

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRIA EN CIENCIAS EN AGROECOLOGIA

MENCION: GESTION AMBIENTAL



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELO MEDIANTE
INDICADORES, SEGÚN EL TIPO DE USO EN SAN ALEJANDRO
IRAZOLA – UCAYALI**

TESIS

Para optar el Grado académico de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROECOLOGIA,

MENCION: GESTION AMBIENTAL

Presentado por:

VERÓNICA BLAS BALDEÓN

Tingo María - Perú

2021



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA
SELVA**
ESCUELA DE POSGRADO
DIRECCIÓN



"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS
Nro. 006- 2021-EPG-UNAS

En la ciudad universitaria, siendo las 07:00 Pm, del día miércoles 10 de marzo del 2021, reunidos virtualmente vía Microsoft Team, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:

“EVALUACION DE LA CALIDAD DE SUELO MENDIANTE INDICADORES, SEGÚN EL TIPO DE USO EN SAN ALEJANDRO IRAZOLA - UCAYALI”

A cargo del candidato al Grado de Maestro en Ciencias en Agroecología, Mención: Gestión Ambiental, la Sra. Verónica Blas Baldeon.

Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el Jurado Calificador procedió a emitir su fallo declarando **APROBADO**, con el calificativo de **MUY BUENO**.

Acto seguido, a horas 09:10 pm, el presidente dio por culminada la sustentación; procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.

.....
Dr. LUCIO MANRIQUE DE LARA SUAREZ
Presidente del Jurado

.....
Ing. MSc JOSE KALION GUERRA LU
Miembro del Jurado

.....
Ing. MSc. JOSE LEVANO CRISOSTOMO
Miembro del Jurado

.....
Dr. JOSE WILFREDO ZAVALA SOLORZANO
Asesor



VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
OFICINA DE INVESTIGACION

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

**REGISTRO DE TESIS PARA OBTENCION DEL GRADO
ACADEMICO DE MAESTRO, INVESTIGACION, DOCENTE Y
TESISTA.**

I. DATOS GENERALES DE POSGRADO.

Universidad	: Universidad Nacional Agraria de la Selva
Maestría	: Ciencias en Agroecología
Mención	: Gestión ambiental
Título de la tesis	: Evaluación de la calidad de suelo mediante indicadores, según el tipo de uso en San Alejandro Irazola – Ucayali.
Autor	: Ing. Veronica Blas Baldeon
Asesor de Tesis	: Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano
Programa de Investigación	: Gestión ambiental
Eje temático de investigación:	Índices, indicadores, estándares de Calidad Ambiental.
Lugar de ejecución	: San Alejandro Irazola – Ucayali
Duración	: Inicio 20/06/2018 - final 18/01/2020
Financiamiento	: Monto de s/. 6 108.00 propio

DEDICATORIA

A mi Dios, por haberme guiado por el buen camino, por no desampararme, estar presente en todo lo que haga y por sus incontables bendiciones.

Con todo mi amor a mi querida madre; Cleira María Baldeón Pacheco, y a mis hermanos; Beatriz Blas Baldeón, Carlos Blas Baldeón, Hugo Blas Baldeón, Miguel Ángel Blas Baldeón, Carolay Blas Baldeón, Cristian Pool Rojas Baldeón, Maricruz Limaymanta Baldeón; por motivarme y apoyarme siempre para que yo pudiera lograr mis sueños,

AGRADECIMIENTO

A DIOS, por ser mi principal guía, por darme la fuerza necesaria para salir adelante y lograr alcanzar esta meta.

Al Dr. Lucio Manrique De Lara Suarez, Dr. Guerra Lu José Kalion, MSc. José Lévano Crisóstomo, por su valiosa guía y aporte de sus conocimientos profesionales hizo posible la culminación del trabajo de investigación.

Al Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano, Por brindarme sus valiosos conocimientos; para la realización de esta tesis.

A Dr. Cesar Samuel López López, jefe de Laboratorio de Microbiología General, por facilitarme un ambiente en dicho laboratorio para la evaluación de los parámetros biológicos del suelo del trabajo de investigación.

A mi familia que siempre están influyeron en mi formación profesional y en la realización de la presente tesis.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	01
II. REVISION DE LITERATURA.....	03
2.1. Calidad de suelo.....	03
2.2. Indicadores de calidad.....	04
2.2.1. Indicadores Físicos.....	05
2.2.1.1. Textura del suelo.....	06
2.2.1.2. Densidad aparente.....	06
2.2.1.3. Velocidad de infiltración.....	08
2.2.1.4. Capacidad de retención de agua.....	09
2.2.1.5. Profundidad efectiva.....	09
2.2.1.6. Temperatura del suelo.....	10
2.2.1.7. Humedad del suelo.....	10
2.2.2. Indicadores químicos.....	10
2.2.2.1. Materia orgánica.....	11
2.2.2.2. Reacción del suelo.....	12
2.2.2.3. Capacidad de intercambio catiónico.....	13
2.2.2.4. Conductividad eléctrica.....	14
2.2.2.5. Nitrógeno total.....	15
2.2.2.6. Fosforo total.....	16
2.2.2.7. Potasio intercambiable.....	17
2.2.2.8. Calcio intercambiable.....	18
2.2.2.9. Magnesio intercambiable.....	19
2.2.2.10. Sodio intercambiable.....	20
2.2.3. Indicadores biológicos.....	21
2.2.3.1. Biomasa microbiana.....	21
2.2.3.2. Respiración microbiana.....	21
2.2.3.3. Numero de lombrices.....	23
2.3. Tipo de uso de suelo.....	24
2.3.1. Siembra Directa.....	24
2.3.2. Purma baja.....	25
2.3.3. Pastizal.....	26

2.3.4. Bosque.....	26
2.4. Hipótesis.....	27
2.4.1. Hipótesis General.....	27
2.4.2. hipótesis específico.....	27
III. MATERIALES Y METODOS.....	28
3.1. Ubicación geográfica.....	28
3.1.1. Factores climáticos.....	29
3.1.2 Geomorfología.....	29
3.1.3. Fisiografía.....	30
3.1.4. Hidrografía.....	30
3.1.5. Geología.....	30
3.2. Tipo y nivel de investigación.....	31
3.2.1. Tipo de investigación.....	31
3.2.2. Nivel de investigación.....	31
3.3. Población, muestra y unidad de análisis.....	31
3.4. Variables e indicadores.....	32
3.5. Prueba de hipótesis.....	32
3.5.1. Tipo de diseño.....	32
3.5.2. Técnica estadística.....	32
3.5.2.1. Análisis estadístico.....	32
3.5.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	33
3.5.3.1. técnicas e instrumentos de información bibliográfica.....	33
3.5.3.2. técnicas e instrumentos de campo.....	33
3.6. Materiales y Equipos.....	33
3.6.1. Materiales de laboratorio.....	33
3.6.2. Materiales de campo.....	34

3.6.3. Equipos de laboratorio.....	35
3.6.4. Equipos de campo.....	35
3.6.5. Reactivos de laboratorio.....	35
3.7. Metodología de campo.....	35
3.7.1. Etapa de pre campo.....	35
3.7.2. Etapa de campo.....	36
3.7.2.1 Coordinación y ubicación de los sitios de muestreo.....	36
3.7.2.2. Identificación de los sitios de muestreo de suelos.....	36
3.7.2.3. Características de los tipos de uso en estudio.....	36
3.7.2.4. Muestreo de suelos.....	38
3.7.2.5. Determinación de los indicadores físicos.....	38
3.7.2.6. Determinación de los indicadores químicos.....	40
3.7.2.7. Determinación de los indicadores biológicos.....	41
3.7.3. Etapa de gabinete.....	44
3.7.3.1. Estimación de la calidad.....	44
IV. RESULTADOS.....	47
4.1. Indicadores físicos.....	47
4.1.1. Textura del suelo.....	47
4.1.2. Densidad aparente.....	47
4.1.3. Velocidad de infiltración.....	48
4.1.4. Profundidad efectiva.....	49
4.1.5. Capacidad de retención de agua.....	50
4.1.6. Temperatura.....	50

4.1.7. Humedad.....	50
4.2. Indicadores químicos.....	52
4.2.1. Materia orgánica.....	52
4.2.2. Reacción del suelo.....	52
4.2.3. Capacidad de intercambio catiónico.....	52
4.2.4. Conductividad eléctrica.....	52
4.2.5. Nitrógeno total.....	55
4.2.6. Fosforo total.....	55
4.2.7. Potasio disponible.....	55
4.2.8. Magnesio intercambiable.....	57
4.2.9. Calcio intercambiable.....	57
4.2.10. Sodio intercambiable.....	57
4.3. Indicadores biológicos.....	59
4.3.1. Biomasa Microbiana.....	59
4.3.2. Respiración del suelo.....	60
4.3.3. Numero de lombrices.....	61
4.4. Determinación de la calidad del suelo mediante el subíndice de uso sustentable del suelo (SUSS).....	62
V. DISCUSIÓN.....	72
VI. CONCLUSIONES.....	73
VII. RECOMENDACIONES.....	87
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFIA.....	74

INDICES DE CUADROS

Cuadro	Página
01. Propiedad según la textura del suelo.....	06
02. Interpretativos de rangos para densidad aparente y crecimiento radicular, en base a la textura del suelo.....	08
03. Velocidad de infiltración.....	09
04. Rangos interpretativos para el contenido de la materia orgánica (%).....	11
05. Rangos interpretativos para el pH (relación 2:1).....	13
06. Rangos interpretativos para CIC.....	14
07. Rangos interpretativos para la conductividad eléctrica.....	15
08. Rangos interpretativos para el nitrógeno total.....	16
09. Rangos interpretativos para el fósforo total.....	17
10. Rangos interpretativos para potasio (K) intercambiable.....	18
11. Rangos interpretativos para el calcio (Ca) intercambiable.....	19
12. Rangos interpretativos para magnesio (Mg) intercambiable.....	20
13. Rangos interpretativos para Sodio (Na) intercambiable.....	20
14. Respiración del suelo.....	23
15. Variables e indicadores.....	46
16. Los rangos de los valores deseables y los valores de corte de cada indicador.....	46
17. Los rangos de valores deseables para cada parámetro considerado en la estimación del SUSS	47
18. Textura de los cuatro tipos de uso del suelo.....	47

19. Densidad aparente en los cuatro tipos de uso del suelo.....	47
20. La velocidad de infiltración en los cuatro tipos de uso de suelo.....	48
21. Profundidad efectiva en los cuatro tipos de uso de suelo.....	49
22. Capacidad de retención de agua, temperatura y humedad en los cuatro tipos de usos de suelo.....	50
23. Materia orgánica, reacción del suelo, capacidad de intercambio catiónico y conductividad eléctrica de los cuatro tipos de uso del suelo.....	52
24. Nitrógeno total, fósforo disponible y potasio disponible de los cuatro tipos de uso del suelo.....	55
25. Calcio intercambiable, Magnesio intercambiable y Sodio intercambiable de los cuatro tipos d uso de suelo.....	57
26. Biomasa microbiana de los cuatro tipos de usos de suelo.....	59
27. Respiración del suelo de los cuatro tipos de usos de suelos.....	60
28. Número de lombrices en los cuatro tipos de usos de suelo.....	61
29. Índice de sustentabilidad de los cuatro tipos de uso.....	62

INDICE DE FIGURAS

Figuras	Página
01. Mapa de ubicación del área estudiada.....	28
02. Densidad aparente en los cuatro tipos de uso de suelo.....	48
03. Velocidad de infiltración de los cuatro tipos de uso de suelo.....	49
04. Profundidad efectiva de los cuatro tipos de usos de suelos.....	50
05. Capacidad de retención de agua de los cuatro tipos de usos.....	51
06. Temperatura de los cuatro tipos de usos de suelo.....	51
07. Humedad de los cuatro tipos de uso de suelo.....	52
08. Materia orgánica de los cuatro tipos de usos de suelo.....	53
09. Reacción del suelo de los cuatro tipos de usos de suelo.....	53
10. Capacidad de intercambio catiónico de los cuatro tipos de usos de suelo.....	54
11. Conductividad eléctrica de los cuatro tipos de usos de suelos.....	54
12. Nitrógeno total de los cuatro tipos de usos de suelos.....	55
13. Fosforo disponible de los cuatro tipos de usos de suelos.....	56
14. Potasio disponible de los cuatro tipos de usos de suelos.....	56
15. Magnesio intercambiable de los cuatro tipos de usos de suelo.....	58
16. Calcio intercambiable de los cuatro tipos de usos de suelos.....	58
17. Sodio intercambiable de los cuatro tipos de usos de suelos.....	59
18. Biomasa microbiana de los cuatro tipos de usos de suelos.....	60
19. Respiración edáfica de los cuatro tipos de usos de suelos.....	61
20. Número de lombrices de los cuatro tipos de uso de suelos.....	62
21. Tipo de uso siembra directa.....	78
22. Tipo de uso purma baja.....	78
23. Tipo de uso pastizal.....	79
24. Tipo de uso bosque.....	79
25. Determinación de la textura.....	80
26. Determinación de la densidad aparente.....	80
27. Determinación de la Infiltración.....	81
28. Determinación de profundidad efectiva.....	81

29. Muestreo de suelos.....	82
30. Determinación del pH.....	82
31. Determinación de la biomasa microbiana.....	83
32. Determinación de la respiración microbiana.....	83
33. Numero de lombrices.....	84
34. Ficha de resultados del analisis químico de los cuatro tipo de uso de suelo.....	85

RESUMEN

Se evaluó la calidad de suelo mediante indicadores, según el tipo de uso de los suelos en san Alejandro Irazola – Ucayali, con una zona de vida bosque húmedo tropical – (Bh_tr). El tipo de investigación aplicada, nivel descriptivo-comparativo, diseño no experimental, la población constituida por todos los tipos de usos de la zona. donde las observaciones fueron propiedades físicas, como textura, densidad aparente, velocidad de infiltración, capacidad de retención de agua, profundidad efectiva, temperatura y humedad; propiedades químicas, como materia orgánica, reacción del suelo, capacidad de intercambio catiónico, conductividad eléctrica, nitrógeno total, fósforo total, potasio intercambiable, calcio intercambiable, magnesio intercambiable, sodio intercambiable; propiedades Biológicas como biomasa microbiana, respiración microbiana y número de lombrices; se evaluó la calidad del suelo mediante el subíndice de uso sustentable del suelo (SUSS). La técnica e instrumentos de recopilación de información bibliográfica y de campo es el análisis de contenido el registro, la observación y el instrumento; cuaderno de campo. Los resultados permitieron concluir; que el sub índice sustentable de suelo en los cuatro tipos de usos de suelos se determinó que el tipo de uso siembra directa y pastizal, obtuvo un valor de 0.59 y 0.63 la cual describe una calidad de “MARGINAL”; y los tipos de usos de suelo purma baja y bosque presentan una calidad de “SENSIBLE” recomendando adicionar al suelo enmiendas orgánicas ya sean humus, compost vegetal y de estiércol, vermicompost así como el bocashi, y la siembra de leguminosas realizar sistema silvopastoril ya que los árboles plantados servirán de protección y sombra del suelo y al ganado, ayudando a la mejora de la fertilidad y al incremento de microorganismos benéficos como la presencia de lombrices en el suelo.

Palabras claves: calidad de suelos – propiedades – tipos de uso

ABSTRACT

Soil quality was evaluated through indicators, according to the type of land use in San Alejandro Irazola - Ucayali, with a tropical humid forest life zone - (Bh_tr). The type of applied research, non-experimental level, the population made up of all types of uses in the area. Without design, where the observations were physical properties, such as texture, bulk density, infiltration rate, water holding capacity, effective depth, temperature and humidity; chemical properties such as organic matter, soil reaction, cation exchange capacity, electrical conductivity, total nitrogen, total phosphorous, exchangeable potassium, exchangeable calcium, exchangeable magnesium, exchangeable sodium; Biological properties such as microbial biomass, microbial respiration and number of worms; Soil quality was assessed using the Sustainable Land Use Subindex (SUSS). The technique and instruments for collecting bibliographic and field information is the content analysis, the record, the observation and the instrument; field notebook. The results allowed to conclude; that the sustainable sub index of soil in the four types of land uses was determined that the type of use direct sowing and pasture, obtained a value of 0.59 and 0.63 which describes a quality of "MARGINAL"; and the types of land uses purma low and forest present a quality of "SENSITIVE" recommending adding organic amendments to the soil, whether humus, compost and manure, vermicompost as well as bocashi, and the planting of legumes to carry out a silvopastoral system since the planted trees will serve as protection and shade for the soil and livestock, helping to improve fertility and increase beneficial microorganisms such as the presence of earthworms in the soil.

Key words: soil quality - properties - types of use

I. INTRODUCCIÓN

El suelo es uno de los recursos de vida más básicos del mundo porque es la base principal para el desarrollo agrícola y forestal. Sin embargo, la creciente demanda de producción de alimentos ha llevado al uso intensivo del suelo, unido a un uso inadecuado y excesivo, el cual, lo está deteriorando.

Calidad de suelo es cuando un suelo te brinda las condiciones óptimas y sustentables para el crecimiento y desarrollo de las plantas. La calidad de suelo es dinámico y puede verse afectado a breve plazo, esto sucede por causa de los diferentes tipos o sistemas de uso de suelo que se están utilizando; y que las mismas, están causando en el incremento a la erosión del suelo, la pérdida de las propiedades físicas químicas y biológicas, que están llevando así a la pérdida de su fertilidad, la degradación del ecosistema y alteración de la biodiversidad del suelo, bajando su potencial cualitativo y cuantitativo y por ultimo reduciendo la capacidad actual y potencial del suelo; convirtiéndose estas acciones en una contaminación silenciosa que está progresando rápidamente en América Latina.

En base a ello las evaluaciones para la sostenibilidad de los sistemas de producción disponen de indicadores que toleran determinar la calidad de suelo a un breve plazo, que producirá el manejo del suelo. Siendo estos indicadores como: las propiedades físicas, propiedades químicas y propiedades biológicas, que nos ayudará en el monitoreo del suelo y que permitirá proponer mecanismos para restaurar, revertir y contener su degradación.

El distrito de San Alejandro, constituía toda su área con bosques exuberantes, sin embargo, éste se han ido reduciendo, debido a al aprovechamiento indiscriminada del recurso forestal, el desmonte y la quema de bosques y el cambio de uso para la habilitación de lotes agrícolas, pastizales y hoy en día forestales. Para ello, la identificación y análisis del suelo mediante

indicadores biológicos son fundamentales para entender cómo, dónde y qué tanto se está perdiendo el recurso edáfico en la zona.

De ahí que el problema general planteado fue ¿Cuál es la calidad de suelo mediante indicadores, según el tipo de uso en san Alejandro Irazola- Ucayali? y su problema específico, ¿Cuáles son las propiedades físicas según el tipo de uso del suelo: siembra directa, purma baja, pastizal y área de bosque?, ¿Cuáles son las propiedades químicas según el tipo de uso de suelo: siembra directa, purma baja, pastizal y área de bosque?, ¿Cuáles son las propiedades biológicas según el tipo de uso de suelo: siembra directa, purma baja, pastizal y área de bosque?

Objetivo general

Determinar la calidad de suelo mediante indicadores, según el tipo de uso en San Alejandro Irazola Ucayali.

Objetivos específicos

Es determinar las propiedades físicas según el tipo de uso de suelo: siembra directa, purma baja, pastizal y área de bosque.

Evaluar las propiedades químicas según el tipo de uso de suelo: siembra directa, purma baja, pastizal y área de bosque.

Determinar las propiedades biológicas según el tipo de uso de suelo: siembra directa, purma baja, pastizal y área de bosque.

Comparar las diferencias estadísticas significativas en la calidad del suelo según el tipo de uso.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Calidad del suelo

“Una parte básica de la biosfera es el suelo, porque es la interfaz entre la tierra, el aire y el agua. Es un recurso no renovable que realiza algunas funciones importantes en la vida en la escala de tiempo humana” (Karlen *et al.* 1997, citado por Jiménez y Gonzales 2006).

Se identifica como calidad del suelo, por su función en ecosistemas naturales o modificados, su capacidad para mantener la productividad de las plantas y los animales y mantener y mejorar la calidad del agua y el aire, contribuyendo así a la salud humana y la vivienda. Por los procesos microbianos en el suelo, la calidad del suelo está fuertemente influenciada, que están relacionados con la diversidad. Por consecuencia, es tan probable que el mantenimiento de la estructura de la comunidad microbiana sea un indicador temprano y muy sensible de la degradación o el agotamiento del suelo (Abril 2003).

“La calidad del suelo se define como la capacidad de funcionar en ecosistemas naturales o humanos; mantener o aumentar la productividad de animales y plantas; mantener y controlar la calidad ambiental y apoyar la habitabilidad y la salud humanas” (Bone *et al.* 2010).

“El concepto de calidad del suelo se refiere a la facultad de éste para originar o ser empleado sin degradarse ni degenerar sus funciones ambientales, por lo que corresponde a la facultad del recurso para realizar sus funciones de manera sostenible” (Garbisu *et al.* 2007).

En contextos agrícolas la calidad del suelo es definida así por la dinámica del suelo para sustentar rendimientos crecientes en la producción vegetal. En términos agrícola, la calidad puede ser encaminada para acrecentar la producción con una consecuencia secundaria adverso sobre el ambiente, mientras en un ecosistema natural la calidad del suelo puede ser estimada

como un valor base o un conjunto de valores que puedan ser vigilados en el tiempo así evaluar su variación (De Clerk y Singer 2003).

La calidad del suelo se rige por tres principios: a) Productividad del suelo, que se refiere a la capacidad de promover la productividad de los ecosistemas agrícolas sin desperdiciar sus propiedades biológicas, químicas y físicas; b) La calidad ambiental, entendida como la reducción del suelo de contaminantes ambientales y la capacidad de patógenos, va acompañada de los servicios ecosistémicos que brinda (almacenamiento de C, conservación de la biodiversidad, reposición de acuíferos, etc.); c) La salud se refiere a la capacidad del suelo para producir alimentos saludables, nutritivos, para el consumo de nosotros los humanos y otros organismos vivos (Astier *et al.* 2002).

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación –SAGARPA- (2012) reporta:

No siempre se consideran sinónimos a la calidad y la salud del suelo, pues no son similares. Sin embargo, la calidad del suelo debe interpretarse como útil para un propósito específico durante un período de tiempo más largo. El estado de sus características de actividad como el contenido de materia orgánica, biodiversidad o carga microbiana en un momento determinado representa la salud del suelo e influye en propiedades como fertilizante y mayor productividad. Últimamente, la calidad del suelo ha tenido por definición como una medida de su capacidad para funcionar normalmente en ciertos usos, p. Ej. B. en la captación, recolección y reutilización de agua, minerales y energía para producir plantas y mantener un ambiente saludable.

2.2. Indicadores de calidad

La calidad del suelo depende de las características químicas, físicas y biológicas generales. Estas características de acuerdo con sus cambios temporales y espaciales, la vulnerabilidad a los cambios de uso y manejo de la tierra y las distinciones obvias u obvias entre los sistemas de manejo,

enmascaran el efecto al suelo. Cambios y fáciles de explicar e implementar, se pueden utilizar como indicadores de calidad (Cantú *et al.* 2007).

El índice de calidad del suelo se entiende como una herramienta de medición que debe proporcionar datos sobre características, procesos y características. La medición de estos valores puede monitorear el impacto del manejo en la función del suelo en un momento dado (Astier *et al.* 2002).

