

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



**“CALIDAD DE SUELOS EN DIFERENTES SISTEMAS DE USO EN EL  
CENTRO POBLADO DE SAN ANTONIO EN LA PROVINCIA DE  
HUAMALÍES.”**

Tesis

Para optar el título profesional de:

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES MENCIÓN  
CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**

Presentado por:

ARAUJO RENGIFO, Carlos Lee

Tingo María – Perú

2014

## DEDICATORIA

A Dios, por darme la bendición día a día.

A mis padres Segundo Isidro Araujo Torres y Sonia Rengifo Rodríguez; por su inmenso amor, dedicación y entrega brindada durante todo este tiempo para cada día ser mejor.

A mi esposa Betty Paima Cahuaza y mi hijo Darsham Lee por darme la fuerza y la confianza para poder seguir adelante en mi vida.

A mis hermanos Frank Lee, Sonia y Humberto Araujo Rengifo quienes con la ilusión de sus vidas han permitido verme convertido en un hombre de bien.

## **AGRADECIMIENTO**

Durante mi formación profesional, personal y elaboración de la presente investigación, diversas personas colaboraron directa e indirectamente, a quienes deseo expresar mi más profundo reconocimiento:

A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, que se esforzaron por entregarme sus conocimientos y experiencias.

Al Ing. M.Sc. Sandro Jr. Ruiz Castre, quien me ofreció su invaluable asesoramiento en la presente investigación. Gracias por su paciencia, empeño y confianza.

A los miembros de jurados de la presente investigación Ing. M.Sc. Lucio Manrique de Lara Suarez presidente, Ing. Jaime Torres García e Ing. Juan Pablo Rengifo Trigozo miembros de jurado, quienes con su paciencia y voluntad hicieron realidad la sustentación del informe de Tesis.

A mis amigos, colegas y familias: Eduardo Jimenez Salinas, José Manuel Tapullima Chuquipiondo, Ricardo Martin Chávez Asencio, Lisbeth Paredes Salas, Patricia Hidalgo Murrieta, Carlos H. Araujo Torres, Alex Pizarro Guzmán, Franklin Daza Romero, Michel Campos Verdi, por sus consejos y amistad.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
I.INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Calidad de suelo .....	4
2.2. Indicadores de calidad de suelo .....	5
2.2.1. Indicadores físicos .....	7
2.2.2. Indicadores químicos .....	10
2.2.3. Indicadores biológicos .....	12
2.3. Efectos de diferentes sistemas de uso en la capacidad del suelo .....	14
III. MATERIALES Y METODOS .....	15
3.1. Materiales .....	15
3.1.1. Ubicación de la investigación .....	15
3.1.2. Clima .....	15
3.1.3. Suelos .....	16
3.1.4. Vegetación .....	16
3.1.5. Zonas de vida. ....	16
3.1.6. Geología .....	16
3.1.7. Fisiografía .....	17
3.1.8. Geomorfología .....	17

3.1.9. Accesibilidad .....	17
3.2. Materiales y equipos .....	17
3.2.1 Materiales de campo .....	17
3.2.2 Material de laboratorio .....	18
3.2.3 Equipo de campo .....	18
3.2.4 Equipo de laboratorio .....	18
3.2.5 Reactivos .....	18
3.3. Metodología .....	19
3.3.1. Disposición experimental .....	19
3.3.2. Etapa pre campo .....	21
3.3.3. Análisis estadístico.....	24
3.3.4. Variables en estudio .....	24
3.3.4.1. Variables dependientes .....	24
3.3.4.2. Variables independientes .....	24
IV. RESULTADOS ..	25
V. DISCUSIÓN .....	64
VI. CONCLUSIONES.....	78
VII. RECOMENDACIONES .....	81
VIII. ABSTRACT .....	82
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	83
X. ANEXO .....	88

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
1. Indicadores físicos, químicos y biológicos de calidad de suelo .....	20
2. Textura del suelo según sistemas de uso purma, pastura, cultivo anual y cultivo permanente .....	25
3. Estructura del suelo hallado en cuatro sistemas de uso .....	26
4. Porcentaje de estabilidad de agregados en los cuatro sistemas de Uso ...	26
5. Análisis de variancia de estabilidad de agregados entre los sistemas de uso .....	27
6. Prueba de Duncan $\alpha = 0.05$ , de porcentaje de estabilidad de agregados en la evaluación del experimento .....	28
7. Densidad aparente ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) del suelo en los cuatro sistemas de uso .....	28
8. Análisis de variancia de la densidad aparente del suelo entre los sistemas de uso .....	29
9. Prueba de Duncan $\alpha = 0.05$ de la densidad aparente en la evaluación del experimento .....	30
10. Profundidad efectiva (cm) del suelo en cuatro sistemas de uso .....	31
11. Análisis de variancia de la profundidad efectiva del suelo entre los sistemas de uso.....	32
12. Prueba Duncan $\alpha = 0.05$ de la profundidad efectiva en la evaluación del experimento .....	32

13. Infiltración del suelo en los cuatro sistemas de uso .....	33
14. Análisis de variancia de la infiltración del suelo entre los sistemas de Uso .....	34
15. Prueba de Duncan $\alpha = 0.05$ de la infiltración del suelo en la evaluación del experimento .....	34
16. Porcentaje de capacidad de retención de agua del suelo de los cuatro sistemas de uso .....	35
17. Análisis de variancia de la capacidad de retención de agua entre los sistemas .....	37
18. Prueba de Duncan $\alpha = 0.05$ , del porcentaje de capacidad de retención de agua en la evaluación del experimento .....	37
19. Temperatura del suelo ( $^{\circ}\text{C}$ ) en los cuatro sistemas de uso .....	38
20. Análisis de variancia de la temperatura del suelo entre los sistemas de Uso . .....	39
21. Prueba de Duncan $\alpha = 0.05$ de la temperatura del suelo en la evaluación del experimento .....	39
22. Resistencia a la penetración ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ ) hallada en cuatro sistemas de uso de suelo .....	40
23. Análisis de variancia de la resistencia a la penetración entre los Sistemas de uso .....	41
24. Prueba de Duncan $\alpha = 0.05$ de la resistencia a la penetración en la evaluación del experimento .....	41
25. Materia orgánica en los cuatro sistemas de uso del suelo .....	42
26. Análisis de variancia de la materia orgánica (C y N orgánico) entre	

los sistemas de uso .....	43
27. Prueba de Duncan $\alpha = 0.05$ de materia orgánica en la evaluación del experimento .....	44
28. Reacción del suelo (pH) encontradas en los cuatro sistemas de uso .....	44
29. Análisis de variancia de reacción del suelo (pH) entre los sistemas de uso .....	46
30. Prueba de Duncan $\alpha = 0.05$ de reacción del suelo en la evaluación del experimento .....	46
31. Nitrógeno total del suelo encontramos en los sistemas de uso .....	47
32. Análisis de variancia de nitrógeno total entre los sistemas de uso .....	48
33. Prueba de Duncan $\alpha = 0.05$ del nitrógeno total en la evaluación del experimento .....	49
34. Fósforo disponible (ppm) del suelo presentes en los sistemas de .....	49
35. Análisis de variancia de fósforo disponible entre los sistemas de uso .....	51
36. Prueba de Duncan $\alpha = 0.05$ del nitrógeno total en la evaluación del experimento .....	51
37. Potasio disponible del suelo (kg-k <sub>2</sub> O/ha) presentes en los sistemas de uso.....	52
38. Análisis de variancia de potasio disponible entre los sistemas de uso .....	53
39. Prueba de Duncan $\alpha = 0.05$ del potasio total en la evaluación del experimento .....	54



