.W., Doran, J.W., Janzen, H.H. y Pierce, F.J. (1997). Concepts of soil quality and their significance. En *Soil quality for crop production and ecosystem health* (eds. Gregorich, E.G. y Carter, M.). Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Netherlands.120 p.
- Correa, M. (2011). Calidad de suelos en diferentes sistemas de uso en el predio Tulumayo – UNAS - Tingo María. [Tesis de grado]. Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú.108 p.
- 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. Informe de Investigación. Proyecto Cacao Centroamérica, CATIE. Panamá. 56 p.
- Chen, Z. (2000). Relationship between heavy metal concentrations in soils of Taiwan and uptake by crops. (<http://www.fftc.agnet.org/>).
- Decäens, T., Lavelle, P., Jiménez, J., Escobar, G., Rippstein, G. Schneidmadl, J., Sanz, J., Hoyos, P., 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. Póublicación CIAT no. 324.19-41 p.
- Doran, J., Lincoln, N. (1999). Guía para la evaluación de la calidad del suelo. USDA, (<http://soils.usda.gov/sqi>).

- Doran, J.W. y Parkin, B.T. (1994). Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Soil Science Society of America, Inc. Special Publication. Number 35. Madison, Wisconsin, USA.
- Dufrêne, M., Legendre, P. (1997). Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*. 366 p.
- FAO. (2002). Los incendios forestales y la diversidad biológica. (<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/004/y3582s/y3582s00.pdf>).
- Fragoso, C., Brown, G. (2000). The Macrofauna database. En: P. Lavelle & C. Fragoso (Ed.). The Iboy-Macrofauna project: Report of an international workshop held at Bondy (France). IRD, Bondy. pp. 17 – 27.
- Fassbender, H. (1975). Química de suelos. Editorial IICA. Costa Rica.
- Ferreras L, Magra G; Besson P; Kovalevski E; Garcia F., (2007). Indicadores de calidad física en suelos de la región pampeana norte de argentina bajo siembra directa. *Ci. Suelo (Argentina)* 25(2): 159-172 p.
- Guerrero, A. (2000). El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. 2ª reimpresión. Edit. Aedos S.A. España.
- Hernández, R., Fernandez, C., Baptista, P. (2006). Metodología de investigación. 4 ed. McGraw-Hill Interamericana. México. 736 p.
- Holdridge, L. R. (1987). Life zone ecology. San José, Costa Rica: Tropical Science Center. 206 p.
- Hünemeyer, J.A., De Camino, R. Y Müller, S. (1997). Análisis del desarrollo sostenible en centroamérica: Indicadores para la agricultura y los recursos naturales. IICA/GTZ. San José, Costa Rica.
- Jaramillo, J. (2002). Introducción a la ciencia del suelo. (<http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/1/70060838.2002.pdf>).
- Jiménez y González. (2006). Introducción a la agroforestería. Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales. Módulos de Enseñanza Agroforestal CATIE/GTZ. p. 1-24.
- Lavelle, P., Bignell, D., Lepage, M., Wolters, V., Roger, P., Ineson, P., Heal, O., Ghillion, S. 1997. Soil function in a changing world: The role of invertebrate ecosystem engineers. *Eur. J. Soil Biol.* 33. 193 p.
- Lok, S. (2010). Indicadores de sostenibilidad para el estudio de pastizales. [En línea]:([http://www.produccion-animal.com.ar/producción_y_manejo_pas-](http://www.produccion-animal.com.ar/producción_y_manejo_pasturas/pasturas%20naturales/172-) turas/pasturas%20naturales/172-

revision.pdf).

- Magurran, A. E. (1987). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey, 179 p
- Mcgeoch, M., Van Rensburg, B., Botes, A. (2002). The verification and application of bioindicators: a case study of dung beetles in a savanna ecosystem. *Journal of Applied Ecology*. 672 p.
- Mostacedo, B. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. (<http://www.bio-nica.info/biblioteca/Mostacedo2000EcologiaVegetal.pdf>).
- Naranjo, E. (2016). Estimación de abundancia y densidad en poblaciones de fauna silvestre tropical. (file:///F:/37-6_enaranjo_EstimacionesAbundanciaDiversidadPoblaciones.pdf).
- Navarro, G. (2003). *Química agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales en la vida vegetal*. 2 ed. Mundi Prensa, España.
- Pashanasi, B. (2002). Estudio Cuantitativo de la Macro fauna del suelo en Diferentes Sistemas de uso de la tierra en la Amazonia Peruana, *Folia Amazónica*. Lima, Perú. 12(1-2) pp. 75 – 797.
- Porta, M., López, A., Roquero, C. (1999). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. 2ed. Ediciones Mundi Pren. Bilbao, España. 622 p.
- Quaiser, A. (2002). First insight into the genome of an uncultivated chrenarchaeote from soil. *Environ. Microbiol.* 4. pp. 603 – 611.
- RAMIREZ, S. (2013). Estudio de indicadores de la calidad del suelo en áreas destinadas a la producción intensiva de gramíneas cespitosas. (<http://biblioteca.ihatuey.cu/link/tesis/tesism/wendyramirez.pdf>).
- Reátegui, H. (2009). Efecto de los sistemas de uso en los macro invertebrados bajo cinco condiciones en el distrito de Rupa Rupa. [Tesis de grado]. Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 64 p.
- Romig, D.E., Garlynd, M.J., Harris, R.F. y Mcsweeney, K. (1995). How farmers assess soil health and quality. *J. Soil Water Conservation* 50: 229-236.
- Ruíz, C. (2008). Cuantificación de microorganismos en cinco tipos de suelos del bosque reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS). Tingo María, Perú. Sánchez, P. (1981). *Suelos del Trópico Características y Manejo*. Traducido por Edilberto Camacho, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José, Costa