Los indicadores de calidad son una base importante de conocimiento, ya que brindan estrategias y medidas para el ordenamiento del territorio, así como información preventiva y condiciones esperadas. También son importantes en la toma de decisiones de los ganaderos y agricultores y en la formulación de los recursos del suelo. Las políticas de protección son críticas (Doran y Zeiss 2000).

SAGARPA (2012) señala que “Los indicadores de calidad del suelo deben estar relacionados con la permeabilidad del suelo que es sensible a los cambios en el uso del suelo y corresponde a parámetros físicos, químicos y biológicos”.

2.2.1. Indicadores físicos del suelo

Los más importantes indicadores físicos con respecto al tamaño y disposición; son la porosidad, densidad aparente, resistencia a la permeabilidad, capacidad de retención de agua, conductividad hidráulica, tamaño y estabilidad del agregado, profundidad y textura. Estos indicadores reflejan principalmente las limitaciones del crecimiento de las raíces, la apariencia de las plántulas, la penetración del agua o el movimiento en el perfil del suelo, la retención, transferencia y circulación de nutrientes y el intercambio perfecto de gases (Schoenholtza *et al.* 2000).

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos -USDA- (1999) reporta “como indicadores físicos de estructura, densidad aparente, textura, espesor del horizonte superior, estabilidad de los agregados, temperatura e infiltración”.

2.2.1.1. Textura

Es el tamaño relativo de los diferentes grupos dimensionales o fraccionales, dependerá de la naturaleza de la roca madre, así como de los factores y los procesos de composición del suelo, representa el porcentaje en que se encuentra la (el) material mineral que constituye el suelo: arena gruesa, arena media, arena fina, limo y arcilla. Esta característica gobierna la velocidad y magnitud de muchas reacciones físico-químicas, porque determina la superficie en que tiene lugar las reacciones (Asado, 2012: 167).

SAGARPA (2012) reporta:

La textura indica el porcentaje relativo de los elementos que componen el suelo: arcilla, arena fangosa, arena fina, arena media y arena gruesa. El suelo debe tener la mejor textura cuando la proporción de sus componentes lo convierte en un portador que puede adaptarse a las raíces de las plantas y a su fijación de nutrientes. Está relacionado con la facilidad de procesamiento del suelo, la porción de agua y aire retenidos y la tasa de penetración y paso del agua a través del suelo.

Cuadro N° 01. Propiedad según la textura del suelo.

Propiedad	Suelo arenoso	Suelo arcilloso	Suelo franco
Permeabilidad	Alta	Nula	Media
Capacidad de retención de agua	Poco	Mucho	Medio
Aireación	Buena	Mala	Buena
Nutrientes	Poco	Mucho	Medio-alto
Tamaño de partículas	Medias	Muy finas	Finas

Fuente: escarlata (2011)

2.2.1.2. Densidad aparente

Ingaramo *et al.* (2003) sostienen:

Para evaluar la calidad del suelo, la densidad aparente es un atributo auxiliar y éste se puede utilizar como indicador de la estructura del suelo, la resistencia mecánica y la cohesión. Si se muestran cambios en la densidad aparente

significan cambios en la estructura del suelo debido a la conexión entre la densidad aparente y la porosidad total.

Sánchez (2007) sostiene que:

La densidad aparente depende del grado de porosidad o porosidad del suelo, es una estimación más variable y también depende de la textura, contenido orgánico y estructura. La densidad real se utiliza para calcular el grado de compactación de ciertos suelos después de un trabajo permanente con maquinaria pesada en la capa cultivada. Esta compactación se puede mostrar en la misma capa o en la profundidad del suelo.

“Pueden usarse a la densidad aparente del suelo como indicador de compactación y restricción del crecimiento de las raíces. La densidad aparente típica del suelo está en el rango de 1.0 a 1.7 g/cm³ y generalmente aumenta con la profundidad del perfil” (Álvarez 2008).

SAGARPA (2012) reporta:

Debido a la influencia de la resistencia del suelo y la porosidad en el sistema radicular, esta característica cambia el crecimiento de las plantas. Cuando la densidad aparente aumenta, afecta también al aumento de la resistencia mecánica, mientras disminuye la porosidad del suelo, lo que limita el crecimiento de las raíces a un valor crítico. El valor crítico de la densidad aparente de crecimiento de las raíces varía con la textura del suelo y las especies involucradas.

Cuadro N° 02. Interpretación de rangos para densidad aparente y crecimiento de raíces según la textura del suelo.

Textura	Ideal ($g.cm^{-3}$)	Aceptable ($g.cm^{-3}$)	Puede afectar el crecimiento radicular ($g.cm^{-3}$)	Restringe el crecimiento radicular ($g.cm^{-3}$)
Arena, areno- franco	Dap<1.6	1.6≤Dap<1.69	1.69≤Dap<1.8	Dap>1.80
Franco-arenosa, franco	Dap<1.4	1.4≤Dap<1.63	1.63≤Dap<1.8	Dap>1.80
Franco-arcilla- arenosa	Dap<1.4	1.4≤Dap<1.6	1.6≤Dap<1.75	Dap>1.75
Franco arcillosa limosa	Dap<1.3	1.3≤Dap<1.6	1.6≤Dap<1.75	Dap>1.75
Franco-limosa, franco-arcillo limosa	Dap<1.4	1.4≤Dap<1.55	1.55≤Dap<1.65	Dap>1.65
Arcillo-arenosa, arcillo-limosa	Dap<1.1	1.1≤Dap<1.39	1.39≤Dap<1.58	Dap>1.58
Arcillosa(>45% arcilla)	Dap<1.1	1.1≤Dap<1.39	1.39≤Dap<1.47	Dap>1.47

Fuente: SAGARPA (2012)

2.2.1.3. Velocidad de infiltración

La infiltración se define generalmente como la penetración vertical del agua en el perfil del suelo. Este es un proceso amplio y práctico para diseñar y evaluar el riego de la parcela, porque la capacidad de infiltración del suelo determina la velocidad a la que se aplica el agua a la superficie sin escurrimiento (para riego por aspersión) Para riego superficial, ayudará a encontrar la cajeta de surco, centeno o centeno más adecuada, ya que dependen de esta capacidad de infiltración (Delgadillo y Pérez 2016).

Auki y Sereno (2006) Denomina:

Se define por la velocidad máxima a la que el agua ingresa al suelo, como la capacidad de infiltración. La capacidad de penetración depende de muchos factores. El suelo poroso disperso tiene mayor permeabilidad que la arcilla sólida.

Cuadro N° 03. Velocidad y clases de infiltración

Velocidad de infiltración (minutos por centímetro)	Velocidad de infiltración (centímetros por hora)	Clases de infiltración
<1,18	>50,80	Muy rápido
1,8 – 3,94	15,24 - 50,80	Rápido
3,94 - 11,81	50,80 – 15,24	Modernamente rápido
11,81 – 39,37	15,24 – 5,08	Moderado
39,37 – 118,11	5,08 - 1,52	Moderadamente lento
118,11 - 393,70	1,52 - 0,51	Lento
393,70 – 15,748.03	0,51 - 0,0038	Muy lento
>15,748.03	0,0038	Impermeable

Fuente: USDA (1999)

2.2.1.4. Capacidad de retención de agua

Vanderlinden *et al.* (2003) sostienen:

La capacidad de retención de agua del suelo es el intervalo volumétrico de agua entre el punto de marchitez permanente (PMP) y la capacidad de retención de campo (CC). Debido a la enorme variabilidad espacial de los patrones de retención y transferencia de agua del suelo, sus observaciones generalmente carecen de una confianza aceptable.

2.2.1.5. Profundidad efectiva del suelo

Leon (2007) define que:

La profundidad efectiva del suelo es el espacio que se puede introducir en las raíces de las plantas sin mayores obstáculos para obtener el agua y los

nutrientes necesarios. Los hechos han demostrado que esta información es fundamental para el desarrollo de las plantas. Si las condiciones del suelo lo permiten, la mayoría de estos últimos pueden penetrar más de un metro.

Rosas *et al.* (2013) “Se cree que la profundidad efectiva del suelo se refiere a la profundidad a la que las plantas no tienen obstáculos físicos y no pueden hacer que las raíces en el suelo crezcan correctamente”.

2.2.1.6. Temperatura del suelo

La cantidad neta de radiación que llega a la superficie del suelo depende de sus factores externos. Proporcionar cobertura vegetal reduce la radiación global, no solo porque las sombras reducen la radiación directa, sino también porque cambia el albedo. El bosque es más eficiente que la hierba, por lo que en verano, la tierra boscosa densa puede ser 10°C más fría que el suelo sin vegetación (USDA 1999).

2.2.1.7. Humedad del suelo

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria -INTA- (2018) reporta que:

De todos los recursos que las especies vegetales requieren para crecer y desarrollarse, el agua es el más imprescindible. Los desbalances en su flujo, incluso si son diminutos, pueden afectar procesos celulares que intervienen en la aglomeración de materia seca y, como consecuencia, en la productividad de los cultivos

2.2.2. Indicadores químicos del suelo

Los indicadores de calidad química incluyen características que afectan la relación entre el suelo y las plantas, la calidad del agua, la capacidad de amortiguación del suelo y la presencia de agua y nutrientes en plantas y microorganismos. Entre las propiedades químicas más utilizadas como indicadores, el pH, la conductividad eléctrica, el contenido orgánico, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y los nutrientes son los más destacados (fósforo total, fósforo disponible, potasio, nitrógeno total, nitrato, relación amonio a carbono / nitrógeno) (De la Rosa y Sobral 2008).

SAGARPA (2012) reporta que “las propiedades químicas relacionadas a la calidad del suelo de uso agrícola están representadas por las siguientes: materia orgánica, reacción de suelo, capacidad de intercambio catiónico, conductividad eléctrica, nitrógeno total, fósforo y potasio extractables, calcio extractable, magnesio extractable y sodio extractable”.

2.2.2.1. Materia orgánica

La Materia Orgánica del Suelo (MOS) es un compuesto heterogéneo a base de carbono, el cual se forma por el cúmulo de sustancias de origen animal y vegetal parcial o totalmente descompuestas a través de microorganismos y / o métodos químicos y acumuladas en estado de descomposición continua. Todos los microorganismos vivos y muertos y pequeños animales descomponibles (Melendez y Soto 2003).

La función más importante de la materia orgánica es promover el desarrollo de las plantas a través de su influencia en las propiedades biológicas, químicas y físicas del suelo. Tiene efectos directos e indirectos sobre el uso de nutrientes en el crecimiento vegetal, desde el punto de vista nutricional, especialmente en términos de fuentes de energía para nitrógeno, fósforo, azufre y microorganismos fijadores de nitrógeno. La física requiere una estructura óptima del suelo, mejorando así la agricultura, la aireación y la retención de agua, reduciendo la acumulación del suelo, reduciendo así la erosión y mejorando la capacidad de amortiguación (SAGARPA 2012).

Cuadro N° 04. Rangos interpretativos para el contenido de la materia orgánica (%).

Clasificación	(%) MO
Muy bajo	MO < 0.5
Bajo	0.5 ≤ MO < 1.5
Medio	1.5 ≤ MO < 3.5
Alto	3.5 ≤ MO < 6.0

Fuente: SAGARPA (2012)

2.2.2.2. Reacción del suelo pH

Neutralidad o alcalinidad del suelo, la respuesta del suelo (pH) es un índice de acidez, expresado como el logaritmo negativo de la concentración de H^+ , expresado en moles / litro. El valor del pH producido oscila entre 0 y 14. Cuando el catión H^+ en la solución tiene prioridad sobre el anión OH^- , se dice que es ácido. OH^- es alcalino cuando es dominante y neutral cuando el OH^- está en la misma concentración (Martínez 2003).

La reacción del suelo puede ser la propiedad química más básica del suelo, es el medio para el crecimiento de las plantas y su valor de pH lo demuestra. Del mismo modo, la reacción del suelo no solo afecta de manera decisiva la vida de los microorganismos y los procesos significativos en los que participan, sino que también determina la asimilación de diversos elementos químicos esenciales para las plantas (Navarro y Navarro 2003).

SAGARPA (2012) reporta que:

Como todos sabemos, el pH es el logaritmo del potencial de hidrógeno o la actividad H^+ , que cambia directamente la solubilidad, la utilización y la tasa de absorción de los nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los elementos que más afectan el pH incluyen P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn y Cu, la capacidad de intercambio catiónico y el porcentaje de saturación alcalina. En las zonas lluviosas se fomenta el lavado del suelo alcalino. Como resultado, el suelo se vuelve ácido (pH entre 4,0 y 6,5), dando lugar a altas concentraciones de Al soluble y Mn, provocan intoxicación y fijación de fosfatos al ser captados por las raíces. En las zonas áridas, rara vez se lava, el suelo se vuelve alcalino (pH entre 7,0 y 8,5) y la solubilidad del fósforo es baja por causa de la presencia de carbonato de calcio ($CaCO_3$).

El valor del pH tiene un gran efecto sobre los animales y las plantas del suelo, por lo que cuando el valor del pH es $<5,5$, la actividad de las bacterias y los actinomicetos es baja y aumentará en condiciones neutrales.

Cuadro N° 05. Rangos interpretativos para el pH (relación 2:1)

Clasificación	pH
Fuertemente ácido	pH <5.0
Moderadamente ácido	5.0 ≤ pH < 6.5
Neutro	6.5 ≤ pH < 7.3
Medianamente alcalino	7.3 ≤ pH <8.6
Fuertemente alcalino	pH ≥ 8.5

Fuente: SAGARPA (2012)

2.2.2.3. Capacidad de intercambio catiónico

Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura –INTAGRI- (2001) reporta que:

La cantidad total de cargas negativas disponibles en la superficie de las partículas del suelo es por naturaleza química del suelo, así como el número total de cationes intercambiables (cargas negativas totales) que un suelo en particular puede o puede retener. Conocer la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo es fundamental porque este valor indica el potencial del suelo para retener e intercambiar nutrientes.

SAGARPA (2012) informa que los diversos cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , Na^{+} y Al^{3+}) que se pueden retener o intercambiar por un peso dado de suelo son el mayor número de cationes. La fuerza de la carga positiva varía con los cationes, de modo que un catión puede reemplazar a otro catión en partículas de suelo cargadas negativamente con propiedades coloidales, orgánicas e inorgánicas.

Cuadro N° 06. Rangos interpretativos para CIC.

Clase	CIC ($Cmol^{(+)} Kg^{-1}$)
Muy alta	$CIC \geq 40$
Alta	$25 \leq CIC < 40$
Media	$15 \leq CIC < 25$
Baja	$5 \leq CIC < 15$
Muy baja	$CIC < 5$

Fuente: SAGARPA (2012)

2.2.2.4. Conductividad eléctrica

Aguirre (2009) sostiene que:

La conductividad es el parámetro más comúnmente utilizado al estimar la salinidad. Se basa en la velocidad de la corriente que pasa a través de la solución salina, que es proporcional a la concentración de sal en la solución. Hace años, se expresaba en mmhos / cm. En la actualidad se expresa en dS/m (dS=deciSiemens), siendo ambas medidas equivalentes (1 mmhos/cm = 1 dS/m).

Instituto Nacional De Tecnología Agropecuario-INTA- (2001) reporta que:

La conductividad eléctrica (CE) mide la capacidad del suelo para conducir la corriente mediante el uso de la conductividad de la sal; por lo tanto, la CE mide la concentración de sal soluble en la solución del suelo. Debido a la mayor concentración de sal, cuanto más fácilmente fluye la corriente por el mismo suelo, mayor es su valor.

SAGARPA (2012) reporta que:

Esta variable es la recíproca de la resistividad. Cuando la corriente pasa a través de un conductor metálico o electrolítico con una longitud de un centímetro y un área de sección transversal de un centímetro cuadrado, se mide en ohmios. El valor de este parámetro aumenta al aumentar el contenido de sal y simplifica la interpretación de las lecturas.

En la fisiología de las plantas, los efectos de la salinidad se han clasificado como osmóticos, nutritivos y tóxicos. Los dos primeros son efectos secundarios causados por el estrés salino, y la toxicidad es el efecto principal y directo de la sal. Cuando la salinidad hace que el potencial hídrico externo sea más bajo que el potencial celular, se produce la ósmosis, lo que resulta en estrés hídrico (llamado sequía fisiológica), que afecta el crecimiento y crecimiento de las plantas. El efecto nutriente producido por la alta concentración de sal cambia el nivel de absorción de ciertos nutrientes al reducir la absorción de agua por las raíces y solutos, y antagonizar la absorción y transporte de iones.

El efecto tóxico persuadido por la tensión principal puede ser directo, el velo aparece (minutos u horas) y se identifica como daño a la membrana. O indirectamente, lleva más tiempo (días o semanas) desarrollarse y producir cambios en varios procesos metabólicos. Este atributo (CE) solo permite estimar la concentración total de sal en la solución del suelo, pero no se refiere al tipo de sal presente.

Cuadro N° 07. Rangos interpretativos para la conductividad eléctrica.

CE ($Ds.m^{-1}$) a 25°C	Efectos sobre el suelo
CE<1,0	Efectos despreciables de la salinidad
1,0≤CE<2,0	Suelo muy ligeramente salino
2,0≤CE <4,0	Suelo moderadamente salino
4,0≤CE<8,0	Suelo salino
8,0≤16	Suelo fuertemente salino
CE≥16	Suelo muy fuertemente salino

Fuente: SAGARPA (2012)

2.2.2.5. Nitrógeno total

Debido a su propia dinámica y sus ciclos biogeoquímicos, muchos suelos tienen un bajo contenido de nitrógeno. Debido al aporte de materia orgánica (abono orgánico (fertilizante) y residuos de cultivos) y al proceso de fijación bacteriana de la atmósfera, se puede incorporar nitrógeno al suelo (Navarro y Navarro 2003).

Las mismas condiciones climáticas afectan significativamente el contenido de nitrógeno en el suelo, a medida que aumenta la temperatura, el contenido de nitrógeno disminuye; a medida que aumenta la humedad, aumenta el nitrógeno. La mayor pérdida de nitrógeno es la extracción, lixiviación, volatilización, desnitrificación y fijación de amonio de los cultivos (Navarro y Navarro 2003).

SAGARPA (2012) reporta que:

La principal fuente de nitrógeno es la atmósfera, que es el gas principal. Mediante el proceso de fijación biológica de ciertos microorganismos, se puede proporcionar nitrógeno en la atmósfera a las plantas. La mayor parte del nitrógeno del suelo está presente en la formación de compuestos orgánicos y puede ser utilizado por las plantas (a) a través del proceso de mineralización. Las reservas de nitrógeno en el suelo consisten en la descomposición acelerada de materia orgánica, luego humus mineralizado, y una pequeña parte se encuentra en combinaciones inorgánicas (como NH_4^+ y NO_3^-).

Cuadro N° 08. Rangos interpretativos para el nitrógeno total.

Clasificación	(%) N total
Muy bajo	$N < 0,05$
Bajo	$0,05 \leq N < 0,10$
Medio	$0,10 \leq N < 0,15$
Alto	$0,15 \leq N < 0,25$
Muy alto	$N \geq 0,25$

Fuente: SAGARPA (2012)

2.2.2.6. Fosforo total

Takahashi y Anwar (2007) sostienen que “El fósforo (P) es un nutriente de baja solubilidad y baja tasa de migración en el suelo. Suele encontrarse en el caso de crecimiento insuficiente de las plantas y solo puede ser reemplazado por fertilización”.

Debido a la descomposición del lecho rocoso durante la meteorización, este elemento se clasifica como fósforo inorgánico y el fósforo orgánico se encuentra en el humus y la materia orgánica. El contenido total de fósforo en el suelo se expresa como P_2O_5 y rara vez supera las 7 ppm. La mayor parte del fósforo presente en el suelo no puede ser utilizado por las plantas debido a su insolubilidad extremadamente alta. Para ser asimilado, debe encontrar $H_2PO_4^-$ - o $H_2PO_4 =$ en la solución del suelo. Del mismo modo, en condiciones de pH bajo, la absorción de fósforo por las plantas es normal, es decir, cuando el suelo se disuelve y muestra una acidez significativa, porque $H_2PO_4^-$ - es la forma que se absorbe más fácilmente (Navarro y Navarro 2003).

SAGARPA (2012) reporta que:

El fósforo es un elemento importante en forma de fosfato, vital para las plantas y necesario para el crecimiento y desarrollo del potencial genético. Este elemento se limita al suelo, y la mayor parte no existe en una forma que puedan utilizar las plantas. La disponibilidad depende del tipo de suelo y la solubilidad.

Cuadro N° 09. Rangos interpretativos para el fosforo total

Nivel	P ($mg.kg^{-1}$)
Bajo	$P < 5.5$
Medio	$5.5 \leq P < 11$
Alto	$P \geq 11$

Fuente: SAGARPA (2012)

2.2.2.7. Potasio intercambiable del suelo

Este elemento se deriva de la descomposición y descomposición de rocas que contienen minerales de potasio, y también debemos sumarlo a la descomposición de desechos animales y vegetales. El potasio es un elemento nutritivo esencial para todos los seres vivos. Las verduras necesitan mucho de este nutriente, que es similar al requerimiento de

nitrógeno. El potasio juega un papel vital en la activación de varias enzimas, el equilibrio hídrico y el crecimiento de meristemas (Navarro 2003).

El contenido de potasio en el suelo es relativamente alto. Su contenido es K_2O , dependiendo de su textura. La arcilla tiene el mayor contenido, por lo que la arcilla y la arcilla limosa son más abundantes que la arena limosa y el suelo arenoso.

El potasio K es el elemento nutritivo básico de todos los seres vivos. Las verduras necesitan mucho de este nutriente, que es similar al requerimiento de nitrógeno. El potasio juega un papel importante en la activación de una gran cantidad de enzimas, el equilibrio hídrico y el crecimiento de meristemas. El potasio participa en el proceso metabólico y favorece el crecimiento vegetativo, el cuajado, la madurez y la calidad del fruto. Sin embargo, cabe señalar que este cambio en el contenido de potasio se ve afectado por la intensidad de su disminución: extracción de cultivos, lixiviación y erosión (Navarro y Navarro, 2003).

Cuadro N° 10. Rangos interpretativos para potasio (K) intercambiable.

CLASE	K ($Cmol^{(+)} \cdot kg^{-1}$)
Muy baja	$K < 0,2$
Bajo	$0,2 \leq K < 0,3$
Medio	$0,3 \leq K < 0,6$
alto	$K \geq 0,6$

Fuente: SAGARPA (2012)

2.2.2.8. Calcio intercambiable

Comité de Mejora de Suelos Asociación de Sanidad Vegetal de California – SICCPHA- (2004) sostiene:

El calcio es un nutriente estructural porque forma parte de los componentes de la pared y la membrana celular, por lo que la presencia de calcio es fundamental para la formación de nuevas células. Se cree que este elemento contrarresta los efectos tóxicos del ácido oxálico formando oxalato de calcio en las vacuolas.

SAGARPA (2012) reporta que:

En suelos desarrollados bajo condiciones de abundantes lluvias, el álcali puede perderse debido a la lixiviación y extracción de cultivos. Esto puede provocar un pH más bajo y deficiencias nutricionales en los cultivos. Como catión divalente con baja carga de hidratación, puede reemplazar el sodio en el complejo de intercambio y provocar la acumulación de suelo salino.