40. Capacidad de intercambio catiónico del suelo (mq/100 g) en los sistemas de uso .....	54
41. Análisis de variancia de la capacidad de intercambio catiónico en los sistemas de uso .....	55
42. Prueba de Duncan $\alpha = 0.05$ de la capacidad de intercambio catiónico en la evaluación del experimento .....	56
43. Biomasa microbiana (mg C – CO <sub>2</sub> /100 g) en los sistemas de uso del suelo.....	56
44. Análisis de variancia de la biomasa microbiana entre los sistemas de uso .....	57
45. Prueba de Duncan $\alpha = 0.05$ de la capacidad de intercambio catiónico en la evaluación del experimento .....	58
46. Número de lombrices del suelo en los sistemas de uso.....	59
47. Análisis de variancia de número de lombrices entre los sistemas de uso .....	60
48. Prueba de Duncan $\alpha = 0.05$ del número de lombrices en la evaluación del experimento. ....	60
49. Valores y porcentajes relativos de los indicadores usados para obtener un índice de calidad de suelo cuando se supone un suelo ideal .....	62

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
1. Porcentaje de estabilidad de agregados en cuatro sistemas de uso .....	27
2. Densidad aparente en cuatro sistemas de uso del suelo .....	29
3. Profundidad efectiva en cuatro sistemas de uso del suelo .....	31
4. Infiltración en los cuatros sistemas de uso del suelo .....	33
5. Capacidad de retención de agua en cuatro sistemas de uso .....	36
6. Temperatura del suelo en cuatro sistemas de uso del suelo .....	38
7. Resistencia a la penetración en cuatro sistemas de uso del suelo .....	40
8. Materia orgánica en cuatro sistemas de uso del suelo .....	43
9. Reacción del suelo en cuatro sistemas de uso del suelo .....	45
10. Nitrógeno total en cuatro sistemas de uso del suelo .....	48
11. Fósforo disponible en cuatro sistemas de uso del suelo .....	50
12. Potasio disponible en cuatro sistemas de uso del suelo .....	53
13. Biomasa microbiana en cuatro sistemas de uso del suelo .....	57
14. Número de lombrices en cuatro sistemas de uso del suelo .....	59
15. Porcentaje relativos de los cuatro sistemas de uso y el sistema de inferencia (suelo ideal) .....	63
16. Reunión con los pobladores del centro poblado San Antonio .....	96
17. Sistemas de uso del suelo maíz en el centro poblado San Antonio .....	96

18. Sistemas de uso del suelo purma en el centro poblado San Antonio ...	97
19. Sistemas de uso del suelo cítricos en el centro poblado San Antonio ...	97
20. Sistemas de uso del suelo pastos en el centro poblado San Antonio ....	98
21. Vista panorámica de uso del suelo en el centro poblado San Antonio ...	98

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó entre los meses de abril a setiembre de 2014, se encuentra ubicado políticamente en el departamento de Huánuco, provincia Huamalíes distrito de Arancay, sector centro poblado de San Antonio, geográficamente se ubica en las coordenadas UTM 331617 mE y 8988616 mN, a una altitud de 1,100 m.s.n.m. el presente trabajo busca determinar la calidad del suelo en los sistemas de uso purma, pastos, cultivo anual, cultivo permanente; para esto se evaluaron los indicadores físicos, químicos y biológicos. En los indicadores físicos del suelo se determinaron la textura, estructura, estabilidad de agregados, densidad aparente, profundidad efectiva, infiltración, capacidad de retención de agua, temperatura del suelo y resistencia a la penetración. En los indicadores químicos se determinaron materia orgánica, reacción del suelo, nitrógeno total, fósforo disponible, potasio disponible y capacidad de intercambio catiónico. En los indicadores biológicos, se determinaron biomasa microbiana, respiración edáfica y número de lombrices. La calidad de los suelos en los diferentes sistemas de uso, de acuerdo a sus indicadores físicos, químicos y biológicos, determinan que los suelos de bosque secundario (purma de 15 años) son de mejor calidad, seguido del cultivo permanente (cítrico), pasturas (brizanta) y el suelo de menor calidad fue el cultivo anual (maíz). Los cuatro sistemas de uso, de acuerdo al análisis de varianza y prueba de Duncan, presentan diferente calidad de suelo.

## I. INTRODUCCIÓN

A pesar de la importancia para la vida, el suelo no ha recibido de la sociedad la atención que se merece. Su degradación es una seria amenaza para el futuro de la humanidad; ya que el recurso esencial para la producción agraria que, sin embargo, sufre serios procesos de degradación que amenaza la sostenibilidad de la agricultura. (BAUTISTA *et al.*, 2004).

Los procesos de deterioro del suelo son aquellos que rebajan su capacidad actual y potencial para producir cualitativa y/o cuantitativamente los bienes o servicios que van a ser de amplio beneficio para la sociedad; sin embargo, la calidad de los suelos está estrechamente relacionada con los procesos de sucesión ecológica; la degradación de los ecosistemas por regla general trae consigo una disminución en la calidad de los suelos y una regresión en la sucesión vegetal; por ello, el estudio de la calidad del suelo, referido a sus condiciones para producir cosechas está orientado a sus características físicas, químicas y biológicas.

Los tipos o sistemas de uso de los suelos ocasionan diferentes grados de perturbación, que al afectar sus características físicas, químicas y

Biológicas, tendrán efectos sobre la degradación y la erosión parcial y total de los suelos. Estas características físicas, químicas y biológicas del suelo son las que brindan las condiciones para el crecimiento y desarrollo de los cultivos; los que a su vez, tienen influencia directa o indirecta sobre la aireación, conservación, disponibilidad en cantidad y calidad de los nutrientes entre otros.

El problema es la degradación de la calidad de los suelos alterados por ello se hace necesario con la investigación determinar las propiedades físicas, químicas y biológicas (calidad de suelo) para la sostenibilidad de las propiedades mencionados en el tiempo, ya que estos sistemas de uso afectan al menos algunos indicadores de la calidad del suelo. El desarrollo de la investigación ha motivado proteger, conservar y manejar adecuadamente el recurso suelo; motivo por el cual se plantea la siguiente interrogante ¿Existe alguna relación de las propiedades física químicas y biológicas en los diferentes sistemas de uso como indicadores de la calidad del suelo en el centro poblado de San Antonio en la provincia de Huamalíes?