- Rica. 634 p.
- Sánchez, J. (2007). Fertilidad de suelos y nutrición mineral de plantas. FERTITEC S.A. 19 p.
- Soil Survey Staff. (1993). Soil survey manual. United States Department of Agriculture. Hnbk no. 18 U.S. Gov. Printing Office, Washington, DC.
- Suarez, O. (2003). Indicadores e índices ambientales. (<http://idea.unalmzl.edu.co/documentos/Indicadores%20ambientales.pdf>)
- Syers, W., Springett, J. (1983). La quema como medio de ordenación forestal: el uso de quemadas controladas en los Estados Unidos. FAO Forest Service. NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station. 140 p.
- Thompson, L. M. y Troeh, F. R. (2002). Los suelos y su fertilidad. Cuarta Edición, Editorial REVERTÉ. Barcelona España. 639 pp.
- UDC. (2010). Conservación y explotación de recursos animales. Zoología. Facultad de Ciencias. 13 p.
- UNEP. (1992). Convention on biological diversity. United Nations Environmental Program, Environmental Law and Institutions Program Activity Centre.
- United States Department of Agriculture (USDA). (1998). Soil quality resource concerns: soil Biodiversity. Soil quality information sheet. USDA. Lincoln. 2 p.
- USDA. (1999). Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Departamento de agricultura de los Estados Unidos. 88 p.
- Upstream. Pluspetrol. (2006). Protocolos detallados de monitoreo de indicadores biológicos. Programa de Monitoreo de Biodiversidad Zona de Selva. Proyecto de Gas de Camisea Perú. Perú. 59 p.
- Valdés, L., Martínez, L., Bonilla, M., Castillo I. (2016). Efectos del fuego en algunas características de suelo de pinares, Macurije, Pinar del Río, Cuba. (<file:///C:/Users/USER/Desktop/TESIS%20METODOLOGIA/v12-n2-2-efectos-del-fuego-en-algunas-caracter%C3%ADsticas-de-suelos-de-pinares-Macurije-Pinar-del-R%C3%ADo-Cuba.pdf>).
- Vargas, Y., Valdivia, L. (2005). Recuperación, mediante leguminosas rastreras, de suelos degradados (ex cicales) en la Selva Alta del Perú. Mosaico científico 2(2). 6 p.
- Williams, J., Whelan, R., Gill, A. (1994). Fire and environmental heterogeneity in Southern temperate forest ecosystems: implications for management. Aust. J. Bot., 42. pp. 125 – 137.
- Zavaleta, A. (1992). Edafología, El suelo en relación con la producción. CONCYTEC. Lima – Perú. 223 p.

Zerbino, M. (2005). Evaluación de la densidad, biomasa y diversidad de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de producción. ([http:// ambiente. fcien. Edu .uy/tesis /Tesis_ Stella_ Zerbino .pdf.](http://ambiente.fcien.edu.uy/tesis/Tesis_Stella_Zerbino.pdf)).

ANEXO

Anexo 1. Panel fotográfico



Figura 20. Toma de coordenadas UTM de la parcela con GPS



Figura 21. Anotando los datos de las coordenadas UTM de la parcela



Figura 22. Muestreo de suelo de la parcela con barreno



Figura 23. Limpieza del terreno donde se realizará la investigación



Figura 24. Muestras de suelo extraído con el barreno antes de la limpieza de la parcela