Cuadro N° 11. Rangos interpretativos para el calcio (Ca) intercambiable

CLASE	Ca(Cmol ⁽⁺⁾ .kg ⁻¹)
Muy baja	Ca <2
Baja	2 ≤ Ca <5
Media	5 ≤ Ca <10
Alta	Ca ≥10

Fuente: SAGARPA (2012)

2.2.2.9. Magnesio intercambiable

INTAGRI (2001) reporta que:

Algunos suelos tienen muy poca retención de cationes en condiciones de alta precipitación y tienen un pH ácido, estos suelos a menudo carecen de Mg, que es producto de la lixiviación y antagonismo con el aluminio (Al). Aunque el magnesio es un elemento que a menudo falta en suelos ácidos, se ha encontrado que el magnesio, como el calcio, también puede reducir la toxicidad del aluminio. Su mecanismo de acción es completamente diferente. Tomando el magnesio como ejemplo, sus efectos beneficiosos son muy obvios. Especialmente utilizado para proteger las raíces de las plantas. Hoy en día, los beneficios de agregar Mg a los cultivos establecidos en estos suelos están plenamente demostrados, ya que puede liberar aniones orgánicos (agua que fluye de las raíces) de manera efectiva y proteger las plantas al quedar con Al, neutralizando y protegiendo el aluminio. Inhibe sus efectos fitotóxicos en la rizosfera (la parte del suelo cercana a la raíz).

Cuadro N° 12. Rangos interpretativos para magnesio (Mg) intercambiable.

CLASE	Mg ($Cmol^{(+)} \cdot kg^{-1}$)
Muy baja	Mg < 0,5
Baja	0,5 ≤ Mg < 1,3
Media	1,3 ≤ Mg < 3,0
Alta	Mg ≥ 3,0

Fuente SAGARPA (2012)

2.2.2.10. Sodio intercambiable

Jenks y Hasegawa (2005) sostienen que “La alta concentración de sodio en el suelo no solo dañará directamente las plantas, sino que también destruirá la estructura del suelo, reduciendo la porosidad y su permeabilidad”.

SAGARPA (2012) reporta que:

Aunque no está demostrado que el sodio sea un nutriente esencial, en algunos casos puede reemplazar al potasio. Muchas especies vegetales tienen mecanismos que reducen la absorción y transporte de sodio hacia las hojas, por lo que no presentan síntomas de toxicidad porque se acumula en tallos, tallos y raíces.

El riesgo de alcalinización (o sodificación) del suelo se determina con la relación de adsorción de sodio (RAS), valorada a través de la siguiente ecuación:

$$RAS = \frac{[Na]}{\sqrt{\frac{1}{2} \times ([Ca] + [Mg])}}$$

Cuadro N° 13. Rangos interpretativo ara Sodio (Na) intercambiable

Clase	Na ($Cmol^{(+)} \cdot kg^{-1}$)
Muy bajo	0,0 ≤ Na < 0,3
Bajo	0,3 ≤ Na < 0,6
Medio	0,6 ≤ Na < 1,0
Alto	1,0 ≤ Na < 1,5
Muy alto	Na ≥ 1,5

Fuente: SAGARPA (2012)

2.2.3. Indicadores biológicos del suelo

Generalmente se refiere a la abundancia y subproductos de organismos, que incluyen bacterias, hongos, nematodos, gusanos, animales con extremidades y artrópodos (Bautista et al., 2000). También considera la cantidad y el rendimiento de los cultivos como indicadores biológicos. (USDA 1999).

2.2.3.1. Biomasa microbiana

Hinostroza *et al.* (2013) sostienen que “Conceptualmente, BMS es un componente vital de la materia orgánica del suelo y una parte de las reservas de energía del suelo. Incluye fuentes potenciales de C, N, P y otros nutrientes en las plantas.”.

El estudio de la biomasa microbiana del suelo (BMS) es esencial para estudiar una variedad de procesos de nutrientes (incluidos los procesos que involucran el ciclo de nutrientes, la descomposición de materia orgánica, la calidad del suelo y aplicaciones de modelado y monitoreo) (Jenkinson 1988, citado por Hinostroza *et al.* 2013).

2.2.3.2. Respiración microbiana

“La respiración es el proceso por el cual los microorganismos del suelo oxidan los sustratos orgánicos a dióxido de carbono (CO₂)” (Paul, 2007), que produce la energía necesaria para el crecimiento y mantenimiento de los microorganismos (Jacinthe y Lal 2005).

En el suelo modificado (adición de materia orgánica), debido al rápido desarrollo de microorganismos y mayor mineralización, se pueden observar cambios en la respiración del suelo. Este aumento de la respiración tiene las siguientes fases: fase inicial, fase de aceleración, fase exponencial, fase de histéresis, fase estacionaria y fase descendente. Entonces, el desarrollo del CO₂ del suelo es una medida de la actividad biológica total del suelo. Con respecto a la respiración del suelo, se puede determinar en el campo o en el laboratorio. La medición de campo mostró grandes cambios y fue imposible distinguir la respiración de los microorganismos de la respiración

de la cubierta vegetal y las raíces de las plantas. Mediciones de laboratorio utilizando suelo homogéneo en condiciones experimentales controladas (Santibáñez 2007).

Para Anderson (1982) citado por García *et al.* (2003) “La definición de respiración microbiana es el consumo de O_2 o la liberación de CO_2 por bacterias, hongos, algas y protozoos, incluido el intercambio de gases producido por el metabolismo de organismos aeróbicos y anaeróbicos.”.

En resumen, podemos concluir que el término respiración del suelo se refiere a la biodinámica general de la biota del suelo, incluidos los microorganismos (bacterias, algas, hongos y protozoos), organismos grandes (mazorcas, nematodos e insectos) y raíz. En el caso de las plantas, la respiración de los microorganismos refleja específicamente la actividad metabólica de los microorganismos; es por ello que la liberación de CO_2 es uno de los parámetros más frecuentes, antiguos y sensibles para cuantificar la actividad microbiana, porque es de muchas formas Responder a los cambios ambientales y los cambios que ocurren durante el proceso de conversión. Materia orgánica, durante este proceso se detecta la etapa inicial de mineralización rápida, es decir, la etapa donde ocurren compuestos que son fácilmente descompuestos por microorganismos, y otra etapa inicial de mineralización lenta; indicando el agotamiento de nutrientes para la microbiota involucrada en la descomposición (Agosta *et al.* 2006).

Cuadro N° 14. Respiración del suelo

Respiración del suelo kg C(en CO ₂) / ha/d	clase	Estado del Suelo
0	Sin actividad del suelo	El suelo no presenta actividad biológica y es virtualmente estéril.
<10,64	Actividad del suelo muy baja	El suelo ha perdido mucha materia orgánica disponible y presenta poca actividad biológica.
10,64 – 17,92	Actividad del suelo moderadamente baja	El suelo ha perdido parte de materia orgánica disponible y la actividad biológica es baja.
17,92 – 35,84	Actividad del suelo mediana	El suelo se está aproximando, o alejando, de un estado ideal de actividad biológica
35,84 - 71,68	Actividad del suelo ideal	El suelo se encuentra en un estado ideal de actividad biológica y tiene suficiente materia orgánica y poblaciones activas de microorganismos.
>71,68	Actividad del suelo inusualmente alta	El suelo tiene una actividad microbiana muy alta y una alta proporción de materia orgánica disponible, posiblemente debido a la adición de grandes cantidades de materia orgánica fresca o compost.

Fuente: USDA (1999)

2.2.3.3. Lombrices

Los gusanos intervienen en este proceso realizando diferentes acciones en diferentes niveles espaciales y temporales. Entre sus funciones más básicas se encuentran: a) Fragmentación física de sustratos orgánicos, lo que aumentará la superficie de ataque a los microorganismos al fragmentarse; b) Modificación, transporte e inoculación de la comunidad microbiana en los residuos (Lores *et al.* 2006).

2.3. Tipos de uso de suelo

2.3.1. Siembra directa

INTA (2011) reporta que “La siembra directa es parte de un sistema integral de producción de granos, que está desarrollado para la siembra sin remover la tierra y cubriendo permanentemente el residuo de la cosecha”.

Perrachón (2005) sostiene que:

La siembra directa consiste en hacer que las semillas entren en contacto con el suelo, evitar el movimiento de la tierra y dejar rastrojos en la superficie. Cabe señalar que la siembra directa no es lo mismo. Por esta razón, tener una sembradora puede hacer que las semillas entren en contacto con el suelo sin labranza, que es más que una siembra directa, y la siembra directa significa no labrar, sino después del tratamiento. La siembra en el suelo tratado biológicamente proporciona el mejor entorno para la siembra, la germinación, la implantación y el crecimiento de las plantas.

Los principales beneficios de la siembra directa son la reducción de la erosión y degradación del suelo, el aumento de la materia orgánica, aumento de la actividad microbiana del suelo y mejora en la estructura del mismo. Algunos de estos beneficios aumentan o disminuyen en menor o mayor proporción dependiendo del tipo de suelo del cual partimos. Cuantos más pobres son los suelos más difíciles se hace mejorarlos, en cambio en suelos buenos el impacto y los resultados son más inmediatos. La reducción de la erosión, es el principal beneficio que se logra al realizar siembra directa, debido a que la tierra que se puede perder luego de una lluvia es imposible de recuperar. El arrastre de agua lleva la tierra más productiva, basta recorrer las chacras luego de alguna lluvia abundante para comprobarlo.

La siembra directa consiste en hacer que las semillas entren en contacto con el suelo, evitar el movimiento de la tierra y dejar rastrojos en la superficie. Cabe señalar que la siembra directa no es lo mismo. Por esta razón, tener una sembradora puede hacer que las semillas entren en

contacto con el suelo sin labranza, que es más que una siembra directa, y la siembra directa significa no labrar, sino después del tratamiento. La siembra en el suelo tratado biológicamente proporciona el mejor entorno para la siembra, la germinación, la implantación y el crecimiento de las plantas (Coyne 2000).

Coyne (2000) informa que:

La población microbiana y la dinámica en el suelo no cultivado son más altas que en el suelo cultivado convencional. Esto puede deberse a que el suelo no cultivado es más húmedo y tiene un mayor contenido de carbono orgánico que el suelo cultivado tradicionalmente.

El sistema de siembra directa es un método fijo que puede capitalizar ciertas ganancias, que solo ocurren cuando el sistema se ha acumulado durante un cierto número de años. Una serie de cultivos dejan rastrojo en la superficie, eliminando el tratamiento mecánico del suelo, reduciendo al mínimo la erosión, principalmente por la muerte y descomposición de las raíces y el efecto protector de los muertos al ser cubiertos por plantas, lo que aumenta la materia orgánica. La superficie integrada en él. Estos procesos aumentan la vida útil de los microorganismos y la meso-fauna, que a su vez renuevan la estructura del suelo (Marchesi 2000).

2.3.2. Bosque secundario o Purma baja

Henaó *et al.* (2015) define: “Después de la destrucción de la vegetación original, se utiliza principalmente para la agricultura y la ganadería, y el bosque secundario de vegetación leñosa que crece en el páramo”.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación –FAO– (2004) reporta que:

Los bosques secundarios se entienden como “bosques que en su mayoría se regeneran a través de procesos naturales después de cambios importantes en la vegetación del bosque virgen en un solo momento o durante un período de tiempo más largo (de origen humano o natural), y existen diferencias importantes”. Comparados con aquellos cerca de

lugares similares En cuanto a bosque virgen, su estructura o las especies que componen su vuelo ".

Wong *et al.* (2001) definen:

En cierto momento o período de tiempo, después de la destrucción provocada por el hombre de la vegetación original, el proceso natural hace que el bosque secundario se renueve continuamente a través del proceso natural. En comparación con el bosque original, la estructura y / o composición del dosel resultante es más diferente.

2.3.3. Pastizal

Guillermo (sf) sostiene que:

Los pastizales naturales son todas las regiones del mundo debido a limitaciones físicas (temperaturas extremadamente bajas o altas, precipitaciones reducidas o inestables, terreno accidentado, estado árido o semiárido, drenaje deficiente, suelo salado, arenoso, estéril o poco profundo, etc.), no es apto para un uso agrícola razonable y constituye una fuente de alimento para animales domésticos y silvestres con plantas nativas, pudiendo también ser utilizado como agua, leña, leña, carbón, animales y lugares recreativos para las personas.

2.3.4. Área boscosa

FAO (2010) reporta como:

No hay signos evidentes de actividades humanas y el proceso ecológico no se ve claramente perturbado por la especie forestal original. Los bosques primitivos, especialmente los bosques tropicales húmedos, constituyen algunos de los ecosistemas terrestres más frondosos y diversos. En los últimos diez años, la superficie de bosques vírgenes ha disminuido aproximadamente un 0,4% cada año, principalmente debido a la tala selectiva y otras intervenciones humanas que reclasifican los bosques vírgenes como "otros bosques regenerados naturalmente".

Los bosques cubren el 29% de la tierra y contienen el 60% del carbono de la vegetación terrestre. A una profundidad de 1 metro, el carbono almacenado en el suelo forestal representa el 36% del carbono total del suelo. Al considerar el manejo forestal, el porcentaje de carbono total es crítico. Normalmente, el carbono del suelo en los bosques naturales está en equilibrio, pero una vez que se produce la deforestación o reforestación, este equilibrio se destruirá. En la actualidad, se estima que cada año se talan entre 15 y 17 millones de hectáreas de bosque, especialmente en las zonas tropicales, donde a menudo se pierde parte del CO_2 , lo que genera una gran cantidad de emisiones de CO_2 (FAO 2001).

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

La calidad de suelo varía según los tipos de uso de suelo en San Alejandro Irazola Ucayali.

2.4.2. Hipótesis Específica

Las propiedades físicas y químicas del suelo difieren según el tipo de uso de suelo como: la siembra directa, purma baja, pastizal y área de bosque.

Las propiedades biológicas tienen diferencias entre los tipos de uso de suelo, como la siembra purma baja, pastizal y área de bosque.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación política y geográfica

El estudio se realizó en la localidad de Santa Cruz en el Km. 111 de la carretera Federico Basadre del distrito de Irazola.

Ubicación política

Departamento	: Ucayali
Provincia	: Padre Abad
Distrito	: Irazola - San Alejandro
Lugar	: Santa Cruz

Ubicación geográfica

Este	: 470308.00
Norte	: 9029530.00
Altitud	: 212 msnm

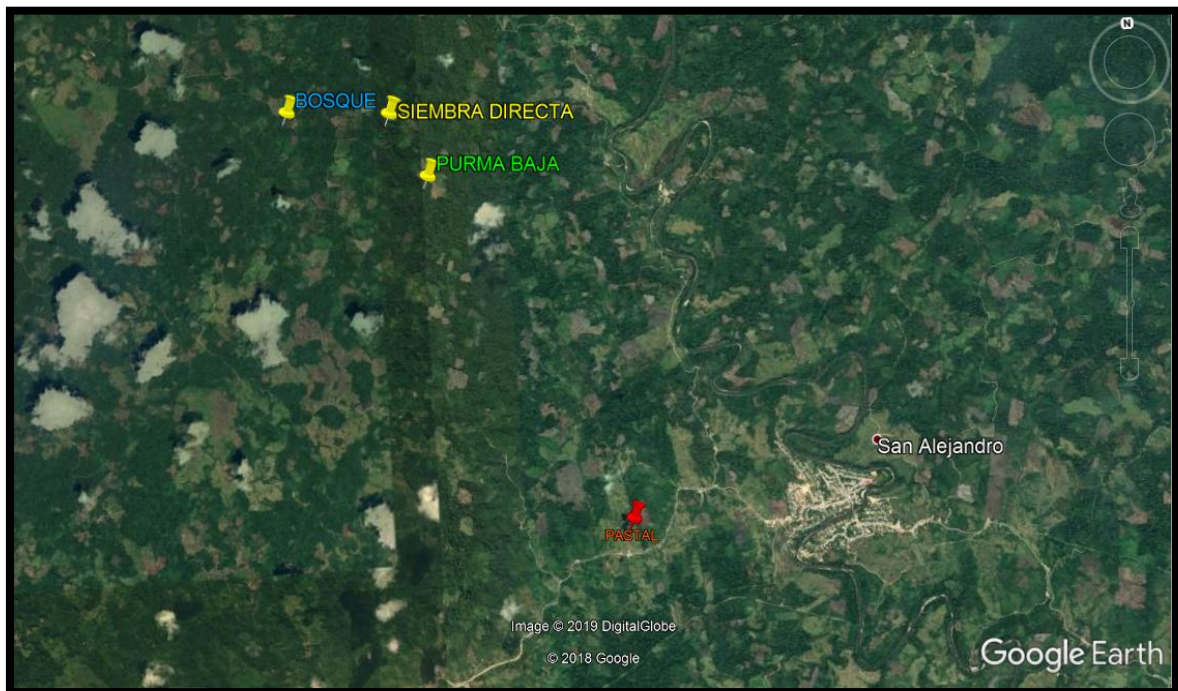


Figura 01. Mapa de ubicación del área estudiada

3.1.1. Factores climáticos

Quillama (2017) sostiene que:

La temperatura promedio del lugar de estudio es de 26,8 °C; la temperatura máxima promedio es de 27,0 °C y la mínima promedio es de 26,6 °C. La humedad relativa promedio es de 78,9 %. La precipitación anual promedio es de 2510.1mm/año (Estación San Alejandro) con la estación muy lluviosa (noviembre – marzo) y otra de menor precipitación (abril – octubre). Pendiente plana o casi plana que va desde 0 hasta 8 grados de inclinación, razón por la cual hace que las aguas del Rio San Alejandro en temporadas de alta precipitación se inunden.

El tipo de suelo en Irazola es Ultisol, el más abundante en la Amazonía peruana. Se le conoce como terreno elevado y ocupa el 65% de este suelo natural, con pendientes que oscilan entre el 10 y el 70%, son rojos y amarillos de baja fertilidad natural con un pH que va de 5.5 – 7

3.1.2 Geomorfología

Quillama (2017) informa:

En el escenario regional se describe una configuración física donde evolucionaron en materiales terrestres bajo la influencia de procesos naturales externos e internos con el fin de lograr la configuración física actual, las cuales son: colinas altas, se encuentran ampliamente distribuidas, a manera de franjas alargadas semejante al curso de los principales ríos. Las altitudes fluctúan entre 200 -300 msnm, modeladas a depósitos de las formaciones, Chambira principalmente; llanura fluvio, se caracterizan por ser amplios cerca de la desembocadura de los ríos y un poco más estrechos hacia las colinas, sin embargo, la variación del caudal entre el estiaje y las avenidas dan lugar a cauces poco definidos con grandes áreas de inundación durante los periodos de lluvia.

3.1.3. Fisiografía

Meza y Díaz (2011) afirma que:

Selva Baja: La altitud es de entre 160 y 400 metros, el terreno es ondulado, zonas onduladas y montañosas, terrazas bajas, ríos serpenteantes y humedales (como el río Aguaytía, San Alejandro), en la cubierta vegetal, gran parte de ella es de tropical húmedo. El bosque está formado por colinas bajas y bosques secundarios o tejos, así como una pequeña proporción de bosques tropicales húmedos de colinas altas y bosques tropicales húmedos solubles en agua.

3.1.4. Hidrografía

Quillama (2017) sostiene que:

Se ubica en el cuadrilátero de Río Nova y San Alejandro, se ubica entre las cuencas de los ríos Aguaytía, Pachitea y Neshuya. Los afluentes de la cuenca fluyen desde cerros de mediana elevación con drenaje detrítico. El eje principal está formado por el río San Alejandro en dirección N-S hasta su confluencia con el río Aguaytía. Siendo los principales afluentes: Río Nova, Chambira, Chiao, etc.

3.1.5. Geología

Quillama (2017) sostiene que:

Su estructura litológica está compuesta por clásticos redondos con propiedades sedimentarias clásticas y una matriz arcillo-limo, presentando un material moderadamente consistente que se ve afectado por el proceso de erosión del suelo llevado a cabo por la escorrentía pluvial. El material de la sobrecarga es muy espeso, proveniente de sedimentos aluviales y lecho rocoso de la zona de la playa del río San Alejandro, como rocas sedimentarias clásicas gruesas: areniscas y limolitas, en la zona de cerros bajos de la margen derecha del río Aguaytía. Conglomerado mediano.

3.2. Tipo y nivel de investigación

3.2.1. Tipo de investigación

Aplicada, porque se recurrió a los principios de la ciencia del medio ambiente, biológicas y ciencias del suelo sobre la calidad de suelo mediante indicadores biológicos según el tipo de uso en san Alejandro Irazola, sustentado por Roel Pineda (1997: 212) indica que la investigación aplicada es la que se efectúa con vistas a ampliar el conocimiento científico en algún campo específico de la realidad, a partir de los progresos de la ciencia básica. Los logros de la investigación aplicada expanden el conocimiento de un ámbito concreto, dando lugar a que el conocimiento científico pueda ser utilizado en términos prácticos.

3.2.2. Nivel de investigación

Descriptivo y comparativo, porque se describen las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, y se compara la calidad del suelo según el tipo de uso, lo cual se realiza con el apoyo de Canales et al. (2004: 138) La investigación descriptiva es la base y punto de partida de otros tipos de investigación, su finalidad es determinar el "cómo" o "cómo" de las variables a estudiar en la población. La presencia o ausencia de algo, la frecuencia de ocurrencia del fenómeno.

3.3. Población, muestra y unidad de análisis

Población

Constituido por todos los suelos que existen según el tipo de uso en San Alejandro Irazola

Muestra

Constituida por 1 hectárea por cada tipo de uso de suelo, donde se tomaron 25 submuestras que se homogenizaron y se obtuvo 1 kg de muestra por hectárea.

Tipo de muestreo

Probabilístico en su forma de Muestreo aleatorio simple (MAS), porque al momento del muestreo cualquiera de los suelos tiene la misma probabilidad de ser muestreada.

3.4. Variables e indicadores.

Cuadro N° 15. Variables e indicadores

Variables	Indicadores
Calidad del suelo	Propiedades físicas
	Propiedades químicas
	Propiedades biológicas
Tipo de uso	Siembra directa
	Bosque secundario (Purma baja)
	Pastizal
	Área de bosque

3.5. Prueba de hipótesis

3. 5.1. Tipo de diseño

No experimental y consistió en realizar un croquis de toda el área donde se encuentran los diferentes tipos de uso de suelo y se seleccionaron a los 4 tipos de uso, se delimito el área y se señalaron los puntos de muestreo.

3.5.2. Técnica estadística

3.5.2.1. Análisis estadístico

El presente trabajo de investigación se realizó de manera descriptiva-comparativa, pues se describió y realizó una comparación entre los 4 tipos de uso de suelo para un período de ejecución entre julio y diciembre de 2018. Los datos se procesaron mediante el programa Excel y se presentan mediante figuras tipo barras.

3.5.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.3.1. Técnicas e instrumentos de información bibliográfica

a) Técnicas bibliográficas

Fichaje

Para componer la literatura citada en este trabajo de investigación, se usó la bibliografía de acuerdo con el modelo de redacción IICA – CATIE (Instituto Interamericana de Cooperación por la Agricultura, Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza).

Análisis de contenido

Se utilizó para registrar citas de textos, información en resúmenes y preparar soporte teórico con base en el modelo de redacción IICA-CATIE.

b) Instrumentos bibliográficos

Fichas de localización

Se anotaron los elementos bibliográficos de los libros, revistas, etc.

Fichas de investigación

Se utilizan para organizar los aspectos más importantes del contenido de libros, revistas, trabajos o artículos científicos, como conceptos, definiciones, que son textuales y abstractas.