El desarrollo de la investigación ha motivado a la conservación y al buen uso del suelo ya que es un buen componente fundamental las propiedades físicas, químicas y biológicas quienes determinaran como indicador su calidad. Planteándose para ello la hipótesis: las propiedades física químicas y biológicas en los cuatro sistemas de uso son indicadores de la calidad del suelo en el centro poblado de San Antonio en la provincia de Huamalíes. En base a ello se plantearon los objetivos:

**Objetivo general:**

Evaluar la calidad de los suelos en los diferentes sistemas de uso en el centro poblado San Antonio provincia de Huamalíes.

**Objetivos específicos:**

Determinar los indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo en cuatro sistemas de uso.

Inter relacionar los efectos de diferentes sistemas de suelo con la calidad (propiedades físicas, químicas y biológicas).

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Calidad de suelo

La preocupación por la calidad del suelo no es nueva (DORAN y LINCOLN, 1999; KARLEN *et al.*, 1997; SINGER y EWING, 2000). En el pasado, este concepto fue equiparado con el de productividad agrícola por la poca diferenciación que se hacía entre tierras y suelo. Tierras de buena calidad eran aquéllas que permitían maximizar la producción y minimizar la erosión. Para clasificarlas se generaron sistemas basados en esas ideas (DORAN y LINCOLN, 1999). Esos incluían términos como tierras agrícolas de primera calidad. El concepto de calidad del suelo ha estado asociado con el de sostenibilidad, pero éste último tiene varias acepciones. Para BUDD *et al.*, (1992) es el número de individuos que se pueden mantener en un área dada. En cambio, para ALTIERI (1997) el uso del suelo se debe basar en la capacidad de éste para proporcionar elementos esenciales, pues éstos son finitos y limitan, por ende, la productividad. La calidad del suelo, ha sido percibida de muchas formas desde que este concepto se popularizó en la década anterior (KARLEN *et al.*, 1997). Este concepto ha sido relacionado con la capacidad del suelo para funcionar.



Incluye atributos como fertilidad, productividad potencial, sostenibilidad y calidad ambiental. Simultáneamente, calidad del suelo es un instrumento que sirve para comprender la utilidad y salud de este recurso. A pesar de su importancia, la ciencia del suelo no ha avanzado lo suficiente para definir claramente lo que se entiende por calidad.

La calidad del suelo es dinámica y puede cambiar en el corto plazo de acuerdo al uso y las prácticas de manejo; para su conservación es necesario implementar prácticas sustentables en el tiempo. (GUZMAN *et al.*, 2000).

## **2.2. Indicadores de calidad del suelo**

A pesar de la preocupación creciente acerca de la degradación del suelo, de la disminución en su calidad y de su impacto en el bienestar de la humanidad y el ambiente, aún no hay criterios universales para evaluar los cambios en la calidad del suelo (PORTA *et al.*, 1999). Para hacer operativo este concepto, es preciso contar con variables que puedan servir para evaluar la condición del suelo. Estas variables se conocen como indicadores, pues representan una condición y conllevan información acerca de los cambios o tendencias de esa condición (SILVA 2000). Según KARLEN *et al.*, (1997) los indicadores son instrumentos de análisis que permiten simplificar, cuantificar y comunicar fenómenos complejos. Tales indicadores se aplican en muchos campos del conocimiento (economía, salud, recursos naturales, etc). Los indicadores de calidad del suelo pueden ser propiedades físicas, químicas y

biológicas, o procesos que ocurren en él (DORAN y LINCOLN, 1999). Para CALDERÓN, (1999) dichos indicadores, no podrían ser un grupo seleccionado *ad hoc* para cada situación particular, sino que deben ser los mismos en todos los casos. Esto con el propósito de facilitar y hacer válidas las comparaciones a nivel nacional e internacional. Tal posición no es compartida por los autores del presente trabajo, quienes sostienen que los indicadores que se empleen deben reflejar las principales restricciones del suelo, en congruencia con la función o las funciones principales que se evalúan, como lo ha sugerido ALTIERI (1997). HÜNNEMEYER *et al.*, (1997) establecieron que los indicadores deberían permitir:

- a. analizar la situación actual e identificar los puntos críticos con respecto al desarrollo sostenible;
- b. Analizar los posibles impactos antes de una intervención.
- c. Monitorear el impacto de las intervenciones antrópicas.
- d. Ayudar a determinar si el uso del recurso es sostenible.

Los indicadores de la calidad del suelo permiten analizar la situación actual e identificar puntos críticos con respecto a la sostenibilidad del suelo como medio productivo o bien como recurso natural importante para la calidad de la vida y manutención de la biodiversidad: además, permite analizar los posibles impactos antes de una intervención; y ayudan a determinar si el uso del recurso es la sustentable. (Hünнемeyer, (1997), citado por ACEVEDO *et al.*, 2005).

### 2.2.1. Indicadores físicos

Las características físicas del suelo son una parte necesaria en la evaluación de la calidad de este recurso porque no se pueden mejorar fácilmente (SINGER y EWING, 2000). Las propiedades físicas que pueden ser utilizadas como indicadores de la calidad del suelo son aquellas que reflejan la manera en que este recurso acepta, retiene y transmite agua a las plantas, así como las limitaciones que se pueden encontrar en el crecimiento de las raíces, la emergencia de las plántulas, la infiltración o el movimiento del agua dentro del perfil y que además estén relacionadas con el arreglo de las partículas y los poros. La estructura, densidad aparente, estabilidad de agregados, infiltración, profundidad del suelo superficial, capacidad de almacenamiento del agua y conductividad hidráulica saturada son las características físicas del suelo que se han propuesto como indicadores de su calidad.

Brejada y Moorman, (2001) citado por ACEVEDO *et al.*, (2005) sugirió que la textura del suelo se relaciona con la porosidad, infiltración y disponibilidad de agua; la densidad aparente, con la tasa de infiltración y conductividad hidráulica, y la estabilidad de agregados, se relaciona con la resistencia a la erosión y contenido de materia orgánica.

Las propiedades físicas útiles como indicadores de la calidad del suelo por la Universidad de Chile, son las relacionadas con el arreglo de partículas, poros y estabilidad de los agregados que reflejan la manera en que el suelo acepta, retiene y transmite agua a las plantas, así como las

limitaciones que presentan a la emergencia de las plántulas y de las de las raíces (BAUTISTA *et al.*, 2004).

CALDERÓN, (1999) indica, la textura son los contenidos relativos de las partículas de diferentes tamaño como arena, el limo y la arcilla, en el suelo. La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, ayuda a determinar la facilidad de abastecimiento de los nutrientes, agua y aire que son fundamentales para la vida de la planta.

Para conocer la textura de una muestra de suelo, separar primero la tierra fina, todas las partículas de menos de 2 mm, de las partículas mayores como la grava y las piedras. La tierra fina es una mezcla de arena, limo y arcilla. Para realizar los ensayos de campo siguientes asegúrese de utilizar solo tierra fina.