Figura 25. Muestreo de macrofauna del suelo antes de la limpieza de la parcela

Anexo 2. Análisis de suelos

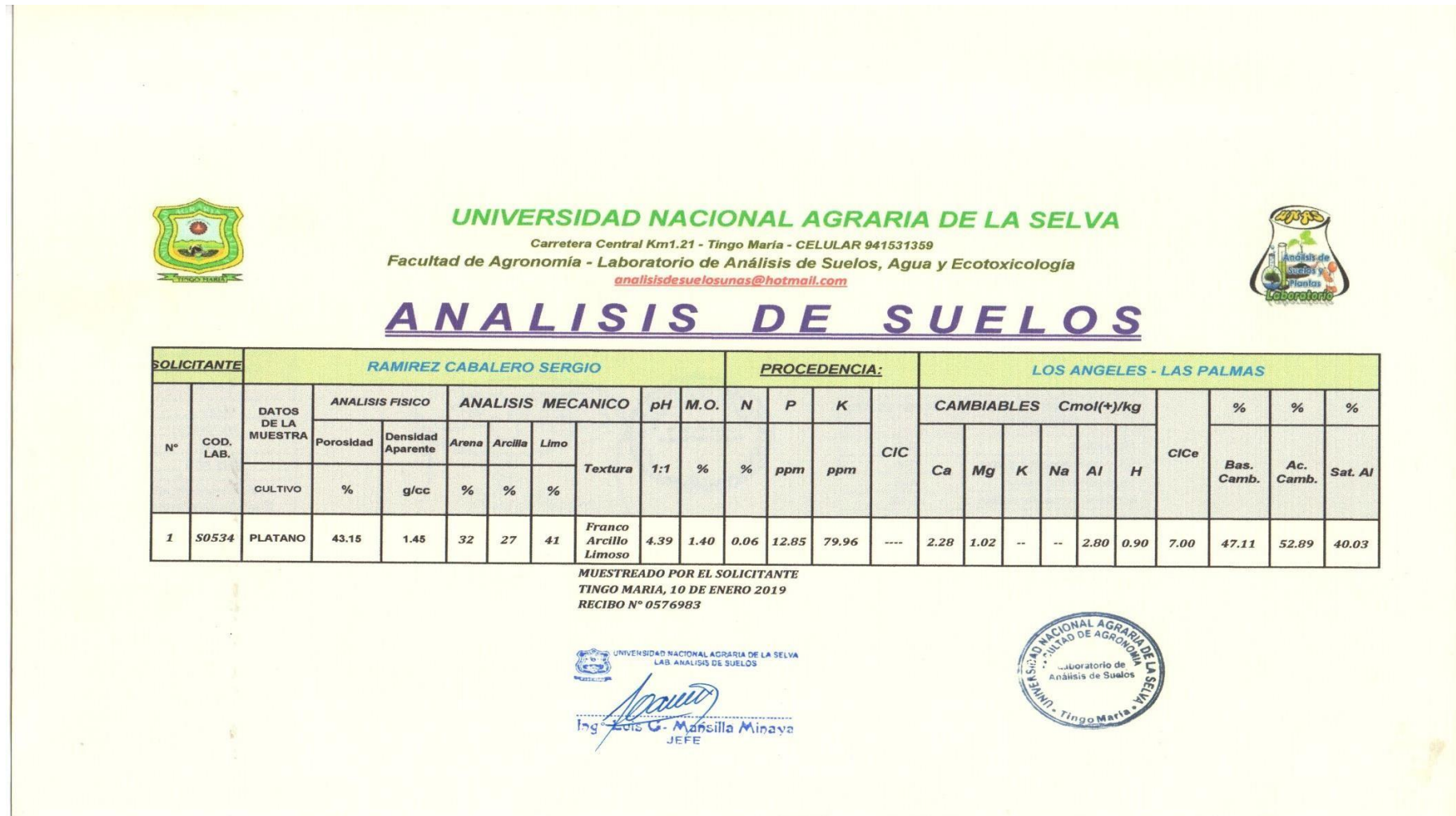


Figura 26. Análisis de suelo antes de la limpieza de la parcela



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		RAMIREZ CABALERO SERGIO										PROCEDENCIA:			LOS ANGELES - LAS PALMAS									
N°	COD. LAB.	DATOS DE LA MUESTRA	ANÁLISIS FÍSICO		ANÁLISIS MECÁNICO			pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%	
			Porosidad	Densidad Aparente	Arena	Arcilla	Limo	Textura	1:1	%	%	ppm		ppm	Ca	Mg	K	Na	Al		H	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al
		CULTIVO	%	g/cc	%	%	%																	
1	S0535	PLATANO	45.05	1.51	46	17	37	Franco	4.34	1.35	0.06	12.75	65.48	----	2.27	0.99	--	--	2.50	0.60	6.36	51.26	48.74	39.31

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
 TINGO MARIA, 26 DE MARZO 2019
 RECIBO N° 0576983

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 LAB. ANÁLISIS DE SUELOS

 Ing. G. Mancilla Minaya
 JEFE



Figura 27. Análisis de suelo después de la quema de la parcela



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:		RAMIREZ CABALERO SERGIO											PROCEDENCIA:		LOS ANGELES - LAS PALMAS													
N°	COD. LAB.	DATOS DE LA MUESTRA	ANÁLISIS FÍSICO		ANÁLISIS MECÁNICO			pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%					
			Porosidad	Densidad Aparente	Arena	Arcilla	Limo							Textura	1:1	%	%	ppm	ppm					Ca	Mg	K	Na	Al
		CULTIVO	%	g/cc	%	%	%																					
1	S0415	MACORILLA Y MULTICULTIVO	46.2	1.1	44	27	29	Franco Arcilloso	4.33	1.34	0.06	12.66	64.97	---	2.14	0.98	--	--	6.00	1.60	10.71	29.07	70.93	56.00				

MUESTREO POR EL SOLICITANTE
 TINGO MARIA, 14 DE NOVIEMBRE 2018
 RECIBO N° 0573180

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 LAB. ANÁLISIS DE SUELOS

 Ing. Luis G. Mansilla Mayaya
 JEFE



Figura 28. Análisis de suelo post quema de la parcela