3.5.3.2. Técnicas e instrumentos de campo

a) Técnicas de campo

La observación, que permitió recolectar información de campo.

b) Instrumentos de campo

Hoja de resultados del laboratorio

3.6. Materiales y equipos

3.6.1. Materiales de laboratorio

Tubos de ensayos

Pipetas

Pinza de sujetados de tubo de ensayo

Tamiz

Matraz enlermeyer

Papel filtro

Picetas

Varilla de vidrio

Vaso de precipitado

Desecador

Bureta

3.6.2. Materiales de campo

Wincha de 50 m

Libreta de campo

Balde plástico de 5 L

Bolsa de plástico de 1 - 2 kg

Etiquetas de papel

Cilindro de aluminio de 3´ de diámetro

Cilindro de plástico de 6´ de diámetro

Machete

Pala recta

Nivel

Cuchillo

Costal

Balde

Papel metálico

Recipiente de 15 cm x 17cm

Trípode

3.6.3. Equipos de laboratorio

Balanza digital

Estufa

Potenciómetro

Espectrofotómetro de absorción atómica

3.6.4. Equipos de campo

Cámara fotográfica

Sistema de posicionamiento global (GPS)

3.6.5. Reactivos de laboratorio

agua destilada

hidroxido de sodio 1M (NaOH)

Fenolftaleína

Alcohol

Ácido clorhídrico (HCL) 0,6 N

Cloroformo (CHCL₃)

3.7. Metodología de campo

3.7.1. Etapa de pre campo

En esta etapa, se ha recopilado toda la información necesaria sobre el área de estudio: así como información sobre el suelo, los sistemas de uso ya

previstos en el área y el reconocimiento general de toda el área donde se establecen los puntos de muestreo. Para sus respectivas evaluaciones.

3.7.2. Etapa de campo

3.7.2.1 Coordinación y ubicación de los sitios de muestreo

Las coordinaciones se realizó con visitas directas al propietario del predio se tomó un área de 1 ha para cada tipo de uso.

3.7.2.2. Identificación de los sitios de muestreo de suelos

Se identificaron 4 parcelas, que se georreferenciaron en coordenadas (UTM). Las parcelas que se seleccionaron corresponden a, siembra directa, bosque secundario (purma baja), pastizal y área de bosque. Las condiciones de los días de muestreo se realizaron en los días soleados.

3.7.2.3. Características de los sistemas en estudio

Bosque

Se encuentra ubicada en 470809.00 m E 9028601.00 m N con un clima de bosque húmedo premontano tropical (Bmh-PT), altitud de 250 a 300 msnm con una temperatura y humedad relativa media anual: 25°C y 85% la precipitación pluvial anual: es de 2000 a 3000 mm su paisaje aluvial, se caracteriza por su topografía relativamente plana con una pendiente de 0 a 5%; y un paisaje colinoso caracterizado por presentar superficies onduladas y alturas variables. Predominantemente tiene una cobertura vegetal natural primaria de bosques de altas de montañas con variedad de especies de hábitat acuático a semi-acuático entre ellos helechos rastreros y arbóreos, musgos, orquídeas, palmeras y flores; la fauna está conformada, por mamíferos, insectos, mariposas, aves y reptiles, El área se encuentra en la margen derecha del río San Alejandro.

Siembra directa (cacao)

Este sistema está ubicado en coordenadas 470308.00 m E 9029530.00 m N. La siembra directa para la plantación de cacao consiste en el uso de tacarpo (pedazo de madera de 5 cm de diámetro que tiene una punta por uno de los

lados) que se utiliza para introducir al suelo formando un hoyo donde se inserta la semilla de cacao, después de la quema sin preparar o rastillar el suelo.

Hace quince años se llevó a cabo una importante deforestación y tumbas de árboles. Para realizar una siembra de productos de pan llevar como maíz, yuca, en la actualidad se realiza un sistema de producción de cacao (*Theobroma cacao* L) siendo el banano como sombra temporal, y luego utilizó Guaba (*Inga edulis*) como sombra permanente; La plantación se instaló a un distanciamiento de 3 m x 3 m, haciendo un total de 1 111 plantas/ha, el cultivo tiene una edad de 5 años cuenta con 7 ha de cacao.

Bosque secundario

Ubicado en coordenadas 470815.00 m E 9028622.00 m N este sistema estaba constituido por monte real entre las especies pioneras detectadas, se tiene el “cetico” (*Cecropia* sp.), “shimbillo” (*Inga* sp.), “marupa” (*Simarouba amara*) y “bolaina” (*Guazuma crinita*), entre otros, el cual tuvo que pasar por muchas dinámicas, transiciones y modificación mediante tumba y quema para llegar a ser un bosque secundario o llamada también purma baja (cambio de uso de suelo para la siembra de maíz, arroz, plátano, yuca, algodón, coca y especies forestales); estas tierras tuvieron un descanso de tiempo aproximado de 3 años donde predominaba la vegetación herbácea, árboles pioneros muy jóvenes y otros arbustos dispersos, así mismo contenían un dosel cubierto en menos del 40% y presencia de posibles desechos de la última cosecha agrícola y área de pastos. En la actualidad se realiza la producción de plantaciones de bolaina (*Guazuma crinita*), que ahora consta con una edad de 5 años, con un área de 5 ha y un distanciamiento de 3 m x 3 m.

Pastizal

Es un tipo de uso de pastura, ubicado en coordenadas 473461.00 m E 9023792.00 m N, se ha instalado hace 20 años, previo a ello realizaron el rozo, tumba y quema de bosque primario, luego se introdujo el ganado vacuno, el cual, sigue siendo usado como pastura con especies de *brachiaria decumbens*, y consta de un área de 28 ha.

Para evaluar diferentes tipos de uso de la tierra, se utilizan los métodos recomendados por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (1999) en términos de características físicas, químicas y biológicas; Moscatelli *et al.* (2005); ACEVEDO *et al.* (2005). para la metodología del muestreo del suelo se utilizó lo recomendado por del Instituto Nacional de tecnología Agropecuaria de Argentina (INTA).

Con respecto a la calidad del suelo, para su determinación, se usó el sub índice de uso sostenible del suelo (SUSS) recomendado por la secretaria de agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, pesca y Alimentación (SAGARPA 2012)

3.7.2.4. Muestreo de suelos

Para el muestreo de suelos se tomó sub muestras, para ellos se realizó un recorrido en toda el área tomando 25 submuestras con profundidad de 0 – 20 cm en forma de zig zag en cada tipo de uso. En cada lugar de muestreo se limpió el área de 30 x 30 cm y con una pala se hizo un corte en forma de V: de un lado del cual se extrajo la sub muestra y se llenó en un balde luego se mezcló y se utilizó el método del cuarteto para luego obtener una cantidad de suelo de 1 kg, las muestras se colocaron en bolsas de plásticas transparentes y fueron rotuladas con una hoja informativa. Posteriormente se envió al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva para realizar su respectivo análisis físico, químico y biológico.

3.7.2.5. Indicadores físicos

Textura

Se utilizó el Método Bouyoucos, metodología descrita por Doran y Linconl (1999); Moscatelli *et al.* (2005); ACEVEDO *et al.* (2005), citado por Araujo (2014); Tomar 50 g de tierra seca y tamizada y ponerlo en el vaso de dispersión. Agregue 15 mililitros de dispersante al 10% (NaPO_3) AL y agua destilada en la $\frac{3}{4}$ del vaso. Luego colóquelo en un dispensador eléctrico de 200 rpm y agítelo durante 15 minutos. Moverlo a un tanque de sedimentación de 1000 ml, agitar brevemente y usar un hidrómetro bouyoucos para leer la temperatura durante 40

segundos. Luego repita las lecturas de densidad y temperatura después de 2 horas.

Densidad aparente

Para determinar la densidad aparente se utilizó el método cilíndrico descrito por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1999). Tome un cilindro de metal de 4,8 cm de diámetro. Se cubre completamente en la superficie del suelo; la muestra se transfiere al laboratorio y se pesa en húmedo, luego se coloca en un horno a 105 ° C durante 24 horas, luego se pesa y se seca, y se ingresa el peso húmedo, peso seco y aire en la siguiente fórmula Datos de volumen del cilindro:

$$\text{Densidad aparente del suelo } \left(\frac{g}{cm^3} \right) = \frac{\text{peso del suelo seco al horno}}{\text{volumen del suelo}}$$

Infiltración

Método del cilindro infiltrómetro, descrito por Doran y Linconl (1999); Moscatelli *et al.* (2005); ACEVEDO *et al.* (2005), citado por Araujo (2014); Usando un cilindro de plástico con un diámetro de 6 pulgadas, insértelo en la superficie del suelo en el lado del pozo a una profundidad de 5 cm; el interior del cilindro se cubre con una envoltura de plástico y se le agregan 500 ml de agua. Luego retire con cuidado el plástico, deje el agua en el anillo y registre inmediatamente el tiempo necesario para que penetre la siguiente cantidad de agua; el valor registrado se registra en la hoja de trabajo.

Capacidad de retención de agua

Se realizó de acuerdo a la metodología descrita por INIA (2018) y Silvia *et al.* (1988), se determinó la capacidad de campo y punto de marchitez en base a peso seco con los datos granulométricos obtenidos del ensayo de textura mediante la fórmula, y con el resultado se pasó a la fórmula de agua disponible total.

$$ADT = HV\% \text{ CC} - HV\% \text{ PMP}$$

Profundidad efectiva

Mediante el método directo (cabrestante) se determina la estructura en la fosa, y se mide todo el perfil del suelo con un cabrestante hasta la profundidad del primer horizonte donde se desarrollan las raíces, expresada en centímetros; descrito por Doran y Linconl (1999); Moscatelli *et al.* (2005); ACEVEDO *et al.* (2005), citado por Araujo (2014)

Temperatura

Método directo (termómetro) metodología descrita por USDA (1999) se introdujo el termómetro de forma horizontal a 12 cm de la superficie del suelo

Humedad

Determinación del Porcentaje de Humedad (es por método del secado a horno) descrito por Gómez y Vidal (2007) Pesar el suelo húmedo (PSH). Colocar en el recipiente y llevarlo a la estufa por 24 horas a 105°C. Sacar de la estufa las muestras y pesar (PSS). Determinar la humedad en porcentaje.

$\% \text{ Humedad} = (\text{PSH} - \text{PSS} / \text{PSS}) * 100 = \text{peso del agua} / \text{peso seco} * 100$

3.7.2.6. Indicadores químicos

Materia orgánica

Método de walkley y blak, descrita por Doran y Linconl (1999); Moscatelli *et al.* (2005); ACEVEDO *et al.* (2005), citado por Araujo (2014).

Reacción del suelo

Método del potenciómetro, metodología descrita por Doran y Linconl (1999); Moscatelli *et al.* (2005); ACEVEDO *et al.* (2005), citado por Araujo (2014).

Capacidad de intercambio catiónico

Método del acetato de amonio, metodología descrita por Doran y Linconl (1999); Moscatelli *et al.* (2005); ACEVEDO *et al.* (2005), citado por Araujo (2014).

Conductividad eléctrica

Método del Extracto de saturación acuoso descrito por McKean (1993).

Nitrogeno total

Método Kjeldahl, descrita por Doran y Linconl (1999); Moscatelli *et al.* (2005); ACEVEDO *et al.* (2005), citado por Araujo (2014).

Fosforo disponible

Método de Olsen, Metodología por Doran y Linconl (1999); Moscatelli *et al.* (2005); ACEVEDO *et al.* (2005), citado por Araujo (2014).

Potasio disponible

Método del ácido sulfúrico, descrito por Doran y Linconl (1999); Moscatelli *et al.* (2005); ACEVEDO *et al.* (2005).

Magnesio y calcio intercambiable

Ac. Amonio pH 7.0 Absorción atómica o Elayometría, descrito por McKean (1993). (Fase de extracción).

Sodio intercambiable

Método del espectrofotómetro de absorción atómica, descrito por McKean (1993).

3.7.2.7. Indicadores biológicos**Biomasa microbiana**

Se realizó mediante el método de fumigación – incubación, descrita por Doran y Linconl (1999); Moscatelli *et al.* (2005); ACEVEDO *et al.* (2005), citado por Araujo (2014); de una profundidad de 10 cm, se cogió la tierra en una bandeja y fue secado al aire libre y luego tamizado por una malla de 2 mm y homogenizado.

Tamizado

Para realizar este método se utilizaron seis muestras de suelo de 50 g, en este caso, tres de ellas se utilizaron para el proceso de fumigación y las otras tres se utilizaron como controles y se colocaron en papel de filtro. Mojándolo al 45% de la máxima retención de agua.

Desecador de vacío con cloroformo

En el secador de vacío se introdujeron tres muestras de suelo (muestras a fumigar), que se han colocado en un vaso de precipitados que contiene 25 ml de cloroformo. El cloroformo provocará la muerte de organismos en la muestra de prueba. A su vez, estas tres muestras de control también se introdujeron en otro desecador, pero sin cloroformo.

Incubación

Después de completar esta operación, coloque la muestra de control y la muestra de prueba (incluida en el desecador) en un horno completamente oscuro a 25 ° C durante 24 horas.

Evacuación del cloroformo.

La muestra fumigada y mantenida en el cultivo durante un día se conecta a una bomba de vacío para eliminar el olor a cloroformo. Para muestras de control, este proceso no necesita incluir cloroformo en el secador.

Inoculación e incubación.

Las muestras de suelo fumigado y no fumigado se inocularon con 1 g de suelo no fumigado. Luego transfíralos a un desecador para que durante el proceso de incubación no se elimine la micro-atmósfera generada en el interior (muestras fumigadas y controles). En el desecador también se introducen 20 ml de NaOH 1M, cuya función es capturar el CO_2 descargado de la muestra para posterior medición de su C. Vuelva a colocar la secadora en el horno a 25 ° C durante 10 días. Este proceso se llevó a cabo sobre las muestras y controles fumigados.

Determinación del carbono

Una vez retirado el desecador de la estufa se procedió a la medición del carbono en las soluciones de NaOH 1M, para poder llegar a determinar la actividad microbiana del suelo. Para ello se tomó la muestra de NaOH de cada desecador al que se le agrego previamente 0.1 ml de fenolftaleína, donde la solución se tornara rosada. Se tituló las muestras de NaOH con HCl 1M, hasta que las soluciones se tornen incoloras. Se anotó el gasto y se realizaron los cálculos a través de la siguiente formula:

$$C-CO_2 \text{ (ug C}^*g^{-1}\text{suelo)} = \frac{(S-B)*M*Pm*V}{G}$$

Donde:

S= Volumen (ml) de HCl 0, 1M gastado en las muestras de suelo para llevar el pH de la disolución de sosa desde 8.3 hasta 3.7

B= Volumen (ml) de HCl 0,1 M gastado en los blancos para llevar el pH de la disolución de sosa desde 8.3 hasta 3.7.

M= Molaridad exacta de la disolución de HCl 0, 1M.

Pm= Peso atómico del C (12).

V= Factor relativo a la dilución, y representa la relación entre el volumen total de la solución de NaOH y volumen de la alícuota usada la valoración (en este caso $V = 20/5$).

G= Factor relativo al suelo seco usado en la experiencia, en g

Respiración edáfica

Metododo de la absorción estatica, descrita por por Doran y Linconl (1999); Moscatelli *et al.* (2005); ACEVEDO *et al.* (2005), citado por Correa (2006) ; Agregue 5 gotas de fenolftaleína (utilizada como indicador ácido-base) a la solución de NaOH transportada desde el campo y use una bureta de 50 ml para titular con HCl 1M. Durante la evaluación, la solución se agitó hasta que se

observó el punto de inflexión y el costo de la evaluación se reemplazó en la siguiente fórmula:

$$C-CO_2 = \frac{(B-S) * M * 6}{A}$$

Donde:

B= volumen medido en (ml) de HCl empleado en la valorización de la disolución de NaOH.

S= volumen medido en (ml) de HCl empleado en la valorización de la disolución de NaOH problema.

M= molaridad exacta de HCl en la valoración.

6= factor de conversión, considerando que 1 ml de NaOH 1M, equivale a 6mg de C_{CO2}.

A= Superficie (m²) abarcada por la botella de plástico instalado en el campo

Numero de lombrices

Método directo descrito USDA (1999) , con una pala recta, se realizó una excavación de 30 x 30 x 30 cm de profundidad; en el cual se pudo examinar la cantidad de lombrices; se separó para el conteo total de las lombrices encontradas en la muestra de suelo, cuyo valor se registró en la hoja de trabajo donde altas abundancias de lombrices son benéficas para la calidad del suelo > de 8 individuos

3.7.3. Etapa de gabinete

En esta etapa se realizó el análisis de los datos recolectados tanto en campo y laboratorio, se procedió a ordenar y realizar el procedimiento de los datos para la obtención de los cuadros mediante el programa excel, con la finalidad de comparar los resultados.

3.7.3.1. Estimación de la calidad del suelo

Para la estimación de la calidad del suelo se realizó mediante el sub índice de uso sustentable del suelo (SUSS) que agrupa las propiedades físicas químicas relacionadas a la calidad del suelo, a través del promedio de los valores normalizados de cada indicador edáfico.

$$\text{SUSS} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

Dónde:

P: es el promedio del valor de los parámetros normalizados,

i: es cada indicador o parámetro analizado, y

n: es el número total de parámetros analizados.

$$P = \frac{\sum_{j=1}^m R_{nj}}{m}$$

Dónde:

Rn: es el valor resultante del parámetro normalizado

m: es el número de muestras de suelo analizadas

j: es cada muestra de suelo.

La ecuación de cálculo de la normalización de los indicadores es:

$$R_{nj} = 1 - \left(\frac{V_{rj} - d_j}{c_j - d_j} \right)$$

Dónde:

Rn: es el resultado normalizado

Vr: es el valor del parámetro fisicoquímico (indicador)

d: es el valor deseable en el indicador

c: es el valor de corte en el indicador

j: es cada muestra de suelo.

Cuadro N° 16 Los rangos de los valores deseables y los valores de corte de cada Indicador

CALIDAD DE SUELO	DESCRIPCION
Bueno ($0,95 < \text{SUSS} < 1,0$)	Las condiciones de la calidad del suelo son las deseables para llevar a cabo la actividad agrícola.
Aceptable ($0,80 < \text{SUSS} \leq 0,95$)	Las condiciones deseables. Las variables analizadas poco se alejan de los valores adecuados.
Sensible ($0,65 < \text{SUSS} \leq 0,80$)	Los parámetros medios ocasionalmente se alejan de los valores óptimos.
Marginal ($0,45 < \text{SUSS} \leq 0,65$)	Los indicadores de calidad son distantes de los valores deseables.
Pobre ($0 < \text{SUSS} \leq 0,45$)	La calidad se suelos para fines agrícolas se encuentra amenazada afectada. Los indicadores se alejan completamente de los niveles deseables

Fuente: SAGARPA (2012)

Cuadro N°17. Los rangos de valores deseables para cada parámetro considerado en la estimación del SUSS se presentan en el siguiente cuadro.

Indicador	Unidad de medida	Rango o valor deseable(d)	Valor de corte (c)
Materia orgánica (MO)	%	MO > 5	0.5
Densidad aparente (Da)	g/cm^3 .	Dap < 1.1	1.47
CE	dSm^{-1} ,	CE < 1	4.1
pH	pH	6 > pH < 7	5 < pH > 8.5
Fosforo (P)	(mg/Kg^{-1})	P > 5.5	0
Sodio (Na)	$Cmol^{(+)}Kg^{-1}$	Na < 1	1.5
Magnesio (Mg)	$Cmol^{(+)}Kg^{-1}$	Mg > 0.3	0
Calcio (Ca)	$Cmol^{(+)}Kg^{-1}$	Ca > 5	0
RAS	RAS	< 2.5	4
CIC	$Cmol^{(+)}Kg^{-1}$	CIC > 15	5
Nitrógeno (N) total	%	N > 0.2	0.05

Fuente: SAGARPA (2012)

IV. RESULTADOS

1.1 Indicadores físicos

4.1.1. Textura del suelo

Cuadro N°18. Textura de los cuatro tipos de uso del suelo.

TIPO DE USO	TEXTURA			PROMEDIO
	ARENA	ARCILLA	LIMO	
Siembra directa	51	20	29	franco
purma baja	29	28	43	franco arcillo limoso
pastizal	53	20	27	franco arcillo arenoso
bosque	49	22	29	franco

De acuerdo a la textura el suelo de siembra directa y Bosque presentan una textura franca, y los suelos de Purma baja y Pastizal presentan una textura franco arcillo limoso y franco arcillo arenoso.

4.1.2. Densidad aparente

Cuadro N° 19. Densidad aparente en los cuatro tipos de uso del suelo.

tipo de uso	Densidad aparente			PROMEDIO
	g/cm^3	g/cm^3	g/cm^3	
Siembra directa	1.031637	1.270706	1.361768	1.2
purma baja	1.579292	1.469569	1.484626	1.5
pastizal	1.392042	0.98927	1.2772788	1.2
bosque	1..009933	1.270786	1.134953	1.1

En el tipo de uso de purma baja, presenta mayor densidad aparente, con un promedio de $1.5 g/cm^3$; sin embargo los tipos de uso siembra directa, pastizal presentan una densidad aparente con un promedio de $1.2 g/cm^3$ para ambos; siendo el bosque el de menor promedio con $1.1 g/cm^3$.

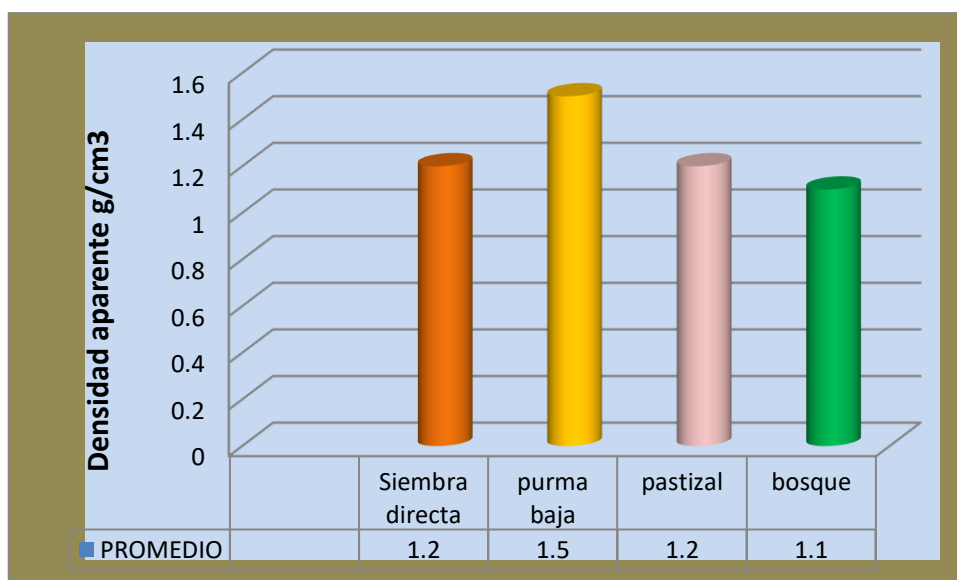


Figura 02. Densidad aparente en los cuatro tipos de uso de suelo

4.1.3. Velocidad de Infiltración

Cuadro N° 20. La velocidad de infiltración en los cuatro tipos de uso de suelo

tipo de uso	Velocidad de infiltración			PROMEDIO
	cm/h	cm/h	cm/h	
Siembra directa	101.6	61.5	36.02	48.8
purma baja	129.15	48.38	37.54	43.0
Pastizal	117.23	60.24	43.42	51.8
bosque	75.82	36.2	34	35.1

La velocidad de infiltración del tipo de uso pastizal presenta una mayor infiltración con un promedio de 51.8 cm/h, superando a la velocidad de infiltración de los tipos de usos siembra directa, purma baja y bosque con un promedio de 48.8 cm/h, 43 cm/h, y 35.1 cm/h respectivamente.