La estructura del suelo, las partículas no se encuentran aisladas, forman unos agregados estructuralmente que se llaman peds, estos agregados (o terrones) por repetición dan el suelo. Es como un poco la celdilla unidad de los cristales que por repetición origina (minerales, materia orgánica y huecos) y le confieren al suelo una determinada estructura.

El porcentaje de agregados estables al agua permite evaluar la calidad del suelo, puede definirse como el resultado de la fuerza de unión entre

partículas elementales de los agregados del suelo siendo de gran importancia en la protección contra la pérdida de suelo por erosión (ALVEAR *et al.*, 2007).

Doran y Lincoln, (1999) citado por LUGO y ZINDER, (1999) hace referencia que la densidad aparente puede ser incluida dentro del grupo mínimo de parámetros a medir para evaluar la calidad de un suelo, como indicador de la estructura, la resistencia mecánica y la de cohesión del mismo. Cambios en la densidad aparente reflejan cambios en la estructura del suelo, debido a la relación existentes entre la densidad aparente y porosidad total.

AUKI Y SERENO, (2006) definen que se denomina la capacidad de infiltración a la velocidad máxima con que el agua penetra el suelo. La capacidad de infiltración depende de muchos factores; un suelo arcilloso y compacto.

VANDERLINDEN, (2003) menciona que la capacidad de retención de agua disponible es el intervalo de humedad disponible que define como el agua del suelo que puede ser absorbida a un ritmo adecuado para permitir el crecimiento normal en las plantas.

SANDOVAL *et al.*, (2006) hace referencia que la temperatura del suelo dependerá la cantidad de radiación neta que llegue a la superficie terrestre resultado de considerar el balance energético de onda corta y de onda larga. La cantidad de radiación neta que llega a la superficie del suelo depende

de factores externos al mismo, entre ellos la radiación global disponible, el albedo, y del balance resultante de radiación infrarroja que dependerá de la temperatura y de las emisividades de la atmosfera y de la tierra.

Mientras que CLAUDIA, (2003) menciona que la resistencia a la penetración se ve afectada por compactación del suelo que ocurre cuando se aplica presión o carga a la superficie del suelo, como resultado de pisoteo de animales y personas, la inadecuada utilización de equipos como tractores, especialmente cuando el suelo está húmedo.

### **2.2.2. Indicadores químicos**

Los indicadores químicos de calidad del suelo incluyen propiedades que afectan las relaciones suelo – planta, la calidad del agua, la capacidad amortiguamiento del suelo y la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas y microorganismos (ACEVEDO *et al.*, 2005).

CHEN,(2000) recomienda como indicadores el contenido de materia orgánica (MO), carbono y nitrógeno orgánico, pH, conductividad eléctrica (CE), y N, P y K disponibles, los indicadores que reflejan estándares de fertilidad (pH, MO, N, P y K) son factores importantes en términos de producción de cultivos.

SILVA, (2000) manifiesta que la materia orgánica del suelo es considerada como el indicador más significativo de la calidad del suelo, siendo

el componente más importante a seleccionar entre un grupo de datos mínimos y necesarios para definir la calidad del suelo. La materia orgánica del suelo es fundamental para mantener la estructura del suelo, retener el agua necesaria y actuar como reserva nutritiva.

La reacción del suelo. Se presenta mediante el logaritmo negativo de la concentración de  $H^+$  expresada en moles por litro. El pH genera una escala numérica que va desde el 0 al 14. Cuando en una solución predominan los cationes de  $H^+$  sobre los aniones de  $OH^-$ , se dice que es ácida, es básica cuando predominan lo  $OH^-$  y es neutra cuando se encuentran en concentraciones iguales. (MARINES, 2003).

Las formas minerales del nitrógeno en el suelo provienen generalmente de la descomposición de los residuos orgánicos, materiales frescos orgánicos, abonos orgánicos. humus, etc. Estas formas por lo general son nitrógeno amoniacal  $NH_4^+$  y el nitrógeno nítrico  $NH_3^-$ . Estos procesos biológicos y minerales ocurren debido a la influencia de los macro y micro organismos existentes en el suelo. La determinación de nitrógeno total en el suelo se realizara mediante el método Kjeldahl clásico o Kjeldahl modificado en algunas ocasiones (CALDERÓN, 1999).

La deficiencia del Fósforo (P) en los suelos del trópico y sub trópico es un problema de reconocida importancia, cuya magnitud constituye una de las limitantes de mayor trascendencia en la producción de cosechas. El

fosforo del suelo es provisto por el material parental o por el agregado de fertilizante contiene principalmente fosfato de calcio los que se hidrolizan durante el desarrollo del suelo. (ARZUAGA. *et al.*, 2005).

Para analizar el potasio del suelo hay diferentes métodos que son utilizados en diferentes partes del mundo. Un método muy utilizado es el ácido sulfúrico (ROLDAN *et al.*, 2004).

CALDERÓN, (1999) hace referencia que la determinación de la capacidad de intercambio catiónico de un suelo implica la saturación de dicha capacidad por medio del sodio, el lavado del exceso de sodio (sodio soluble no intercambiables) por medio de alcohol y la medida de dicha capacidad mediante extracción de todo el sodio con acetato de amonio y la lectura del sodio por la absorción atómica.

### **2.2.3. Indicadores biológicos**

Las propiedades biológicas del suelo son muy dinámicas por lo que tienen la ventaja de servir de señales tempranas de degradación o mejorías de los suelos.

CHEN, (2000) recomienda como indicadores biológicos el carbono y nitrógeno de la biomasa microbiana. El nitrógeno potencialmente mineralizable y la respiración edáfica. También se consideran como indicadores biológicos la población de lombrices de tierra y el rendimiento de los cultivos; así como estos indicadores son valiosos en la interpretación de la



dinámica de la materia orgánica y en los procesos de transformación de los residuos orgánicos; además, dan rápida respuesta a los cambios en el manejo del suelo y muy sensibles al estrés ambiental (Bandick y Dick, (1999), citado por ACEVEDO *et al.*, 2005).

DELGADO y ESPAÑA (1999) debido a la necesidad de estimar apropiadamente la biomasa microbiana, y a los problemas inherentes a la determinación por métodos directos, se ha dado mayor énfasis al empleo de métodos indirectos para la estimación de la biomasa microbiana, desarrollándose múltiples métodos. Entre los métodos indirectos, los más usados emplean la fumigación con cloroformo para destrucción selectiva de la materia orgánica viva, sin alteración de la materia orgánica no – viva. En estos métodos, el carbono y nitrógeno provenientes del tejido muerto por fumigación puede ser obtenido por extracción directa con una solución salina, método Fumigación – Extracción (FE) para el carbono y en caso del nitrógeno, o luego de un periodo de incubación Fumigación – Incubación, (FI).

Mientras que ALTIERI (1997) la tasa de emisión de dióxido de carbono por el suelo puede ser medida por el método del cilindro invertido y absorción en un álcali. El CO<sub>2</sub> absorbido se determina por doble titulación según el procedimiento descrito por los mismos autores.