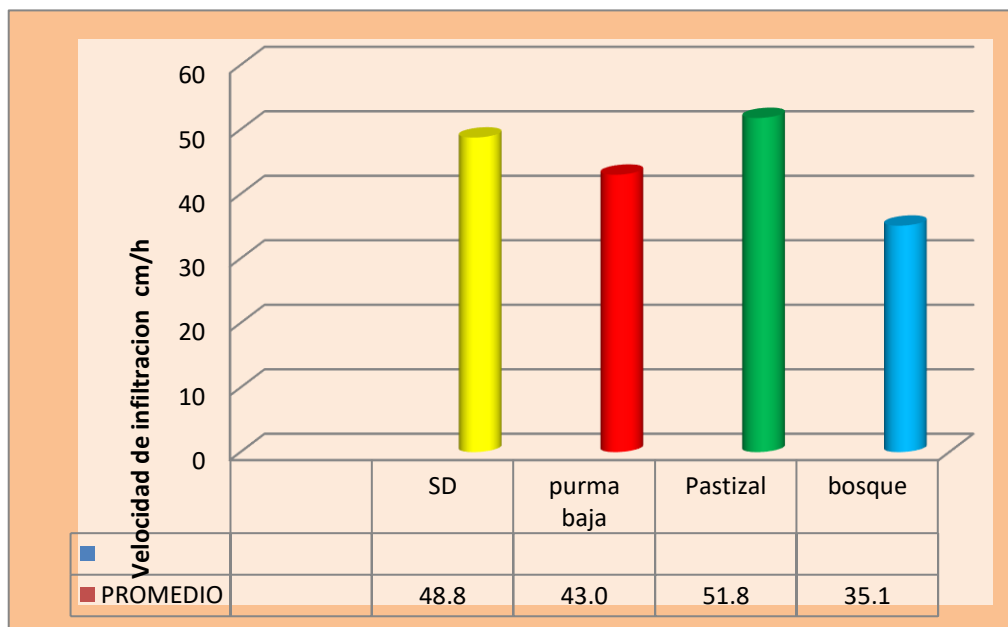


Figura 03. Velocidad de infiltración de los cuatro tipos de uso de suelo.

4.1.4. Profundidad efectiva

Cuadro N° 21. Profundidad efectiva en los cuatro tipos de uso de suelo

TIPO DE USO	PROFUNDIDAD EFECTIVA			PROMEDIO
	cm	cm	cm	
SD	81	79	76	78.7
purma baja	78	90	105	91
pastizal	83	119	110	104
bosque	118	120	95	111

El mayor promedio de la profundidad efectiva del suelo encontramos que el tipo de uso de bosque con 111 cm, seguido de pastizal con 104 cm y purma baja con 91 cm, y el menor promedio fue el tipo de uso de siembra directa con 78.7 cm de profundidad.

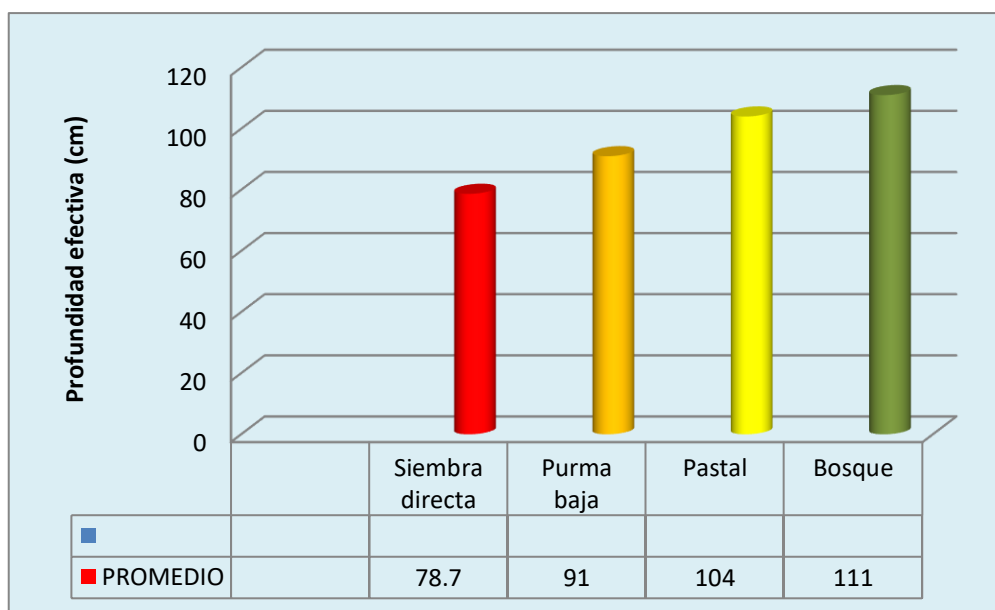


Figura 04. Profundidad efectiva de los cuatro tipos de usos de suelos

4.1.5. Capacidad de retención de agua, temperatura y humedad del suelo.

Cuadro N° 22. Capacidad de retención de agua, temperatura y humedad en los cuatro tipos de usos de suelo

tipo de uso	CAPACIDAD DE RETECION DE AGUA (%)	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)
Siembra directa	12	28.7	22
purma baja	22	28	22
pastizal	15	29	23
bosque	14	28.7	26

En la capacidad de retención de agua encontramos que el tipo de uso de siembra directa, purma baja, pastizal, y bosque fueron de 12 %, 22 %, 15 %, y 14% respectivamente; y en el caso de temperatura se observa que en el tipo de uso pastizal tuvo un mayor promedio con 29 °C, el tipo de uso de siembra directa y bosque tienen igual promedio con 28.7 °C siendo el tipo de purma baja el de menor promedio con 28 °C ; así mismo con respecto a la humedad el tipo de uso bosque presento el mayor promedio con 26 % seguido de pastizal baja

con 23 %, siendo el menor promedio el tipo de uso siembra directa y purma baja con una humedad de 22 %

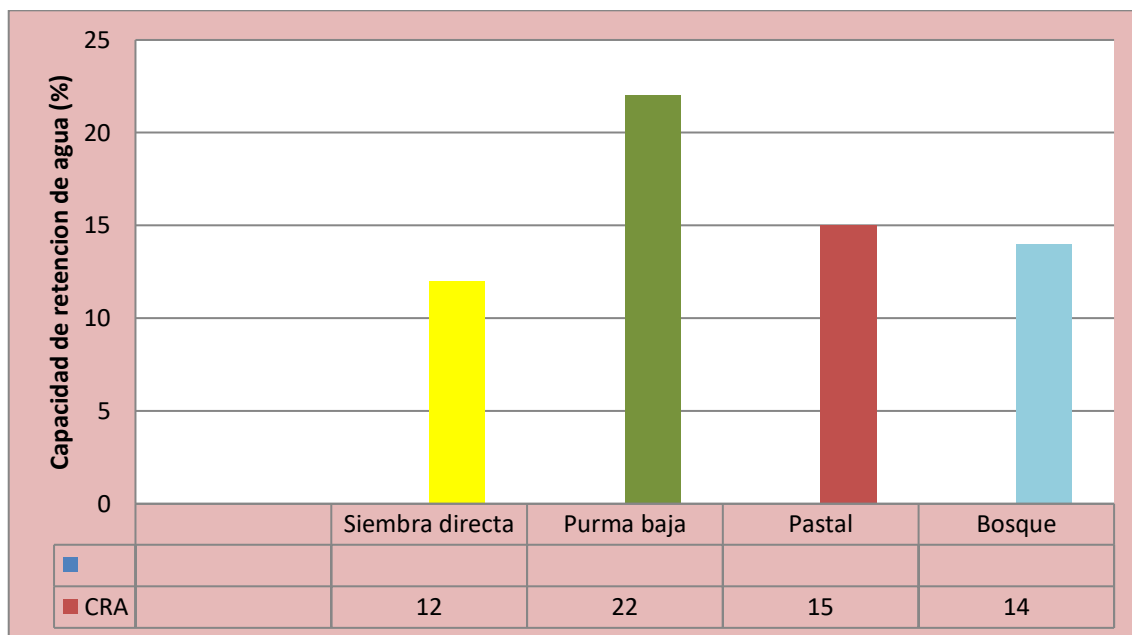


Figura 05. Capacidad de retención de agua de los cuatro tipos de usos de suelo.

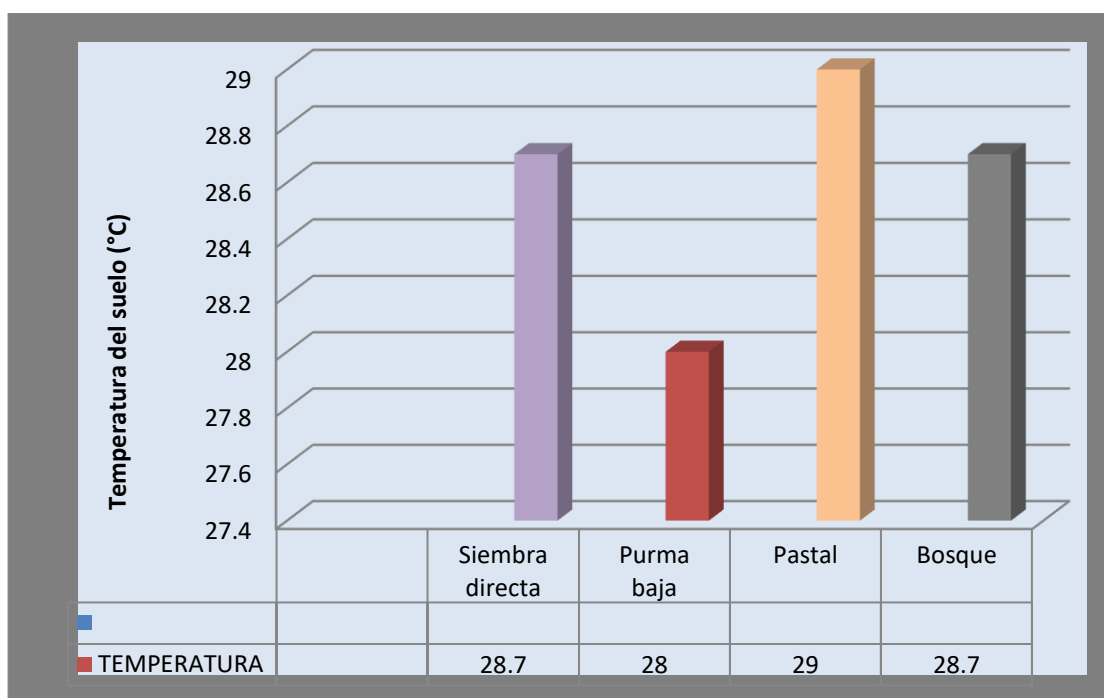


Figura 06. Temperatura de los cuatro tipos de usos de suelo

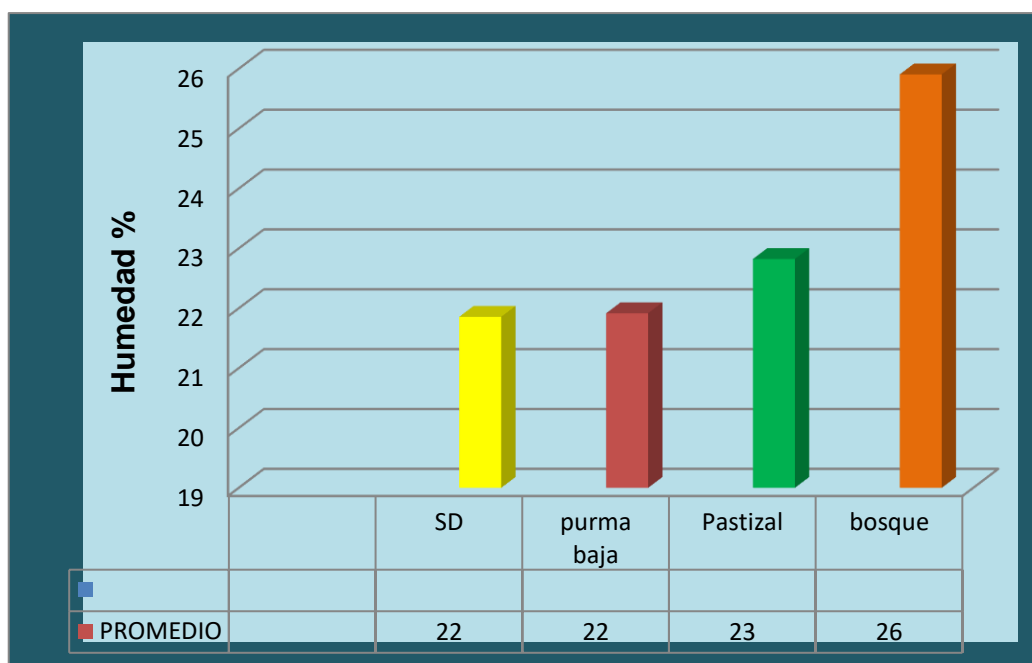


Figura 07. Humedad de los cuatro tipos de uso de suelo

4.2. Indicadores químicos

4.2.1. Materia orgánica, Reacción del suelo, Capacidad de intercambio catiónico, Conductividad eléctrica.

Cuadro N° 23. Materia orgánica, reacción del suelo, capacidad de intercambio catiónico y conductividad eléctrica de los cuatro tipos de uso del suelo.

Tipo de uso	MATERIA ORGANICA (%)	pH	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO ($Cmol^{(+)}Kg^{-1}$)	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (dSm^{-1})
siembra directa	1.86	6.35	7.54	0.23
purma baja	1.48	7.06	10.08	0.2
pastizal	1.63	5.5	0	0.2
bosque	1.63	5.99	9.4	0.17

El mayor promedio de la materia orgánica del suelo fue del tipo de uso de siembra directa con un promedio de 1.86 %, seguido de pastizal y bosque con igual promedio de 1.63 %, el menor promedio fue del tipo de uso purma baja con 1.48 % ; la reacción del suelo fue mayor en el tipo de uso purma baja con

7.06 de pH a comparación con el tipo de uso pastizal que tuvo un promedio menor de 5.5 de pH; así mismo la capacidad de intercambio catiónico el tipo de uso de purma baja tuvo un promedio de $10.08 \text{ Cmol}^{(+)}\text{Kg}^{-1}$ seguido por el tipo de uso de bosque que tuvo $9.4 \text{ Cmol}^{(+)}\text{Kg}^{-1}$ y siendo el menor promedio el tipo de uso de siembra directa con $7.54 \text{ Cmol}^{(+)}\text{Kg}^{-1}$ sin embargo la conductividad eléctrica de tipo de uso bosque tuvo menor promedio superado por los tipo de uso de siembra directa, purma baja, y pastizal con promedios de 0.23 dSm^{-1} , 0.2 dSm^{-1} , 0.2 dSm^{-1} respectivamente.

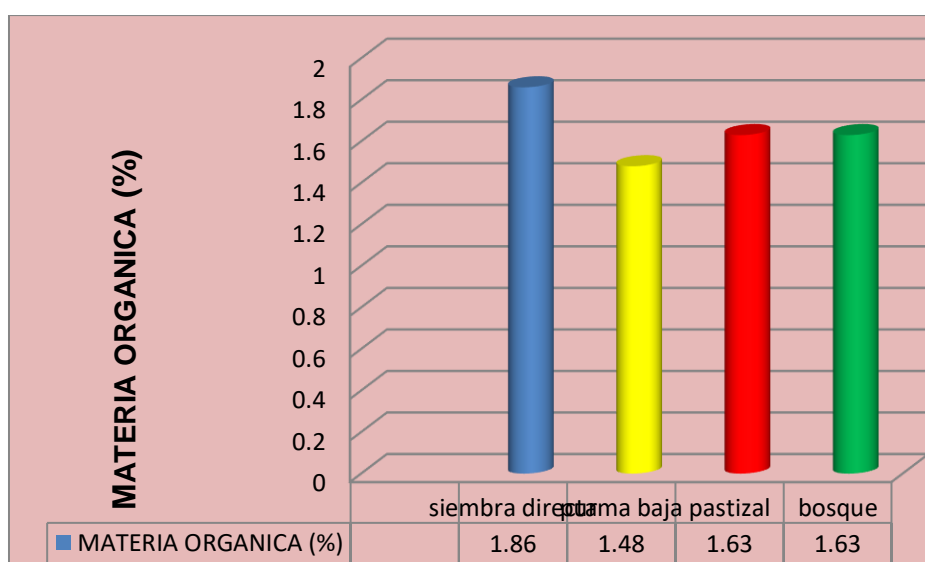


Figura 08. Materia orgánica de los cuatro tipos de usos de suelo

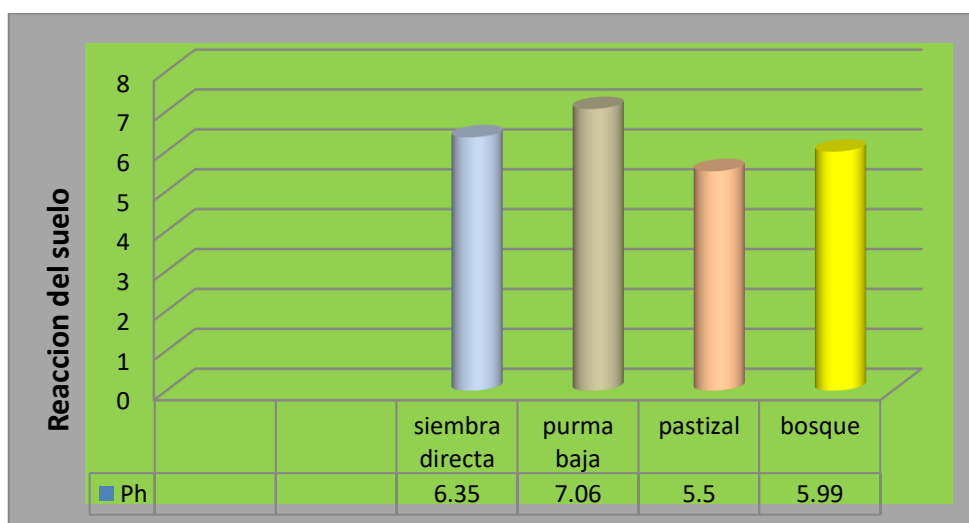


Figura 09. Reacción del suelo de los cuatro tipos de usos de suelo

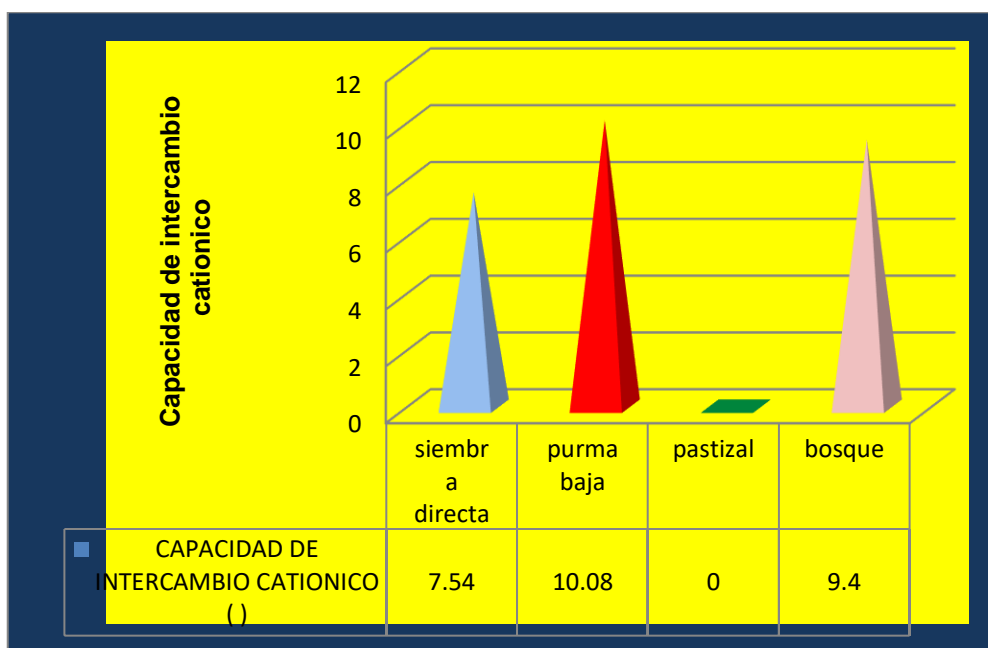


Figura 10. Capacidad de intercambio catiónico de los cuatro tipos de usos de suelo

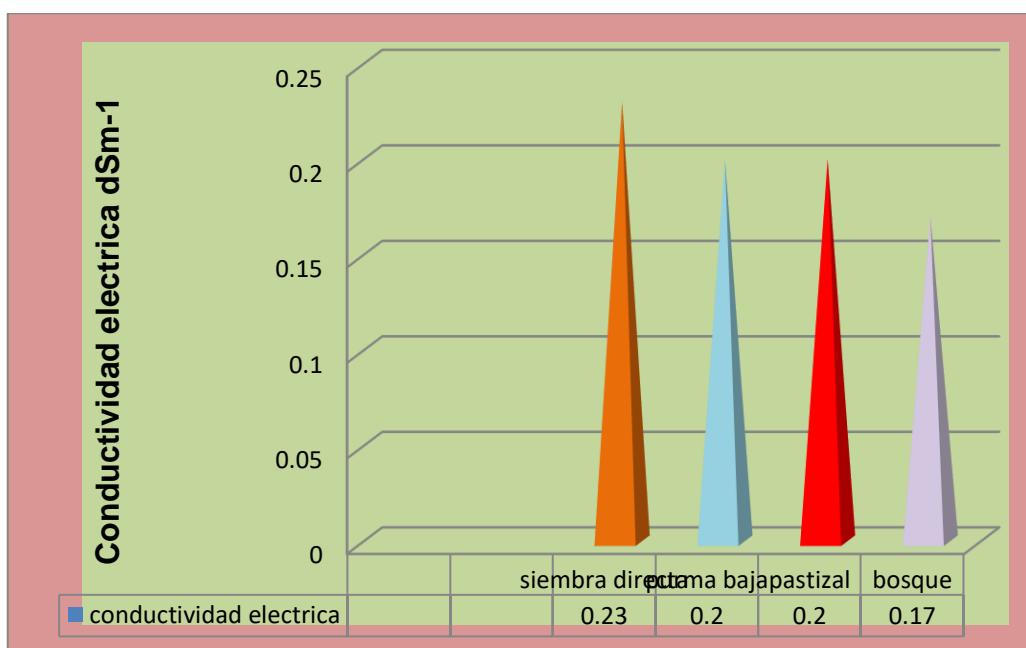


Figura 11. Conductividad eléctrica de los cuatro tipos de usos de suelos.

4.2.5. Nitrógeno total, Fosforo disponible, Potasio disponible

Cuadro N° 24. Nitrógeno total, fosforo disponible y potasio disponible de los cuatro tipos de uso del suelo.

Tipo de uso	NITROGENO TOTAL (%)	FOSFORO TOTAL (mg.kg^{-1})	POTASIO DISPONIBLE ($\text{Cmol}_{(+)}\cdot\text{kg}^{-1}$)
siembra directa	0.08	7.67	0.09
purma baja	0.07	8.42	0.21
pastizal	0.07	6.36	0.12
bosque	0.07	7.3	0

El mayor promedio del nitrógeno total se presenta en el tipo de uso siembra directa con 0.08 % superando a los tipos de uso purma baja, pastizal y bosque con 0.07 %; el fosforo disponible del tipo de uso purma baja fue el de mayor promedio con 8.42 mg/Kg^{-1} , seguido del tipo de uso de siembra directa y boque con 7.67 mg/Kg^{-1} y 7.3 mg/Kg^{-1} respectivamente superando al tipo de uso pastizal que obtuvo n promedio menor de 6.36 mg/Kg^{-1} ; Así mismo el potasio del tipo de uso purma baja obtuvo el mayor promedio con 0.21 mg/Kg^{-1} en comparación de los tipos de uso siembra directa y pastizal con 0.09 mg/Kg^{-1} y 0.12 mg/Kg^{-1} de promedio respectivamente, superando al tipo de uso bosque que obtuvo cero.

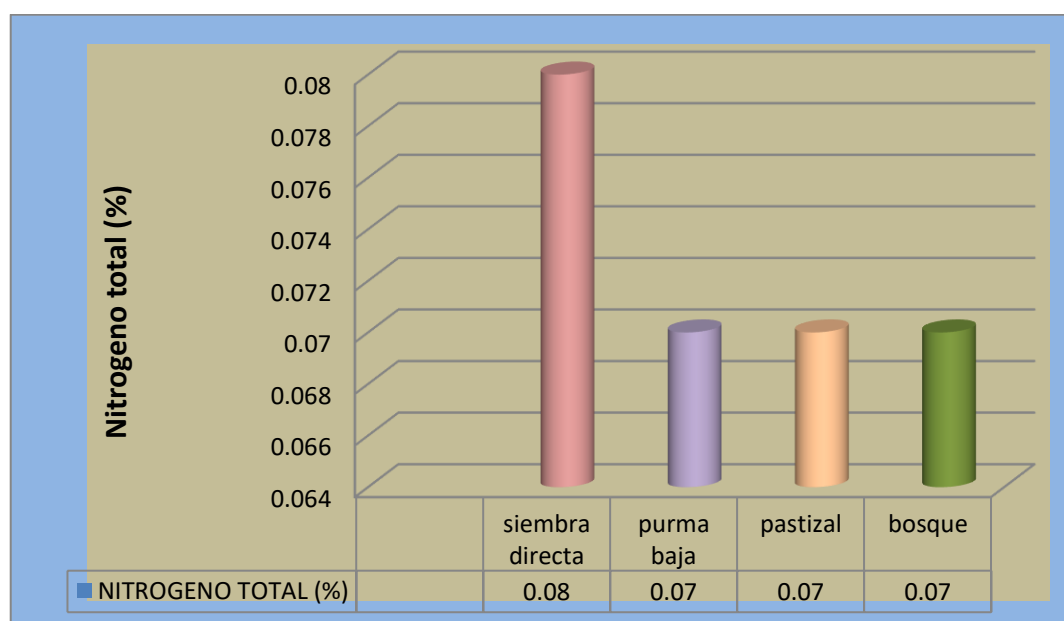


Figura 12. Nitrógeno total de los cuatro tipos de usos de suelos

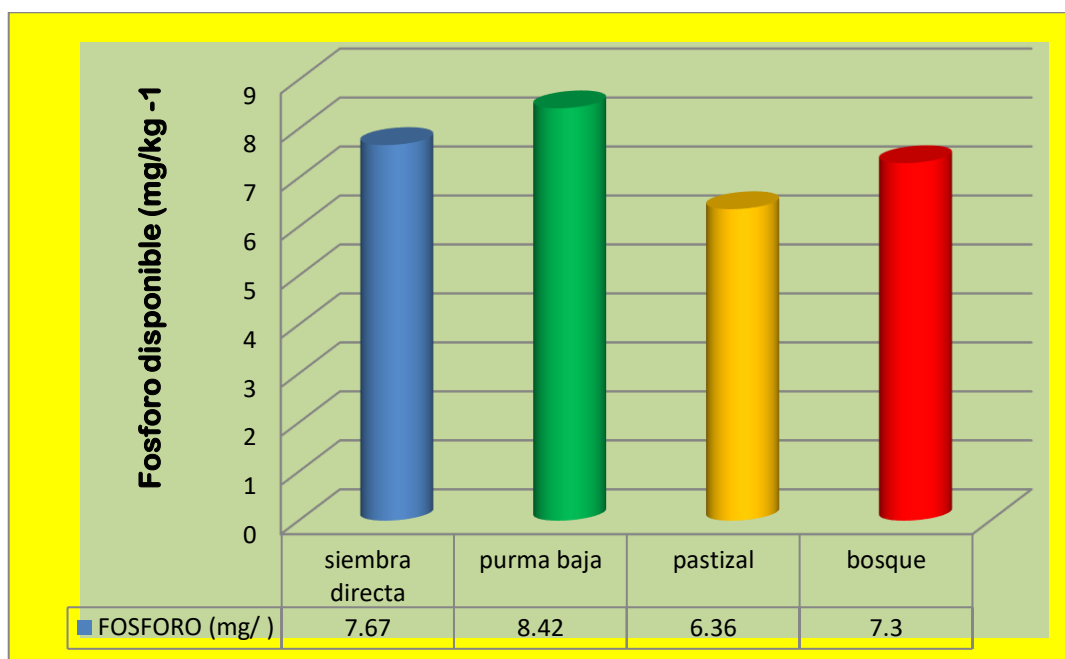


Figura 13. Fosforo disponible de los cuatro tipos de usos de suelos

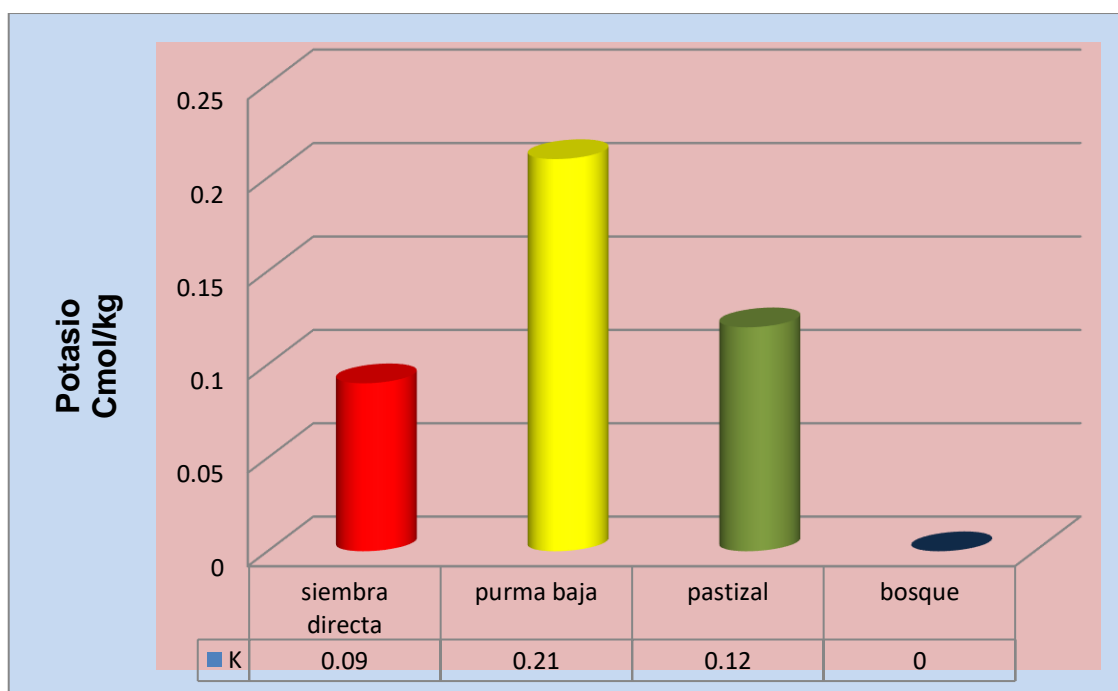


Figura 14. Potasio disponible de los cuatro tipos de usos de suelos

4.2.8. Calcio intercambiable, Magnesio intercambiable, Sodio intercambiable

Cuadro N° 25. Calcio intercambiable, Magnesio intercambiable y Sodio intercambiable de los cuatro tipos d uso de suelo.

Tipo de uso	MAGNESIO INTERCAMBIABLE ($Cmol^{(+)}Kg^{-1}$)	CALCIO INTERCAMBIABLE ($Cmol^{(+)}Kg^{-1}$)	SODIO INTERCAMBIABLE ($Cmol^{(+)}Kg^{-1}$)
siembra directa	0.96	6.15	0.34
purma baja	1.31	8.33	0.23
pastizal	1.03	5.79	0.27
bosque	1.2	8.01	0.19

Con respecto a los valores de magnesio el mayor promedio lo obtuvo el tipo de uso purma baja con $1.31 Cmol^{(+)}Kg^{-1}$ seguido del tipo de uso bosque y pastizal con $1.2 Cmol^{(+)}Kg^{-1}$ y $1.03 Cmol^{(+)}Kg^{-1}$ respectivamente superando al tipo de uso siembra directa con un promedio de $0.96 Cmol^{(+)}Kg^{-1}$; en el caso de calcio intercambiable el tipo de uso purma baja obtuvo el mayor promedio con $8.33 Cmol^{(+)}Kg^{-1}$ superando a los tipos de usos siembra directa, pastizal, y bosque con promedio de $6.15 Cmol^{(+)}Kg^{-1}$, $5.79 Cmol^{(+)}Kg^{-1}$ y $8.01 Cmol^{(+)}Kg^{-1}$ respetivamente; Así mismo el sodio intercambiable presente en el suelo del tipo de uso siembra directa obtuvo el mayor promedio con $0.34 Cmol^{(+)}Kg^{-1}$ a comparación del tipo de uso pastizal y purma baja con un promedio de $0.27 Cmol^{(+)}Kg^{-1}$ y $0.23 Cmol^{(+)}Kg^{-1}$ respectivamente y siendo el tipo de uso de bosque el de menor promedio con $0.19 Cmol^{(+)}Kg^{-1}$.

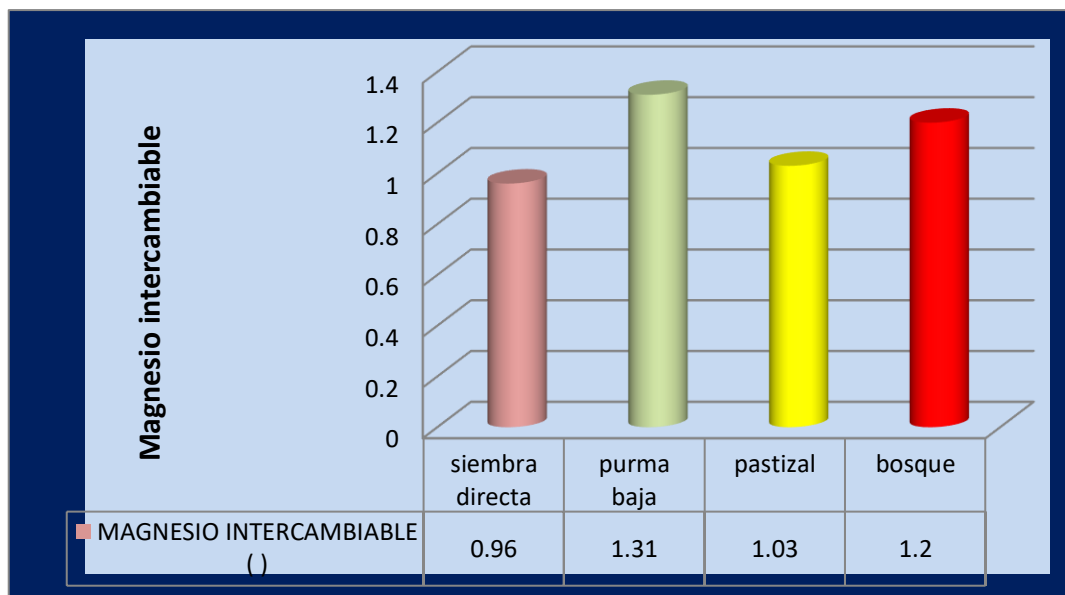


Figura 15. Magnesio intercambiable de los cuatro tipos de usos de suelo

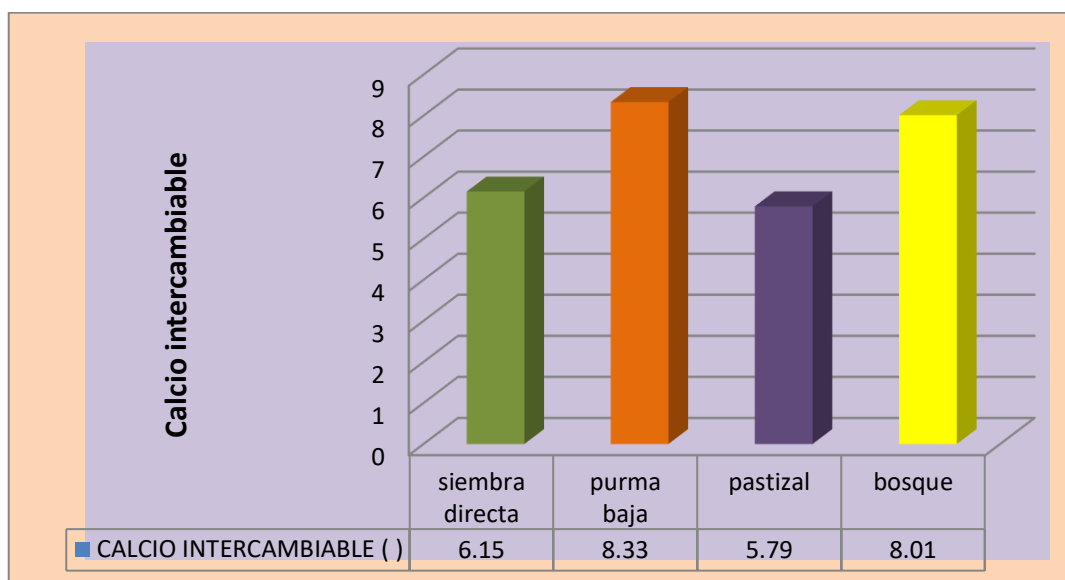


Figura 16. Calcio intercambiable de los cuatro tipos de usos de suelos

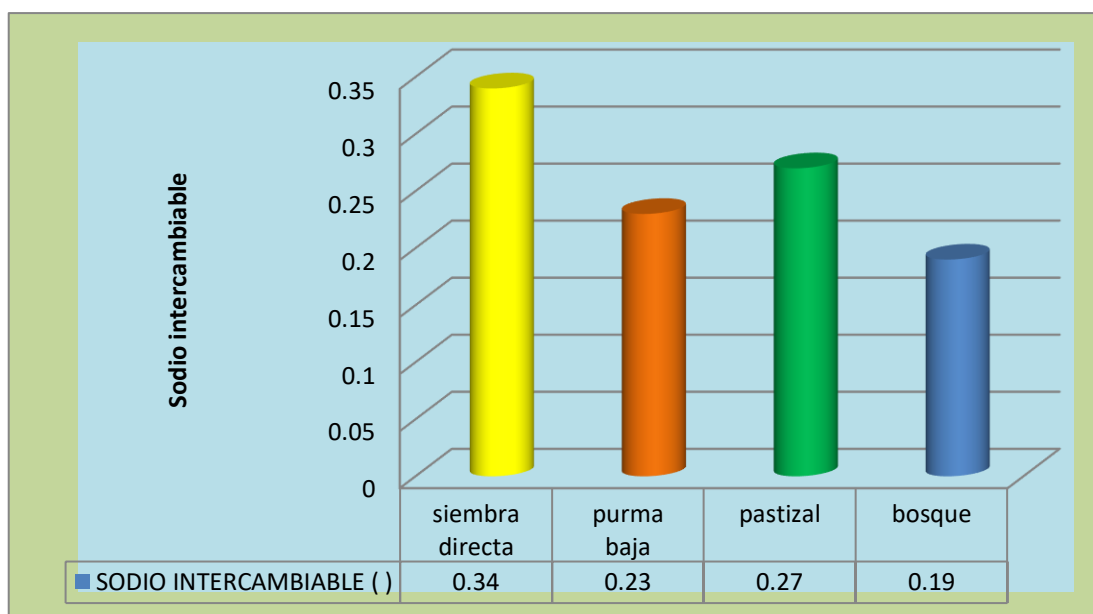


Figura 17. Sodio intercambiable de los cuatro tipos de usos de suelos

4.3. Indicadores biológicos

4.3.1. Biomasa microbiana

Cuadro N° 26. Biomasa microbiana de los cuatro tipos de usos de suelo

Tipo de uso	BIOMASA MICROBIANA			PROMEDIO
	mg CO ₂ /100g suelo	mg CO ₂ /100g suelo	mg CO ₂ /100g suelo	
siembra directa	0.03200	0.01280	0.02560	0.02347
purma baja	0.04480	0.07360	0.05440	0.05760
pastizal	0.03520	0.02880	0.06080	0.04160
bosque	0.04160	0.08640	0.02240	0.05013

La biomasa microbiana en lo que respecta a los tipos de uso en estudio, el promedio mayor fue de 0.0576 mg CO₂/100g suelo para purma baja, seguidamente bosque y el tipo de uso de pastizal con 0.05013 mg CO₂/100g suelo y 0.04160 mg CO₂/100g suelo respectivamente, siendo el menor el tipo de uso siembra directa con un promedio de 0.02347 mg CO₂/100g suelo.

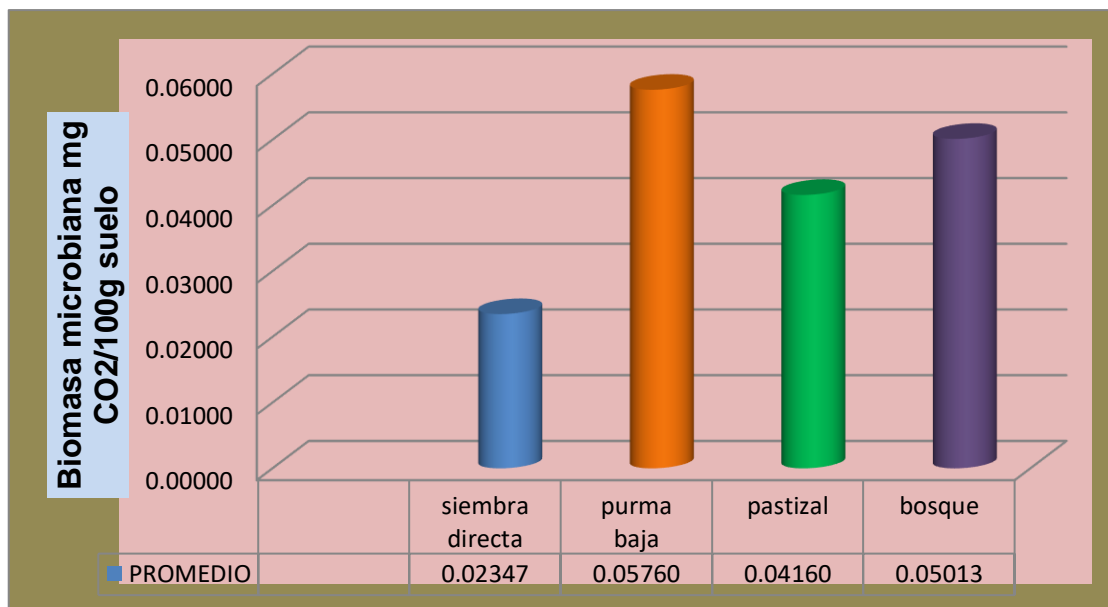


Figura 18. Biomasa microbiana de los cuatro tipos de usos de suelos

4.3.2. Respiración edáfica

Cuadro N° 27. Respiración edáfica de los cuatro tipos de usos de suelos

tipo de uso	RESPIRACION EDAFICA			PROMEDIO
	Kg C (en CO2) /ha/d	Kg C (en CO2) /ha/d	Kg C (en CO2) /ha/d	
Siembra directa	9.4	18.8	11.8	13.3
purma baja	9.4	28.2	9.4	15.7
Pastizal	21.2	18.8	21.2	20.4
Bosque	11.8	25.9	25.9	21.2

Con respecto a los valores de respiración edáfica el tipo de uso bosque y pastizal presentan el mayor promedio con 21.2 kg/ha/d y 20.4 kg/ha/d respectivamente superando a los tipos de uso siembra directa y purma baja fueron los de menor promedio con 13.3 kg/ha y 15.7 kg /ha.

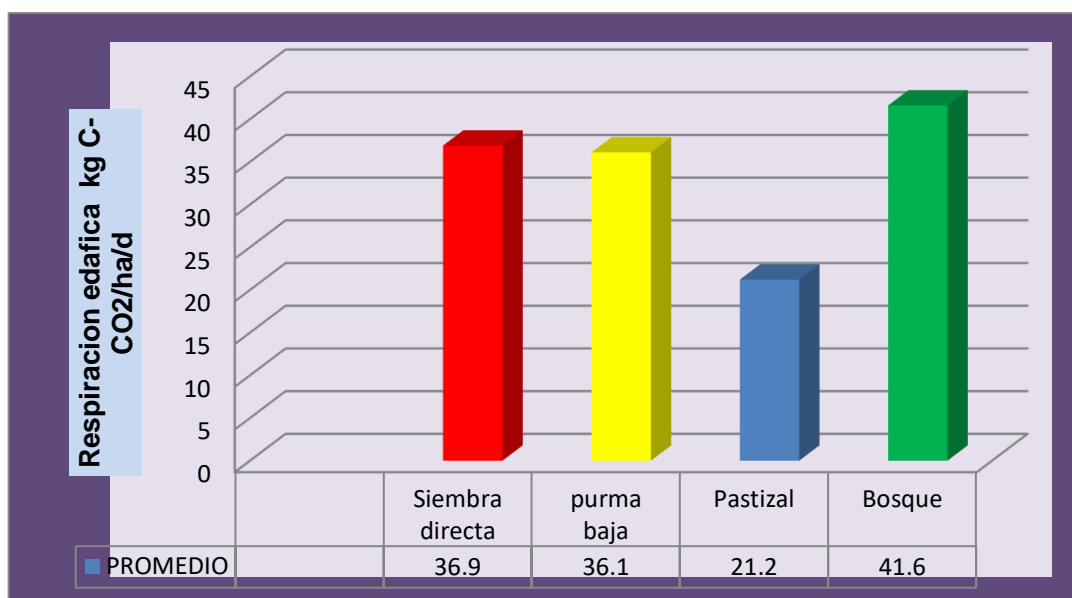


Figura 19. Respiración edáfica de los cuatro tipos de usos de suelos

4.3.3. Numero de lombrices

Cuadro N° 28. Número de lombrices en los cuatro tipos de usos de suelo

tipo de uso	Numero de lombrices			PROMEDIO
	a	b	c	
Siembra directa	5	3	6	5
purma baja	6	2	5	4
pastizal	7	11	6	8
bosque	10	9	13	11

El número de lombrices presentes en el suelo del tipo de uso bosque presento mayor promedio de numero de lombrices con 10.6, superando a los tipos de uso siembra directa, purma baja y pastizal, con un promedio menor de 4,7, 4.3 y 8 respectivamente.