### **2.3. Efectos de diferentes sistemas de uso en la capacidad del suelo**

La evaluación de la calidad permite mejorar las respuestas de varios recursos, como son: pérdidas de suelo por erosión, depósitos de sedimentos por vientos o inundación, reducción de la infiltración e incrementos de lluvia, endurecimiento de la capa superficial, pérdidas de nutrientes, transporte de pesticidas, cambios en el pH, pérdida de materia orgánica, reducción de la actividad biológica y reducción de la calidad de agua (NRCS, 2004).

La calidad del suelo abarca los componentes físicos, químicos y biológicos del suelo y sus interacciones. Por esto, para captar la naturaleza holística de la calidad, o salud, del suelo deberán ser medidos todos los parámetros. Sin embargo, no todos los parámetros tienen la misma relevancia para todos los suelos, por ejemplo, el test de CE para salinidad puede no ser útil en algunos sectores del país, donde la salinidad no es un problema. (DORAN y LINCOLN, 1999).

El mejoramiento de la calidad de un suelo se percibe en general por aumento o disminución en el valor de algunas características. Por ejemplo. Puede incrementarse la tasa de infiltración o de aireación, debido a un aumento de la cantidad de macro poros, a un mayor tamaño y estabilidad de la absorción en un álcali. El  $\text{CO}_2$  absorbido se determinara por doble titulación según el procedimiento descrito por los mismos autores.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Materiales**

##### **3.1.1. Ubicación de la investigación**

La investigación se desarrolló en cuatro sistemas de uso del suelo: bosque secundario (purmas de 15 años) pastura (pasto brisanta), cultivo permanente (cítricos), cultivo anual (maíz), en el centro poblado de San Antonio. Ubicado políticamente en el distrito de Arancay, provincia de Huamalíes, departamento de Huánuco; el área se encuentra comprendida entre las coordenadas UTM 8988616 N, 331617 E, y las coordenadas geográficas 76°44'55" Longitud Oeste, 09° 10'03" de Latitud Sur. (Anexo 3).

##### **3.1.2. Clima**

El centro poblado San Antonio se ubica en la región de Selva Alta entre los 800 a 1,800 m.s.n.m., de acuerdo a su ubicación geográfica, el clima es variado debido a que se encuentra ubicado en la parte oriental limitando con el distrito de Monzón, en la parte selvática (baja) cálido, templado y húmedo; en la parte sierra (alta) frígido, con una temperatura media anual de 20 °C, la humedad relativa cercana al 86%; precipitación media de 2,500 mm. La época de lluvia comienza en octubre y se prolonga hasta abril. (SENAHMI – HUANUCO).

### **3.1.3. Suelos**

Los suelos son profundos, presentan cierta compactación en las primeras capas, de clase textural de Franco a Franco arcillosa, ácidos y pobres en materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio, baja CICe y una alta acidez cambiante, constituida por rocas sedimentarias, tipificando un paisaje ondulado, típicamente caracterizado por un suelo coluvio – aluvial.

### **3.1.4. Vegetación**

Debido a su altitud y ubicación, el centro poblado San Antonio, está cubierto por bosques montañosos lluviosos y nublados característico de selva alta, que hace difícil la identificación y clasificación de las especies presentes.

### **3.1.5. Zonas de vida**

La zona de estudio de acuerdo al mapa ecológico y el sistema de Holdridge, corresponde a la formación de bosques pluvial montano tropical (bp-MT), donde se desarrollan y cultivan especies de valor alimenticio, medicinales y comerciales (VILLOTA, 1991).

### **3.1.6. Geología**

Son suelos Inceptisoles de perfiles bien diferenciados por horizontes bien desarrollados A, B y C, con presencia de limonitas y montmorillonita en proceso de edafización avanzadas; las zonas con pendientes suaves a plano, están constituidos por suelos intrazonales, con material detrítico fino y/o grueso derivado de estas mismas rocas.

### **3.1.7. Fisiografía**

Se caracteriza por su topografía variada con terrazas aluviales, colinas y montañas con relieve muy accidentado con pendientes que varían entre 15 a 40%; moderado a fuertemente disectadas y prácticamente deforestadas.

### **3.1.8. Geomorfología**

Está representada por terrazas bajas y medias que se ubican en la margen derecha del río Taso, con drenaje moderado a rápida, con estructura variada de granular, bloque subangular y grueso distribuido según perfil del suelo y de consistencia de masivo, muy friable y suelto. Comprende secuencias litológicas principalmente de naturaleza sedimentaria.

### **3.1.9. Accesibilidad**

La vía de acceso principal a la zona de trabajo es a través de la carretera Tingo María – valle del Monzón, a 2 horas y 30 minutos de recorrido en vehículo motorizado (moto lineal); iniciándose en la localidad de Cashapampa el recorrido de camino de herradura de aproximadamente 10 horas hasta el centro poblado de San Antonio.

## **3.2. Materiales y equipos**

### **3.2.1. Materiales de campo**

Mapa de ubicación de la zona de trabajo, wincha, tarjetas de campo, balde de plástico de 5 lts, bolsa de plástico. Etiquetas, papel de

aluminio, cilindro de aluminio de 3" de diámetro, cilindro de plástico de 62 de diámetro, envases de vidrio de 100 ml, alambre de aluminio, botellas de plástico de 3,000 ml, probeta de 100 ml, martillo, bloque de madera, machete, pala recta, tubo de muestreo de suelo.

### **3.2.2. Material de laboratorio**

Probeta de 100 ml, tubos de ensayo, pipetas, placas petri, aza colle, tamiz de 5.2 y 0.25 mm de diámetro, desecador de cristal de vacío, bomba vacío, incubador, botellas de vidrio, bureta, agitador magnético.

### **3.2.3. Equipo de campo**

Termómetro de suelo, cronómetro, penetrómetro, cámara digital, GPS.

### **3.2.4. Equipo de laboratorio**

Balanza gramera, estufa, pH metro, espectrofotómetro de absorción atómica.

### **3.2.5. Reactivos**

Agua destilada, hidróxido de sodio 1 M (NaOH), cloroformo libre de etanol ( $\text{CHCl}_3$ ), ácido clorhídrico 0.1 y 1 M (HCl), fenolftaleína, etanol, solución de hexametáfosfato de sodio al 10%.

### **3.3. Metodología**

#### **3.3.1. Disposición experimental**

Para la ejecución del presente trabajo de investigación, se optó por un diseño Descriptivo Correlacional, considerándose cuatro sistemas de uso del suelo:

- Bosques secundario (purmas de 15 años)
- Pasturas (pasto brisanta)
- Cultivo permanente (cítricos)
- Cultivo anual (maíz – *Zea maíz*).

Para el método de muestreo y evaluación de los diferentes sistemas de uso, se consideró la “metodología de evaluación de calidad de suelo” recomendada por John Doran y Lincoln Nebraska del departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica (USDA) y la metodología utilizada por Gustavo Moscatelli y Vicente Nakama del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina (INTA); en la cual consideran la repetición de tres muestras por cada sistema de manejo a una profundidad de 30 cm de la superficie del suelo.

Para determinar la calidad de los suelos en los diferentes sistemas de uso, se evaluó los componentes físicos, químicos y biológicos del suelo con sus respectivos indicadores y los métodos de su determinación, considerandos de acuerdos a la zona en estudio.

Cuadro 1. Indicadores físicos, químicos y biológicos de calidad de suelo.

<b>PROPIEDADES DEL SUELO</b>	
<b>Indicadores Físicos</b>	<b>Método de su determinación</b>
Textura del suelo	Método del hidrómetro Bouyoucos.
Estructura (tipo, tamaño y grado)	Observación directa (clasificación de suelos).
Estabilidad de agregados	Método del tamiz.
Densidad aparente	Por volumen, peso húmedo, y seco al horno.
Profundidad efectiva	Método directo (Wincha).
Capacidad de retención de agua	Por peso húmedo y seco al horno.
Temperatura del suelo	Método directo (termómetro)
Resistencia a la penetración	Método directo (penetro metro)
<b>Indicadores químicos</b>	
Materia orgánica	Método de Walkley y Black
Reacción del suelo	Método del potenciómetro.
Nitrógeno total	Método de Kjeldahl
Fosforo disponible	Método de Olsen.
Potasio disponible	Método ácido sulfúrico.
Capacidad de intercambio	Catiónico Método del acetato.
<b>Indicadores biológicos.</b>	
Biomasa microbiana	Fumigación – Incubación (Jenkinson Polwison 1976).
Numero de lombrices	Directo por conteo.

Fuente: DORAN Y LINCOLN, (1999); MOSCATELLI *et al*, (2005); ACEVEDO *et al*, (2005)



### 3.3.2. Etapa pre – campo

Dentro de esta etapa, se recopiló la información necesaria del área en estudio; así como información de suelos; sistemas de uso que se vienen dando, mapa base, material cartográfico y un reconocimiento general de toda el área donde se fijó los puntos de muestreo para su respectiva evaluación; así mismo, se separaron los indicadores los que fueron evaluados directamente en el campo y los que fueron evaluados en laboratorio.

#### a. Indicadores físicos

- **Textura del suelo.** Se determinó por el método de Bouyoucos, metodología descrita por DORAN Y LINCONL, (1999); MOSCATELLI *et al.*, (2005); ACEVEDO *et al.*, (2005).
- **Estructura.** Para la identificación del tipo de estructura se realizó por el método de observación directa (clasificación directa), metodología descrita por DORAN y LINCONL, (1999); MOSCATELLI *et al.*, (2005); ACEVEDO *et al.*, (2005).
- **Estabilidad de agregados.** Para la determinación de la estabilidad de los agregados se utilizó el método del tamiz. Metodología descrita por DORAN y LINCONL, (1999); MOSCATELLI *et al.*, (2005); ACEVEDO *et al.*, (2005).

- **Densidad aparente.** Para llevar a cabo la determinación de la densidad aparente, se utilizó el método de volumen, peso húmedo y seco al horno descrito por DORAN y LINCONL, (1999); MOSCATELLI *et al.*, (2005); ACEVEDO *et al.*, (2005).

- **Profundidad efectiva.** Se empleó el método directo (Wincha), descrita por DORAN y LINCONL, (1999); MOSCATELLI *et al.*, (2005); ACEVEDO *et al.*, (2005); a través de una calicata para la determinación de estructura, se realizó una medición con wincha de todo el perfil del suelo marcando por el espesor de cada por horizonte.

- **Capacidad de retención de agua.** Se realizó por el método de peso seco húmedo y seco al horno, según la metodología descrita por DORAN y LINCONL, (1999); MOSCATELLI *et al.*, (2005); ACEVEDO *et al.*, (2005).

- **Temperatura del suelo.** Método directo (termómetro) según la metodología descrita por DORAN y LINCONL, (1999); MOSCATELLI *et al.*, (2005); ACEVEDO *et al.*, (2005).

- **Resistencia a la penetración.** Se realizó mediante el método directo según la metodología descrita por DORAN y LINCONL, (1999); MOSCATELLI *et al.*, (2005); ACEVEDO *et al.*, (2005).

**b. Indicadores químicos.**

- **Materia orgánica.** Método de Walkley y Black, según la metodología descrita por DORAN Y LINCONL, (1999); MOSCATELLI *et al.*, (2005); ACEVEDO *et al.* , (2005).
- **Reacción del suelo.** Método del potenciómetro según la metodología descrita por DORAN y LINCONL, (1999); MOSCATELLI *et al.*, (2005); ACEVEDO *et al.* , (2005).
- **Nitrógeno total.** Método Kjeldahl, según la metodología descrita por DORAN y LINCONL, (1999); MOSCATELLI *et al.*, (2005); ACEVEDO *et al.* , (2005).
- **Fosforo disponible.** Método de Olsen. Según la metodología descrita por DORAN y LINCONL, (1999); MOSCATELLI *et al.*, (2005); ACEVEDO *et al.*, (2005).
- **Potasio disponible.** Método del ácido sulfúrico según la metodología descrita por DORAN y LINCONL, (1999); MOSCATELLI *et al.*, (2005); ACEVEDO *et al.* , (2005).
- **Capacidad de intercambio catiónico.** Método del acetato según la metodología descrita por DORAN y LINCONL, (1999); MOSCATELLI *et al.*, (2005); ACEVEDO *et al.* , (2005).

### c. Indicadores biológicos.

- **Biomasa microbiana.** Se realizó mediante el método de fumigación – Incubación según la metodología descrita por DORAN y LINCONL, (1999); MOSCATELLI *et al.*, (2005); ACEVEDO *et al.* , (2005).
- **Tamizado.** Para la realización este método se pesó las muestras de suelo 50 g para determinar su máxima capacidad de retención.
- **Números de lombrices.** Método directo, según la metodología descrita por DORAN y LINCONL, (1999); MOSCATELLI *et al.*, (2005); ACEVEDO *et al.* , (2005).

### 3.3.3. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizará el diseño completamente al azar y la prueba Duncan.

### 3.3.4. Variables en estudio

#### 3.3.4.1. Variables dependientes

- Propiedades físicas.
- Propiedades químicas.
- Propiedades biológicas.

#### 3.3.4.2. Variables independientes

- Bosques secundarios (purmas de 15 años)
- Pasturas (pasto brisanta)
- Cultivo permanente (cítrico)
- Cultivo anual (maíz – *Zea mays*).

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Indicadores físicos

#### 4.1.1. Textura del suelo

La textura de las tres muestras de suelo de los cuatro sistemas de uso en el centro poblado de San Antonio en la provincia de Huamalíes, Cuadro 2, se observa que en la purma la textura del suelo predominante es franco arcilloso, pastura y cultivo permanente suelo franco y en el cultivo anual suelo franco arcillo limoso.