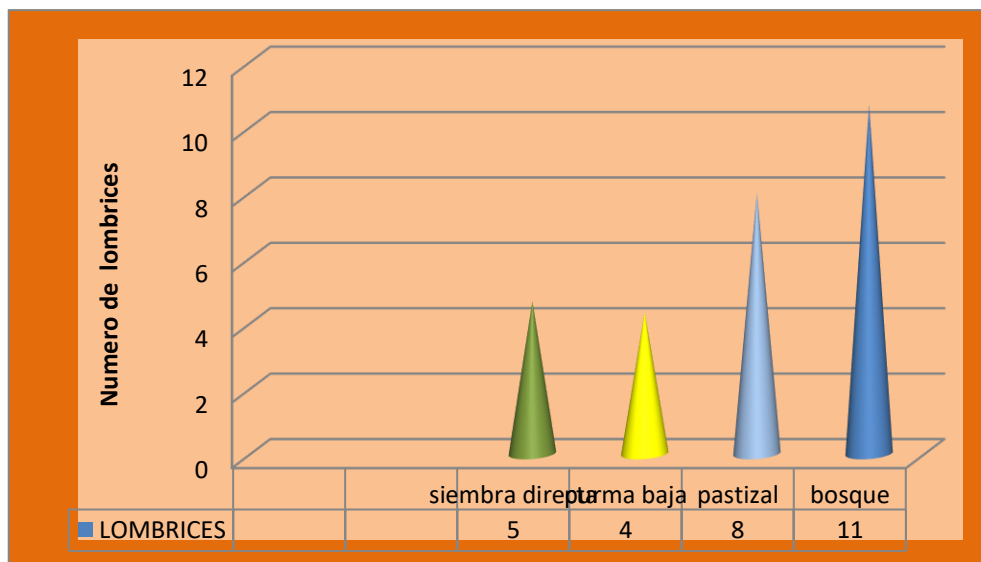


Figura 20. Número de lombrices de los cuatro tipos de uso de suelos

4.4. Determinación de la calidad del suelo mediante el sub índice de uso sustentable del suelo (SUSS)

El sub índice sustentable de suelo en los cuatro tipos de usos de suelos se determinó que el tipo de uso siembra directa y pastizal, obtuvo un valor de 0.59 y 0.63 la cual describe una calidad de “MARGINAL”; y los tipos de usos de suelo purma baja y bosque presentan una calidad de “SENSIBLE”

Cuadro N° 29. Índice de sustentabilidad de los cuatro tipos de uso.

TIPO DE USO DE SUELO	SUSS	CALIDAD
Siembra directa	0.59	Marginal
Purma baja	0.66	Sensible
Pastizal	0.63	Marginal
Bosque	0.67	Sensible

V. DISCUSIÓN

5.1. Calidad de suelo

El sub índice sustentable de suelo en los cuatro tipos de usos de suelos se determinó que el tipo de uso pastizal y siembra directa, con un valor de 0.59 y 0.62 describe una calidad de “MARGINAL”, según SAGARPA (2012) da a conocer que los indicadores de la calidad están distantes de los valores deseables para un suelos de calidad; esto debido al valor de la capacidad de intercambio catiónico que para tipo uso de pastizal que dio un CIC de cero por contener una textura de franco arcillo arenoso con un porcentaje mayor de arena y así mostrando que este tipo de uso presenta un potencial de nutrientes bajos que puedan estar disponibles para la planta y por efecto de la quema de manera continua, que se realiza para renovar los pastizales; en comparación del tipo de uso de siembra directa la aplicación de insecticidas y herbicidas y la no incorporación de abonos para el manejo del cultivo de cacao hace que disminuya los microorganismos del suelo provocando así un suelo de baja calidad.

los tipos de usos de suelo purma baja y bosque con valores de 0.66 y 0.67 presentan una calidad de “SENSIBLE” donde los valores medidos ocasionalmente se alejan de los valores óptimos para un suelo de calidad. Para el tipo de uso de purma baja con un contenido de materia orgánica y CIC de “bajo”, esto es a consecuencia de que en esta zona se realizó el rozo la tumba y la quema de bosque para el cambio de uso de suelo con la siembra de productos de pan llevar e incorporando al suelo insecticidas y herbicidas en el transcurso del tiempo, eliminando así los microorganismos que intervienen en la descomposición de los restos orgánicos y a partir de ese tiempo no se incorporó enmiendas orgánicas al suelo convirtiéndose así en un suelo de bajo contenido de capacidad de intercambio catiónico esto concuerda con lo estipulado por Urrelo (1997), donde sostiene que la aplicación de fertilizantes, herbicidas e insecticidas trae como consecuencia la contaminación del suelo y agua,

disminuyendo la fertilidad del suelo y extrayendo aceleradamente los principales nutrientes.

5.2. Indicadores físicos

De la textura, SAGARPA (2012) menciona que el suelo arenoso es químicamente inerte, carece de propiedades coloidales y de suministro de nutrientes. En cuanto a las propiedades físicas, presentan una estructura pobre, buena permeabilidad al aire, muy alta permeabilidad y ninguna retención de agua. Por el contrario, desde el punto de vista químico, los suelos arcillosos son muy activos. Absorben iones y moléculas, floculan (la parte arcillosa permanece estacionaria) y difunden (migran), son muy nutritivos, retienen mucha agua, tienen buena estructura, pero son impermeables y hacen La gente se asfixia. Los suelos limosos no tienen estructura ni propiedades coloidales, son impermeables y están mal aireados. Mantener un equilibrio entre suelo franco y compensatorio. Desde la perspectiva de su erosión, las partículas de arena son transportadas por el viento y el agua, y la arena fina se erosiona fácilmente, al agregar y proteger la arcilla, el limo no se adhiere y se erosiona más fácilmente. Los tipos de uso de siembra directa y área de bosque presenta una textura franca el cual se caracteriza por ser suelos que es tan en proporciones óptimas de arena, limo y arcilla; son suelos productivos y sueltos esto debido al contenido de arena; fértil gracias al contenido de limo así como tendencia a retener agua esto por causa de las arcillas, con una permeabilidad media, una buena aireación con nutrientes de medio a alto y una capacidad de retención de agua media. Con referente al tipo de uso de purma baja presenta una textura de franco arcillo limoso con textura fina, una permeabilidad nula, capacidad de retención de agua media, mala aireación, por tener un mayor porcentaje de limo; el tipo de uso pastizal presento una textura de franco arcillo arenosa textura media que presenta una permeabilidad alta, con poca capacidad de retención de agua, y con una aireación alta.

Con respecto a la densidad aparente SAGARPA (2012) los suelos con textura arenosa tienden a tener una mayor densidad que los suelos finos, mientras que los suelos con mejor estructura tienen valores más bajos. Los

suelos de alta calidad con valores de densidad aparente bajos se reflejan en suelos porosos bien aireados con suficiente drenaje y proporcionan un desarrollo de raíces que favorece el desarrollo de las plantas. Por otra parte, cuando hay un valor alto, significa que el suelo ha sufrido compactación o casi no es poroso.

En el tipo de uso de purma baja, el suelo presenta mayor densidad aparente, con un promedio de 1.5 g/cm^3 ; esto debido a su textura fina de franco arcillo limoso, haciendo referencia a un suelo compactado sin embargo los tipos de uso siembra directa, pastizal presentan una densidad aparente con un promedio de 1.2 g/cm^3 para ambos, que son valores aceptables; siendo el bosque el de menor promedio con 1.1 g/cm^3 . Este último representa el suelo ideal de una buena calidad.

De la velocidad de infiltración Sandoval *et al.* (2006) citado por Araujo (2014) indica el contenido de humedad inicial en el suelo. Al medir, afecta la capacidad del suelo para absorber más agua. Por tanto, la velocidad y penetración del suelo cuando está seco es mayor que cuando está húmedo. Este factor es crucial al comparar la capacidad de infiltración de diferentes suelos. El suelo debe tener un contenido de humedad similar durante la medición.

La velocidad de infiltración en el tipo de uso pastizal tuvo un mayor promedio con 51.8 cm/h , siendo de clase "muy rápida" esto debido a la textura franco arcillo arenoso ya que presenta mayor espacios porosos, haciendo posible la pérdida de agua al sub suelo; el tipo de uso siembra directa y purma baja y bosque con un promedio de 48.8 cm/h , 43.0 cm/h y 35.1 cm/h respectivamente presenta una clase de velocidad moderadamente rápida. Puede deberse a que no hay una constante perturbación por la labranza ya que son cultivos permanentes con plantaciones forestales y cultivo de cacao. Así (Donahue *et al.*, 1997) citado por USDA (1999) menciona que cuando el tamaño o la cantidad de espacios porosos se reduce debido a condiciones como daños estructurales, partículas que obstruyen los poros o un movimiento más lento cuando el agua profunda alcanza una capa profunda más densa, la permeabilidad disminuirá.

La capacidad de retención de agua, Angella *et al.* (2016) señala que la eficiencia del uso del agua del suelo se refiere a la suficiencia del suelo para

resevar el agua disponible para las plantas. Luego de fuertes lluvias o riego, el suelo comenzará a drenar hasta que alcance la capacidad de retención de agua del campo. La capacidad de retención de agua de tipo de uso purma baja fue de 22% debido a la textura del suelo franco arcillo limoso así presentando un CRA de “mucho” mientras que el tipo de uso de siembra directa y bosque, presentan un CRA de “medio” con 12% y 14% por motivo de ser un suelo no disturbado donde las sombras de las plantas más hojarasca existente en el suelo disminuye a la pérdida de agua del suelo y el tipo de uso pastizal presento CRA de “poco” con 15%, esta última pudiendo ser por causa de no existir sombras en la parcela es ahí donde el efecto del sol hace ayuda en la pérdida de agua por evaporación.

De la profundidad efectiva, López y Rodríguez (2002) citado por Correa (2012), la profundidad efectiva es cercana a los 115 cm: adecuada para la mayoría de las plantas. En términos generales, el suelo delgado tiene menos capacidad para proporcionar nutrientes a las plantas que el suelo profundo.

Encontramos que la profundidad promedio efectiva más alta del suelo es que el tipo de bosque que usamos es de 111 cm, seguido del pastizal de 104 cm, lo que determina que se encuentre en un suelo ideal, lo que permitirá que las raíces de las plantas crezcan fácilmente en suelos más profundos. Entre ellas, las plantas son más resistentes a la sequía, porque cuanto más profunda es el agua, más fuerte es la capacidad de retención de agua. De la misma manera, si se puede llegar a las raíces, la planta puede aprovechar los nutrientes almacenados en el suelo profundo. Sin embargo, el tipo de uso purma baja con 91 cm, y siembra directa con 78.7 cm son clasificados como suelos poco profundos

En el caso de temperatura se observa que en el tipo de uso pastizal tuvo un mayor promedio con 29 °C, esto se debe a que este tipo de uso carece de plantas de sombras esta descubierto y los rayos de sol le dan directamente al suelo, el tipo de uso de siembra directa y bosque tienen igual promedio con 28.7 °C siendo el tipo de purma baja el de menor promedio con 28 °C; observándose una diferencia mínima y supone que en estos suelo si existe cubierta o zonas sombradas. Donde la temperatura tendrá influencia en los procesos bióticos y

químicos ya que se puede afirmar que encima de los 5°C es posible la germinación determinando la distribución de la planta

Así mismo con respecto a la humedad el bosque presento el mayor promedio con 26 %, seguido de pastizal con 23 %, siendo el menor promedio el tipo de uso purma baja y siembra directa con una menor humedad con 22 %.

5.3. Indicadores químicos

Con referencia a la materia orgánica, SAGARPA (2012) la función más básica de la materia orgánica es promover el desarrollo de las plantas a través de su influencia en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

La materia orgánica del suelo del tipo de uso de siembra directa con 1.86 %, pastizal y bosque con un promedio de 1.63 % para ambos, en los tres tipos de uso presentaron un contenido “medio” de MO, debido a la fisiografía que de colinas en la zona y presencia de lluvias que arrastran la MO hacia zonas bajas, así se observa que estos tres tipos de uso de suelo presentan indicios de contenido medio a bajo de elementos como: nitrógeno, fosforo, azufre en el suelo; el menor promedio fue el del tipo de uso purma baja con 1.48 % con un contenido “bajo” esto es a consecuencia de que en esta zona se realizó la quema de bosque eliminando así los microorganismos que intervienen en la descomposición de los restos orgánicos y a partir de ese tiempo no se incorporó enmiendas orgánicas al suelo convirtiéndose así en un suelo de bajo contenido de capacidad de intercambio catiónico más la escasa cobertura vegetal puede causar erosión y pérdida del suelo.

De acuerdo con las regulaciones del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, USDA (1999), el pH del suelo afectará la utilización de los nutrientes de las plantas. La disponibilidad de nutrientes se ve afectada por cambios en la solubilidad de los minerales del suelo. En comparación con los suelos neutros o débilmente alcalinos, la mayoría de los minerales tienen una mayor solubilidad en suelos ácidos. Para la mayoría de los nutrientes, la mayor disponibilidad está entre pH 6.0 y 7.0.

La reacción del tipo de uso de suelo de boque secundario es neutra, con un pH de 7.06%; aunque los tipos de uso de siembra directa, pasto y bosque tienen 6.35%, 5.5% y 5.99% de acidez, respectivamente, su acidez es moderada, pero esto se debe a que la mayoría Los nutrientes de las plantas existen en la solución y las raíces absorbidas del suelo son fácilmente absorbidas o por las raíces dentro de este intervalo.

SAGARPA (2012) en cierto sentido, la respuesta del suelo o del pH proporciona información básica, porque su cambio cambiará la solubilidad de los minerales, y los minerales solo están disponibles cuando se disuelven en la solución del suelo. Por ejemplo, ciertos nutrientes (como el aluminio y el manganeso) son más solubles a pH bajo. En general, el efecto de diferentes valores de pH sobre la absorción de nutrientes, el pH "óptimo" está entre 6 y 7. En ecosistemas húmedos, este rango está entre 5 y 7 a 8.5 en regiones secas.

Así mismo la capacidad de intercambio catiónico el tipo de uso de purma baja tuvo un promedio de $10.08 \text{ Cmol}^{(+)}\text{Kg}^{-1}$ seguido por el tipo de uso de bosque que tuvo $9.4 \text{ Cmol}^{(+)}\text{Kg}^{-1}$ esto debido a la presencia de arcilla en pocas concentraciones; siendo el menor promedio el tipo de uso de siembra directa con $7.54 \text{ Cmol}^{(+)}\text{Kg}^{-1}$ con un rango de bajo en los tres tipos de uso, esto debido a la presencia de bajas proporciones de arcilla más la presencia de MO a un porcentaje de medio a bajo.

La conductividad eléctrica los tipos de uso bosque, siembra directa, purma baja, y pastizal con promedios de 0.17 dSm^{-1} , 0.23 dSm^{-1} , 0.2 dSm^{-1} , 0.2 dSm^{-1} respectivamente presentan una conductividad eléctrica de efectos depreciables de salinidad estos valores no son perjudiciales para la planta.

El nitrógeno total que se presenta en los tipos de uso siembra directa, purma baja, pastizal y bosque con 0.08 %, 0.07 %; 0.07 %, 0.07 %; respectivamente están dentro de los niveles bajos esto debido a la pérdida de nitrógeno por causado por efectos ambientales como lixiviación y lavado el nitrógeno en forma de nitratos que son desplazados a capas más profundas del suelo, y por menor contenido de M.O en el suelo, así como pérdidas por volatilización por efectos de la desnitrificación como todo proceso biológico que está promovido por la

temperatura, por ende son esperables mayores pérdidas en primavera-verano que en otoño- invierno

Del fósforo total, SAGARPA (2012) señala que el fósforo es un elemento básico en forma de fosfato, que es esencial para las plantas y esencial para el crecimiento y desarrollo del potencial genético. Este elemento es escaso en el suelo y la mayor parte no existe en una forma utilizable por las plantas. La efectividad depende del tipo y solubilidad del suelo.

El fósforo total del tipo de uso siembra directa con 7.67 mg.kg^{-1} , purma baja con 8.42 mg.kg^{-1} , pastizal 6.36 mg.kg^{-1} , y bosque y 7.3 mg.kg^{-1} , presenta un nivel medio de P considerándose no muy destacado para un suelo de buena calidad; esto por presentar un pH moderadamente ácido así como también influyen la topografía de colina y las precipitaciones, esto concuerda con

Con referencia al potasio extractable, Roldan *et al.* (2004) citado por Araujo (2014) menciona que el potasio desempeña un papel fundamental en el metabolismo de carbohidratos y proteínas, regula la transpiración y el contenido de agua de la célula es cofactor enzimático y participa en la fotosíntesis.

Así mismo el potasio del tipo de uso purma baja con 0.21 mg/Kg^{-1} , siembra directa y pastizal con 0.09 mg/Kg^{-1} y 0.12 mg/Kg^{-1} , superando al tipo de uso bosque que obtuvo cero. Los cuatro tipos de usos de suelos presentaron un nivel de bajo de potasio. Esto debido a la lixiviación de pérdida a capas inferiores en el perfil del suelo. La efectividad del potasio en la solución del suelo depende de la presencia de otros cationes: Ca^{+2} y Mg^{+2} , suelos muy ácidos Al^{+3} y suelos salinos Na^{+}

Para el magnesio extractable, SAGARPA (2012) El informe señaló que este elemento es de especial interés porque forma parte de la molécula de clorofila, por lo que se relaciona con la fotosíntesis. La deficiencia de magnesio es común en suelos arenosos con baja capacidad de intercambio catiónico (CIC).

Con respecto a los valores de magnesio el mayor promedio lo obtuvo el tipo de uso purma baja con $1.31 \text{ Cmol}^{(+)}\text{Kg}^{-1}$ presenta un nivel de medio, esto debido al pH neutro: mientras el tipo de uso bosque y pastizal y siembra directa con 1.2

$Cmol^{(+)}Kg^{-1}$ y $1.03 Cmol^{(+)}Kg^{-1}$ y $0.96 Cmol^{(+)}Kg^{-1}$; respectivamente presentan un nivel bajo de magnesio en el suelo esto debiéndose a la baja capacidad de intercambio catiónico obtenidos para los cuatro tipos de uso más las precipitaciones presentes en la zona.

Del calcio extractable, SAGARPA (2012) el informe señaló que en el suelo desarrollado en condiciones de abundantes lluvias, el contenido de álcali puede reducirse debido a la lixiviación y extracción de cultivos. Esto puede provocar un pH más bajo y deficiencias nutricionales en los cultivos. Desde la perspectiva de la calidad del suelo, el calcio es esencial para promover la estructura del suelo cuando es dominante en complejos adsorbentes de suelo no ácidos o basados en aluminio.

El calcio intercambiable el tipo de uso purma baja obtuvo el mayor promedio con $8.33 Cmol^{(+)}Kg^{-1}$ superando a los tipos de usos siembra directa, pastizal, y bosque con promedio de $6.15 Cmol^{(+)}Kg^{-1}$, $5.79 Cmol^{(+)}Kg^{-1}$ y $8.01 Cmol^{(+)}Kg^{-1}$ respectivamente; presentando un nivel "medio" en los cuatro tipos de usos esto por presentar un CIC bajo ya que el ph hace que haya menor disponibilidad de calcio en suelos ácidos

Del Sodio extractable, Jenks y Hasegawa (2005) Se cree que "la alta concentración de sodio en el suelo no solo daña directamente a las plantas, sino que también destruye la estructura del suelo, reduciendo la porosidad y la permeabilidad al agua". Así mismo el sodio intercambiable presente en el suelo del tipo de uso siembra directa obtuvo el mayor promedio con $0.34 Cmol^{(+)}Kg^{-1}$ nivel bajo sin embargo los tipo de uso pastizal, purma baja y bosque con un promedio de $0.27 Cmol^{(+)}Kg^{-1}$, $0.23 Cmol^{(+)}Kg^{-1}$ y $0.19 Cmol^{(+)}Kg^{-1}$.respectivamente presentan nivel muy bajo en los cuatro tipo de usos de suelo se observándose que no hay una fuerte degradación por efecto sodio en el suelo,

5.4. Indicadores biológicos

De la biomasa microbiana, Toniutti *et al.* (1999) citado por Correa (2012) Se menciona que la actividad de la biomasa microbiana se ve afectada principalmente por el aporte del sustrato, la temperatura del suelo y el suministro de agua. También muestra que la biomasa microbiana se puede utilizar como

indicador para estimar los nutrientes disponibles de las plantas. La biomasa microbiana en lo que respecta a los tipos de uso en estudio, el promedio mayor fue de 0.0576 mg CO₂/100g suelo para purma baja, seguidamente bosque y el tipo de uso de pastizal con 0.05013 mg CO₂/100g suelo y 0.04160 mg CO₂/100g suelo respectivamente, siendo el menor el tipo de uso siembra directa con un promedio de 0.02347 mg CO₂/100g suelo.

Delgado *et al.* (2000) citado por Correa (2012) se enfatiza que la mayor dinámica de la biomasa microbiana ocurre en suelos de textura más gruesa, a diferencia de los suelos de textura más fina, porque en estos últimos, la biomasa microbiana puede estar confinada o aislada en agregados y no puede entrar en contacto con suelos agregados entre sí. Sustrato

Con respecto a la respiración microbiana, USDA (1999) el informe señaló que la respiración es el dióxido de carbono (CO₂) producido por la actividad biológica del suelo, que es realizada por microorganismos como microorganismos, raíces y gusanos vivos, nematodos o insectos. La tasa de respiración más alta se debe al aporte de las raíces de las plantas.

Con respecto a los valores de respiración edáfica el tipo de uso bosque y pastizal presentan el mayor promedio con 21.2 kg/ha/d y 20.4 kg/ha/d expresando una actividad mediana, El suelo se está aproximando, o alejando, de un estado ideal de actividad biológica; mientras que los tipos de uso siembra directa y purma baja fueron los de menor promedio con 13.3 kg/ha y 15.7 kg/ha. Presentando una actividad moderadamente baja se aprecia que el suelo ha perdido parte de materia orgánica disponible y la actividad biológica es baja.

Del número de lombrices presentes en el suelo del tipo de uso bosque presento mayor promedio de número de lombrices con 10.6, superando a los tipos de uso siembra directa, purma baja y pastizal, con un promedio menor de 4,7, 4.3 y 8 respectivamente.

VI. CONCLUSIONES

- Se determinó la calidad de los suelos mediante indicadores en cuatro tipos de uso de suelo (siembra directa, purma baja, pastizal, y bosque), de acuerdo con el subíndice de uso sustentable del suelo (SUSS) de los indicadores físicos, químicos.
- Se determinó las propiedades físicas de los cuatro tipos de usos de suelo como: textura, la densidad aparente, la infiltración, profundidad efectiva, la capacidad de retención de agua y temperatura.
- Se evaluó las propiedades químicas de los cuatro tipos de uso como: materia orgánica, reacción del suelo, capacidad de intercambio catiónico, conductividad eléctrica, nitrógeno total, fósforo total, potasio, magnesio, calcio y sodio.
- Se determinó las propiedades biológicas de los 4 tipos de uso de suelos como: la biomasa microbiana, la respiración microbiana y el número de lombrices
- Se comparó las diferencias estadísticas significativas en cada tipo de uso de suelo donde el tipo de uso pastizal y siembra directa presentaron una calidad de suelo marginal, mientras el tipo de uso purma baja y bosque, presentaron una calidad de suelo sensible para ambos.