Cuadro 2. Textura del suelo según sistemas de uso purma, pastura, cultivo anual y cultivo permanente

Nº Muestra	Purma	Pastura	Cultivo Anual	Cultivo Permanente
1	Fco-Arcilloso	Franco	Fco-Arc-Limoso	Franco
2	Franco	Franco	Fco-Arc-Limoso	Franco-Limoso
3	Fco-Arcilloso	Fco-Arcilloso	Fco-Limoso	Franco

#### 4.1.2. Estructura (tipo, tamaño y grado)

La estructura de las tres muestras de suelo evaluados en los cuatro sistemas de uso del en centro poblado de San Antonio en la Provincia de Huamalíes, Cuadro 3, se observa que para cada sistema de uso, la estructura varia en las diferentes muestras encontrándose: granular medio, bloque fino, bloque medio, granular, granular fino, granular fino – medio, granular fino- débil.

Cuadro 3. Estructuras del suelo según sistemas de uso

Nº Muestra	Purma	Pastura	Cultivo Anual	Cultivo Permanente
1	G. Medio	G. Medio	Granular	G- Fino a Medio
2	Bloque Fino	G-Fino-Débil	G-Fino a Medio	Granular Fino
3	Bloque Medio	Granular Fino	Granular Medio	Granular Fino

#### 4.1.3. Estabilidad de agregados

El porcentaje de estabilidad de agregados de las tres muestras de suelo, Cuadro 4 y Figura 1, se observa que la purma obtuvo mayor promedio con 65.63% seguido del cultivo permanente 57.53%, pasto 57.03% y con menor promedio el cultivo anual 50.30%.

Cuadro 4. Porcentaje de estabilidad de agregados en los cuatro sistemas de uso

Nº Muestra	Purma	Pastura	Cultivo Anual	Cultivo Permanente
1	62.00	60.50	44.90	53.20

2	71.00	57.20	53.10	57.60
3	63.90	53.40	52.90	61.80
Promedio	65.63	57.03	50.30	57.53
C.v.	0.11			

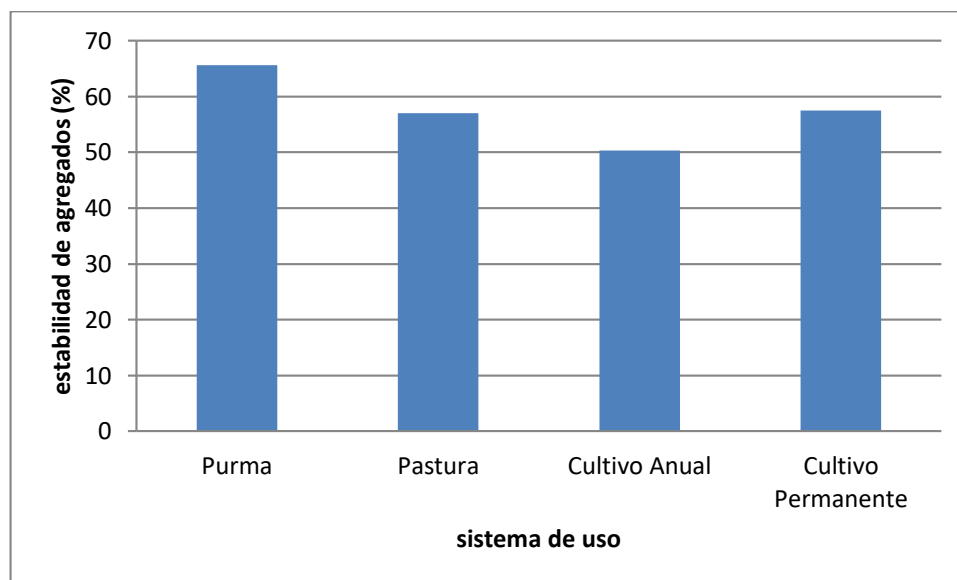


Figura 1. Porcentaje de estabilidad de agregados en cuatro sistemas de uso

El análisis de variancia de estabilidad de agregados entre los sistemas de usos según Cuadro 5, existe diferencia significativa entre los sistemas de uso (purma, pastura, cultivo anual, cultivo permanente).

Cuadro 5. Análisis de variancia de estabilidad de agregados entre los sistemas de uso

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fcal.	Ftab.	Sig
Entre sistemas de uso	354.44	3.00	118.15	6.26	3.59	*
Error	151.00	8.00	18.87			
Total	505.44	11.00				

Los resultados obtenidos en la prueba de Duncan con 5% de probabilidad en el porcentaje de estabilidad de agregados según Cuadro 6, se aprecia el comportamiento de los diferentes sistemas de uso, existiendo significación estadística solo para la purma más no para los demás sistemas de uso.

Cuadro 6. Prueba de Duncan  $\alpha = 0.05$ , de Porcentaje de estabilidad de agregados en la evaluación del experimento

N°	Sistema de uso	Promedio (%)	Significación
1	Purma	65.63	a
2	Cultivo permanente	57.53	b
3	Pastura	57.03	bc
4	Cultivo anual	50.30	c

#### 4.1.4. Densidad aparente

La densidad aparente en las tres muestras de suelo según Cuadro 7 y Figura 2, se observa que el cultivo anual obtuvo mayor promedio con 1.23 g/cm<sup>3</sup> seguido de pastura 1.15 g/cm<sup>3</sup>, cultivo permanente 1.01 g/cm<sup>3</sup>, y con menor promedio la purma con 0.89 g/cm<sup>3</sup>.

Cuadro 7. Densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>) del suelo en los cuatro sistemas de uso purma, pastura, cultivo anual y cultivo permanente

N° Muestra	Purma	Pastura	Cultivo Anual	Cultivo Permanente
------------	-------	---------	---------------	--------------------



1	0.91	1.28	1.25	1.08
2	0.84	1.10	1.24	1.01
3	0.91	1.09	1.21	0.96
Promedio	0.89	1.15	1.23	1.01
Cv	0.14			