VII. RECOMENDACIONES

1. Para mejorar la calidad del suelo del tipo de uso siembra directa y purma baja se recomienda adicionar al suelo enmiendas orgánicas ya sean humus, compost, compost vegetal y de estiércol, vermicompost, así como el bocashi, y la siembra de leguminosas que va a ayudar en la fertilidad y estructura del suelo aportando los macro y micro elementos necesarios para la planta como también aumentar la diversidad poblacional de microorganismos benéficos.
2. Para mejorar el suelo del tipo de uso pastizal, se recomienda realizar un sistema silvopastoril ya que los árboles plantados servirán de protección y sombra del suelo y al ganado, ayudando a la mejora de la fertilidad y al incremento de microorganismos benéficos y presencia de lombrices en el suelo, también realizar el abonamiento adecuado en el momento oportuno.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abril A. 2003. ¿Son los microorganismos edáficos buenos indicadores de impacto productivo en los ecosistemas? *Ecología Austral* 13:195-204.
- Aguirre H, A. 2009. El manejo de la conductividad eléctrica en fertirriego. Saltillo, coahuila. P 9
- Agosta, Y., Cayama, J., Gómez, E., Reyes, N., Rojas, D., García, H. 2006. Respiración microbiana y prueba de fitotoxicidad en el proceso de compostaje de una mezcla de residuos orgánicos. *Multiciencias*. Venezuela. p: 220-227.
- Angella, G. frias, C. salgado, R. 2016. Conceptos básicos de la relación agua-suelo- planta. Argentina inta ediciones p. 28
- Alvares, R. 2008. Edafología y climatología forestal. Tema 8 – factores formadores del suelo: (en línea): Uhu, consultado el 20 de agosto del 2019, disponible en: <https://es.scribd.com/doc/50527776/Factores-formadores-del-suelo>.
- Álvarez, J., Anzueto, M. 2004. Actividad microbiana del suelo bajo diferentes sistemas de producción de maíz en los Altos de Chiapas, México. *Agrociencia*. México. p: 13-22.
- Araujo Rengifo, CL. 2014. Calidad de suelos en diferentes sistemas de uso en el Centro poblado de san antonio en la provincia de Huamalíes. Tesis. Ing. Perú. UNAS. p 21-24
- Asado, H. AM. 2012. El suelo, soporte de la vida; fundamentos sobre su formación, propiedades y fertilidad. Perú. p. 165

- Astier, C, M. Mas – Moreno Y J. Etchevers B. 2002. Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia*. p 605-620 Auki, M., Sereno, R. 2006. Grupo de gestion ambiental de suelos y agua facultad de ciencias agropecuria. UNC.
- Bone, J., Head, M., Barraclough, D., Archer, M., Scheib, C., Flight, D., & Voulvoulis, N. 2010. Soil quality assessment under emerging regulatory requirements. *Environment International*, 36- 609-622 p.
- Brookes P., Cayuela, M., Contin M., De Nobili M., Kemmitt S., Mondini C. 2008. The mineralisation of fresh and humified soil organic matter by the soil microbial biomass. *Waste Management* 28(4):716-722.
- Calderon Saenz, Felipe. 2002. La conductividad electrica -ce- y la conductividad electrica a granel -ceg- del suelo como base para la medicion de la humedad del suelo. Bogotá D.C.,. en línea Colombia S.A.(consultado el 15 de mayo del 2018) disponible en: http://www.drcaalderonlabs.com/Investigaciones/Conductividad/La_Conductividad_Electrica.htm
- Cantú, M., Becker, A., Bedano, J., & Schiavo, H. 2007. Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. *Ciencia del Suelo*, 25. p 173 -178.
- Correa Ponce, JC. 2012. Calidad de suelos en diferentes sistemas de uso en el predio tulumayo tesis. Ing, ciudad de Tingo María .Perú. UNAS.
- Coyne, M. 2000. *Microbiología del suelo: un enfoque exploratorio*. Madrid, ES, Paraninfo.p 416.
- De Clerk, F.; Singer, M. J. 2003. Mirando hacia atrás 60 años, los suelos de California mantienen la calidad química general. *Agricultura de California*, 57: p 38-41.
- Delgadillo, O. Pérez L. 2016. Medición de la infiltración del agua en el suelo. Método de la doble anilla. Cochabamba, Bolivia. p 4.

- De la Rosa, D., & Sobral, R. 2008. Soil quality and methods for its assessment. En: A.K. Braimoh & P.L.G. Vlek (eds.). Land Use and Soil Resources (pp.167-190). Dordrecht: Springer Science Musiness Media.
- Domingo, J.; Fernández, E. 2006. Estimación de la capacidad de retención de agua en el suelo, Ed. Departamento de Ciencias Agroforestales. Universidad de Huelva, España.
- Doran, J.W., & Zeiss, M.R. 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*, 15, p 3-11.
- ESCARLATA. 2011. Suelos arcillosos, arenosos y francos: Identificación y Precauciones. [En línea]: BLOGJARDINERIA, (<http://blogjardineria.com/suelos-iv/>, 11 Marzo. 2018)
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura IT). 2001. Secuestro de carbono en el suelo para la gestión mejorada de la tierra. (en línea). Roma, IT. Consultado el 1 de abril del 2011. Disponible en: <http://ftp.fao.org/agl/agll/docs/wsr96e.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura IT). 2004. Actualización de la evaluación de los recursos forestales mundiales a 2005. Términos y definiciones. Programa de Evaluación de los recursos forestales en línea estados unidos consultado el 12 de agosto del 2018. Disponible en: http://www.fao.org/docrep/007/ae156s/ae156s04.htm#P1032_58741
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2010. Evaluación de los recursos forestales mundiales. Informe principal. Roma. p 378.
- Flores D, L. y Alcalá M, JR. 2010. Manual de Procedimientos Analíticos Universidad Nacional Autónoma De México Instituto de Geología Departamento de Edafología en línea Mexico. (consultado el 25 de enero del 2018) disponible en: <http://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/edafo/lfs/>

MANUAL%20DEL%20LABORATORIO%20DE%20FISICA%20DE%20S
UELOS1.pdf

- Garbisu C, Becerril JM, Epelde L, Alkorta I. 2007. Bioindicadores de la calidad del suelo: Herramienta metodológica para la evaluación de la eficacia de un proceso fitorremediador. *Ecosistemas* 16(2). p.44 – 49
- Guillermo O. M. sf. Estructura y composición del pastizal natural. Argentina, Tucumán. p 3.
- Gómez L, MS; Vidal A, S. 2007. Correlación de Determinación de Humedad de Suelos por Medio de Secado en Horno y en Microondas. Pontificia Universidad Católica de Chile Santiago, Chile. *Revista de la Construcción*, vol. 6, núm. 1. p. 28-34
- Henao, E, Y. Ordóñez R. de Camino. Villalobos R. Carrera F. 2015. El Bosque secundario en Centroamérica. Un recurso potencial de uso limitado por procedimientos y normativas inadecuadas. Costa Rica.
- Hinostroza; A. Malca; Julio. Suarez; Luis. 2013. Dinámica de la biomasa microbiana y su relación con la respiración y el nitrógeno del suelo en tierras agrícolas en el valle del Mantaro. En línea. Perú. (consultado el 02 de noviembre del 2018 disponible en: <http://revistas.uap.edu.pe/ojs/index.php/CYD/article/view/1116>
- Ingaramo, Octavio E. Paz González, Antonio. Dugo Paton, Máximo. 2003. Evaluación de la densidad aparente en diferentes sistemas de laboreos de suelo, en el NO de la Península Ibérica. Argentina. https://www.researchgate.net/publication/315830835_Evaluacion_de_la_densidad_aparente_en_diferentes_sistemas_de_laboreos_de_suelo_en_el_NO_de_la_Peninsula_Iberica
- INIA (Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias,PE) 2018. Bases para la determinación de las necesidades hídricas del cultivo del calafate in situ, para su adaptación al manejo agronómico. Boletín informativo N° 79. en línea PE. (consultado el 13 de mayo del 2018) CH.

disponible en:
<http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR40973.pdf>.

INTA (Instituto Nacional De Tecnología Agropecuario, AR). 2018. Suelos: la falta de humedad afecta la absorción de nutrientes. En línea. Argentina (consultado el 18 de julio del 2018) disponible en: <http://intainforma.inta.gov.ar/?p=42640>.

INTA (Instituto Nacional De Tecnología Agropecuario, AR). 2011. Siembra directa. Argentina Consultado el 9 de enero 2018. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-siembra_directa_2011.pdf.

INTAGRI S.C (Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura, ME). 2001. La Conductividad Eléctrica del Suelo en el Desarrollo de los Cultivos. en línea. México. Consultado el 13 de enero 2019 disponible en <https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-conductividad-electrica-del-suelo-en-el-desarrollo-de-los-cultivos>

INTAGRI S.C. (Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura, ME)., 2001. El Magnesio en el Suelo y su Efecto en las Raíces. en línea. Mexico. (Consultado el 15 de enero del 2018) disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/suelos/el-magnesio-en-el-suelo-y-su-efecto-en-las-raices>

Jacinthe P., Lal L. 2005. Respiration. (ed.). Encyclopedia of Soil Science, Second Edition. Taylor and Francis Group, New York, USA. p. 1508-1512.

Jenks, M. A. y Hasegawa, P. M. 2005. Estrés Abiótico De La Planta. India. Blackwell Publishing Ltd, p. 270.

Jiménez ballesta r. y González-quiñones v. 2006. La calidad de suelos como medida para su conservación. Edafología, vol 13. (3), p 125-138

León A. R. 2007. Profundidad efectiva y Capacidades de Uso del Suelo. En línea MEXICO. (Consultado el 19 de enero del 2018). Disponible en: <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/03/14/61286>.

- Meza Arquíñigo Carlos. Díaz Encinas Alida Isidora 2011. Evaluación de la deforestación y sus impactos ambientales: provincia de Padre Abad. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima .
- Moreira, M. M. S., y Siqueira J, O. 2002. Microbiología y bioquímica del suelo. S.A. ed. UFLA. Brasil.
- Mora Delgado JR. 2006. Colombia. La actividad microbiana: Un indicador integral de la calidad del suelo. [En línea]: UNIVERSIDAD DE CALDAS, consultado el 19 de noviembre del 2018 disponible en http://lunazul.ucaldas.edu.co/downloads/Lunazul5_6_9.pdf
- Quillama T, A. 2017. Informe de evaluación de riesgos por inundación del distrito de Irazola, provincia Padre Abad – Ucayali. (En línea) PE. (Consultado el 20 de mayo del 2018) disponible en: http://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/4415_informe-de-evaluacion-de-riesgo-por-inundacion-del-distrito-de-irazola-provincia-de-padre-abad-ucayali.pdf
- Paul E.A. 2007. Microbiología del suelo, ecología y bioquímica. Prensa académica. p532.
- Perrachon. J. 2005. Revista del plan agropecuario. Siembra directa que es. Consultado el 10 de enero del 2018. Disponible en: https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R110/R110_54.Pdf
- SAGARPA (secretarías de agricultura ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación.ME).2012. Subíndice de Uso Sustentable del Suelo – Metodología de Cálculo. En línea Mexico. (Consultado el 10 de febrero del 2018. Disponible en: https://www.fao-evaluacion.org.mx/rn/ind_fin/suelos/Documento_metodologico_suelos.pdf
- Sandoval. J., Pocasangre, L., Rosales, F., Delgado, E. 2006 importancia de los indicadores fisicoquímicos en la calidad de suelos para la producción sustentable del banano en costa rica. Rev costa rica. edafología
- Sánchez, J. 2007. Fertilidad de suelos y nutrición mineral de plantas. [En línea]: UNNE, consultado el 03 de marzo 2018) disponible en:

<http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FERTILIDAD%20DEL%20SUELO%20Y%20NUTRICION.pdf>

Santibáñez, C. 2007. Evaluación de la actividad microbiológica del suelo. [En línea]: CHILE, (Consultado el 15 de febrero del 2018) disponible en: (<http://www.mct.dgf.uchile.ci/AREAS/mediomod1.2.htm>)

Schoenholtz, S.H., Van Miegroet, H., & Burger, J.A. 2000. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. *Forest Ecology and Management*, 138, p335-356.

Silva, A.; Ponce De León, J.; García, F. y Durán, A. 1988. Aspectos metodológicos en la determinación de la capacidad de retener agua de los suelos del Uruguay. *Boletín de Investigación N° 10*. Facultad de Agronomía. Universidad de la República

SICCPHA (comité de mejoramiento de suelos de la asociación de sanidad vegetal de California). 2004. *Manual de fertilizantes para cultivos de alto rendimiento*. Noriega Editores. México. p366.

Takahashi, S. Anwar, MR. 2007. Rendimiento de grano de trigo, absorción de fósforo y fracción de fósforo del suelo después de 23 años de aplicación anual de fertilizante a un Andosol. *Investigación sobre cultivos de campo*. p 160-171.

USDA (Departamento de Agricultura de Estados Unidos). 1999. *Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo*. Traducción de: Área de Cartografía de Suelos y Evaluación de Tierras de Argentina.

Vanderlinden K., Giráldez J. V. y M. Van M eirvenne 2003. Evaluación de la capacidad de retención de agua de los suelos de andalucía mediante el análisis del balance medio anual del agua. España. En línea España. (consultado el 09 de enero del 2018). Disponible en: http://www.zonanosaturada.com/zns03/publications_files/131-136.pdf

Vázquez M. E. 2006. Calcio y magnesio. Acidez y alcalinidad de los suelos. En Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. H.E. Echeverría y F.O. García (eds). Editorial INTA. Buenos Aires. Argentina. p. 161-189.

Vilma Rosas C. y Diego Arribillaga G. • INIA Tamel Aike. 2013. Potencial Productivo en Base a la Profundidad de los Suelos del Valle de Chile Chico.en linea chile. Consultado el 15 de enero del 2019. Disponible en: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR39013.pdf>

Wong, J.; Baker, N.; Kirsti, T. 2001. Evaluación de los recursos de productos forestales no madereros: experiencia y principios biométricos FAO. Productos Forestales no Madereros. FAO. Roma. ISBN: 9789253046140.

ANEXO

Cuadro N° 30. Densidad aparente

Tipo de uso	Densidad aparente								densidad Mss/vt
	peso suelo humedo (psh)	peso suelo seco(pss)	Vol	peso cilindro (c)	papel(p)	(c)+ (p)	suelo humd.(g)	suelo seco (g)	
	(c) + (p)+(psh)	(c) + (p) + (pss)					psh -(c + p)	pss -(c+p)	
siembra directa	292.53	245.76	124.85975	117.53	2.13	119.66	172.87	126.1	1.031637
siembra directa	301.71	278.8	124.85975	118	2.13	120.13	181.58	158.67	1.270706
siembra directa	299.73	262.62	124.85975	118.78	2.13	120.91	178.82	141.71	1.361768
purma baja	352.12	316.84	124.85975	117.52	2.13	119.65	232.47	197.19	1.579292
purma baja	348.85	301.5	124.85975	115.88	2.13	118.01	230.84	183.49	1.469569
purma baja	347.15	306.28	124.85975	118.78	2.13	120.91	226.24	185.37	1.484626
pastizal	332.72	295.93	124.85975	119.99	2.13	122.12	210.6	173.81	1.392042
pastizal	270.49	241.61	124.85975	115.96	2.13	118.09	152.4	123.52	0.98927
pastizal	317.99	280	124.85975	118.95	2.13	121.08	196.91	158.92	1.2772788
bosque	276.12	247.26	124.85975	116.32	2.13	118.45	157.67	128.81	1..009933
bosque	316.92	277.06	124.85975	116.27	2.13	118.4	198.52	158.66	1.270786
bosque	323.5	292.82	124.85975	120.66	2.13	122.79	200.71	170.03	1.134953

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 31 Humedad del suelo

HUMEDAD						
Tipo de uso	PSH	PSS	PSH- PSS	PSH- PSS/PSS	PSH- PSS/PSS*100	PROMEDIO
siembra directa	157.67	128.81	28.86	0.22405093	22.41	22
siembra directa	198.52	158.66	39.86	0.25122904	25.12	
siembra directa	200.71	170.03	30.68	0.18043875	18.04	
purma baja	232.47	197.19	35.28	0.17891374	17.89	22
purma baja	230.84	183.49	47.35	0.25805221	25.81	
purma baja	226.24	185.37	40.87	0.22047796	22.05	
pastizal	210.6	173.81	36.79	0.21166791	21.17	23
pastizal	152.4	123.52	28.88	0.23380829	23.38	
pastizal	196.91	158.92	37.99	0.23905109	23.91	
bosque	172.87	126.1	46.77	0.37089611	37.09	26
bosque	181.58	158.67	22.91	0.14438772	14.44	
bosque	178.82	141.71	37.11	0.26187284	26.19	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 32. Temperatura del suelo

Temperatura del suelo				
tipo de uso	°C / 9am	°C/ 12m	°C/2pm	Promedio
Siembra directa	27	29	30	29
purma baja	28	30	29	29
Pastizal	27	29	28	28
bosque	26	31	29	29

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 33. Biomasa microbiana

BIOMASA MICROBIANA						
tipo de uso	Gasto del HCl de la muestra	Gasto del HCl en blanco	(S-B)	M*Pm*V	C-CO (ug C/ g de suelo)	Promedio
Siembra directa	7.3	6.3	1	4.8	0.03200	0.02347
Siembra directa	7.1	6.7	0.4	1.92	0.01280	
Siembra directa	6.8	6	0.8	3.84	0.02560	
Purma baja	5.7	4.3	1.4	6.72	0.04480	0.05760
Purma baja	6.1	3.8	2.3	11.04	0.07360	
Purma baja	5.8	4.1	1.7	8.16	0.05440	
Pastizal	8	6.9	1.1	5.28	0.03520	0.04160
Pastizal	7.9	7	0.9	4.32	0.02880	
Pastizal	8.4	6.5	1.9	9.12	0.06080	
Bosque	7.7	6.4	1.3	6.24	0.04160	0.05013
Bosque	7.2	4.5	2.7	12.96	0.08640	
Bosque	6.7	6	0.7	3.36	0.02240	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 34. Respiración Edáfica

Respiración edáfica						
Tipo de uso	Gasto del HCl de la muestra	Gasto del HCl de la blanco	(s-b)	M*6	A	Mg c (en co2) /100g suelos
Siembra directa	5.2	4.8	0.4	2.4	0.0094	0.0133
Siembra directa	6.7	5.9	0.8	4.8	0.0188	
Siembra directa	6.5	6	0.5	3.0	0.0118	
Purma baja	5.8	5.4	0.4	2.4	0.0094	0.0157
Purma baja	6.5	5.3	1.2	7.2	0.0282	
Purma baja	5.1	4.7	0.4	2.4	0.0094	
Pastizal	8	7.1	0.9	5.4	0.0212	0.0204
Pastizal	7.6	6.8	0.8	4.8	0.0188	
Pastizal	7.4	6.5	0.9	5.4	0.0212	
Bosque	7.3	6.8	0.5	3.0	0.0118	0.0212
Bosque	7.1	6	1.1	6.6	0.0259	
Bosque	8.4	7.3	1.1	6.6	0.0259	

Fuente: Elaboración propia

PANEL FOTOGRAFICO
TIPO DE USO DE SUELO



Figura 21. Tipo de uso siembra directa

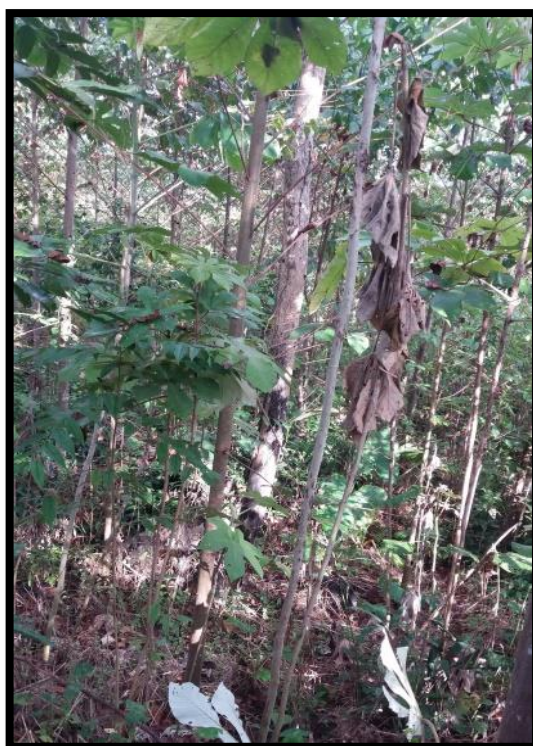


Figura 22. Tipo de uso purma baja



Figura 23. Tipo de uso pastizal



Figura 24. Tipo de uso bosque

PROPIEDADES FISICAS



Figura 25. Determinación de la textura



Figura 26. Determinación de la densidad aparente



Figura 27. Determinación de la Infiltración



Figura 28. Determinación de profundidad efectiva

PROPIEDADES QUIMICAS



Figura 29. Muestreo de suelos



Figura 30. Determinación del pH

PROPIEDADES BIOLÓGICAS



Figura 31. Determinación de la biomasa microbiana



Figura 32. Determinación de la respiración microbiana



Figura 33. Numero de lombrices

MÉTODOS ANALÍTICOS



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 AV. UNIVERSITARIA S/N - CARRETERA CENTRAL KM 1.21 - TINGO MARIA - CELULAR 941531359
 Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos
 analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE:				BLAS BALDEON VERONICA									PROCEDENCIA				IRAZOLA - PADRE ABAD - UCAYALI											
N°	COD. LAB.	DATOS			ANÁLISIS MECÁNICO				pH	C.E	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg ^{dm}						CICe	%	%	%			
		CULTIVO	SECTOR	MUESTRA	Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura								Ca	Mg	K	Na	Al	H					Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al
1	S4005	BOSQUE	SANTA CRUZ	M1	49	22	29	Franco	5.99	0.17	1.63	0.07	7.30	80.96	9.40	8.01	1.20		0.19	--	--	--	100.00	0.00	0.00			
2	S4006	CACAO	SANTA CRUZ	M2	51	20	29	Franco	6.35	0.23	1.86	0.08	7.67	84.46	7.54	6.15	0.96	0.09	0.34	--	--	--	100.00	0.00	0.00			
3	S4007	PURMA BAJA	SANTA CRUZ	M3	29	28	43	Franco Arcillo Limoso	7.06	0.20	1.48	0.07	8.42	87.46	10.08	8.33	1.31	0.21	0.23	--	--	--	100.00	0.00	0.00			
4	S4008	PASTIZAL	SANTA CRUZ	M4	53	20	27	Franco Arcillo Arenoso	5.50	0.20	1.63	0.07	6.36	44.48	----	5.79	1.03	0.12	0.27	--	--	--	100.00	0.00	0.00			

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
 FECHA : 14 de setiembre 2018
 RECIBO N° 0556873

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 LAB. ANÁLISIS DE SUELOS

 Ing. G. Manaylla Minaya
 JEFE



Figura 34. Ficha de resultados del análisis químico de los cuatro tipos de uso de suelo



Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María
Diagnóstico Microbiológico

CONSTANCIA N° 004-2018-LM-UNAS-TM

Quién suscribe Jefe del Laboratorio de Microbiología General de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, deja expresa constancia que la Srta. VERÓNICA BLAS BALDEÓN de profesión Ingeniero Agrónomo, egresada de maestría de la mención Gestión Ambiental de la Escuela de Posgrado de la Universidad Agraria de La Selva, ha realizado sus pruebas analíticas de indicadores biológicos: Biomasa microbiana, Respiración microbiana; para determinar calidad de suelo, requeridas en la ejecución de su Tesis de Maestría, **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELO MEDIANTE INDICADORES BIOLÓGICOS SEGÚN EL TIPO DE USO EN SAN ALEJANDRO IRAZOLA – UCAYALI**, durante el período comprendido entre el 1 al 30 de octubre del 2018, habiendo demostrado profesionalismo y eficiencia en la realización de los análisis mencionados que culminaron en resultados certeros en la investigación ejecutada.

Tingo María, 15 de noviembre de 2018




Dr. CÉSAR SAMUEL LÓPEZ LÓPEZ
JEFE
LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA GENERAL