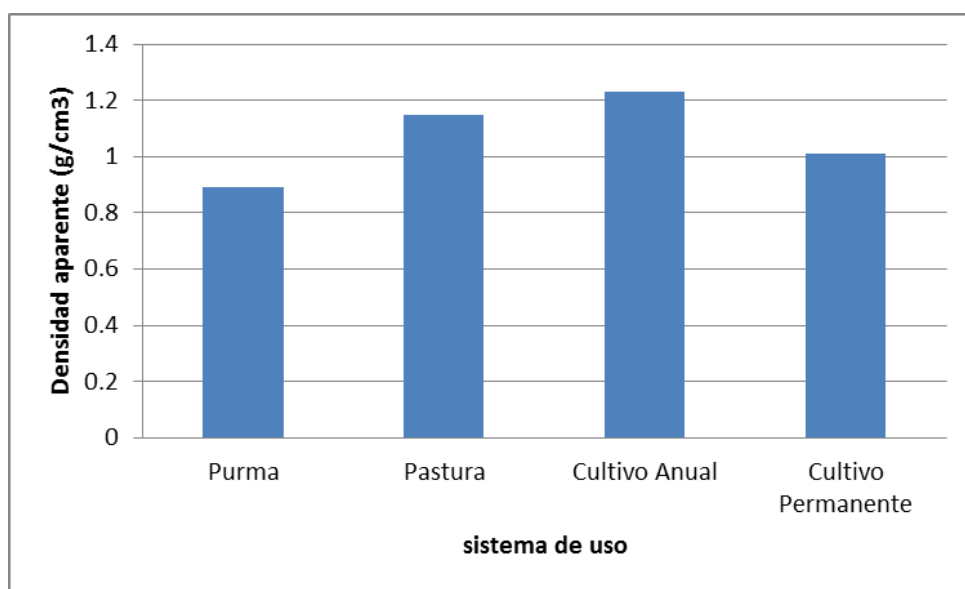


Figura 2. Densidad aparente en cuatro sistemas de uso del suelo

Cuadro 8. Análisis de variancia de la densidad aparente del suelo entre los sistemas de uso, lo cual existe diferencia significativa entre los sistemas de uso purma, pastura, cultivo anual, cultivo permanente

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fcal.	Ftab.	Sig
Entre sistemas de uso	0.21	3.00	0.07	15.98	3.59	*
Error	0.03	8.00	0.00			
Total	0.24	11.00				

Los resultados obtenidos en la prueba Duncan con 5% de probabilidad con respecto a la densidad aparente, Cuadro 9, se aprecia el comportamiento de los diferentes sistemas de uso, existiendo significación estadística entre los sistemas de uso, cultivo anual con un promedio de 1.23 y pastura 1.15, más no en el cultivo permanente 1.01 y purma 0.89.

Cuadro 9. Prueba de Duncan  $\alpha= 0.05$  de la densidad aparente en la evaluación del experimento.

N°	Sistema de uso	Promedio (%)	Significación
1	Cultivo anual	1.23	a
2	Pastura	1.15	ab
3	Cultivo permanente	1.01	b
4	Purma	0.89	bc

#### 4.1.5. Profundidad efectiva

La profundidad efectiva del suelo mostrada en el Cuadro 10 y Figura 3, encontramos que del promedio de las tres muestras de suelos obtenidos el cultivo anual obtuvo mayor promedio con 115.00 cm, seguido de pastura 105.00 cm, mostrándonos que son suelos profundos, mientras que la purma 90.00 cm y con menor promedio el cultivo permanente con 80.00 cm interpretándose que son suelos relativamente profundos a superficiales.

Cuadro 10. Profundidad efectiva (cm) del suelo en cuatro sistemas de uso purma, pastura, cultivo anual y cultivo permanente

N° Muestra	Purma	Pastura	Cultivo Anual	Cultivo Permanente
1	75.00	110.00	115.00	85.00
2	90.00	85.00	135.00	80.00
3	105.00	120.00	95.00	75.00
Promedio	90.00	105.00	115.00	80.00
Cv	0.16			

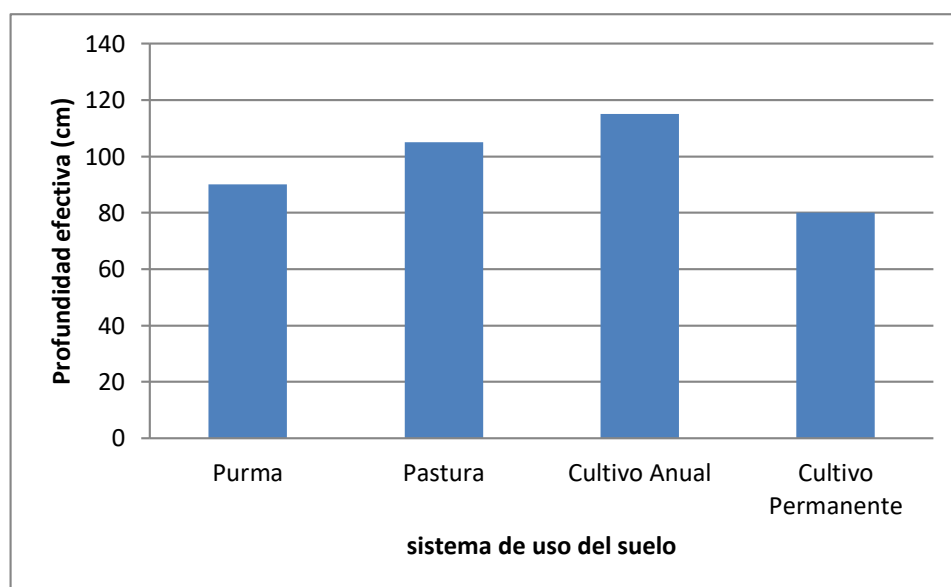


Figura 3. Profundidad efectiva en cuatro sistemas de uso del suelo

El análisis de variancia de la profundidad efectiva del suelo entre los sistemas de uso de las tres muestras de suelo según Cuadro 11, Obtenemos como resultado que no existe diferencia significativa entre los sistemas de uso (purma, pastura, cultivo anual, cultivo permanente).

Cuadro 11. Análisis de variancia de la profundidad efectiva del suelo entre los sistemas de uso, no existe diferencia significativa entre los sistemas de uso purma, pastura, cultivo anual, cultivo permanente

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fcal.	Ftab.	Sig
Entre sistemas de uso	2175.00	3.00	725.00	2.97	3.59	NS
Error	1950.00	8.00	243.75			
Total	4125.00	11.00				

Los resultados obtenidos en la prueba Duncan con 5% de probabilidad de la profundidad efectiva, Cuadro 12, se aprecia el comportamiento de los diferentes sistemas de uso, existiendo significación estadística entre los sistemas de uso, cultivo anual presenta en promedio 115.00, al igual que la pastura 105.00 en promedio, más no con la purma con 90.00 y el cultivo permanente 80.00 en promedio.

Cuadro 12. Prueba Duncan  $\alpha = 0.05$  de la profundidad efectiva en la evaluación del experimento.

N°	Sistema de uso	Promedio (%)	Significación
1	Cultivo anual	115.00	a
2	Pastura	105.00	ab
3	Purma	90.00	b
4	Cultivo permanente	80.00	bc

#### 4.1.6. Infiltración

La infiltración del suelo en las tres muestras de suelo según el Cuadro 13 y Figura 4, encontramos que el cultivo anual obtuvo mayor promedio con 10.78 cm/h seguido del cultivo permanente 4.19 cm/h, purma 2.84 cm/h y con menor promedio el cultivo de pastura con 0.53 cm/h.

Cuadro 13. Infiltración del suelo en los cuatro sistemas de uso purma, pastura, cultivo anual y cultivo permanente

N° Muestra	Purma	Pastura	Cultivo Anual	Cultivo Permanente
1	2.34	0.52	7.62	6.09
2	3.24	0.61	13.85	2.67
3	2.93	0.47	10.88	3.81
Promedio	2.84	0.53	10.78	4.19
Cv	0.96			

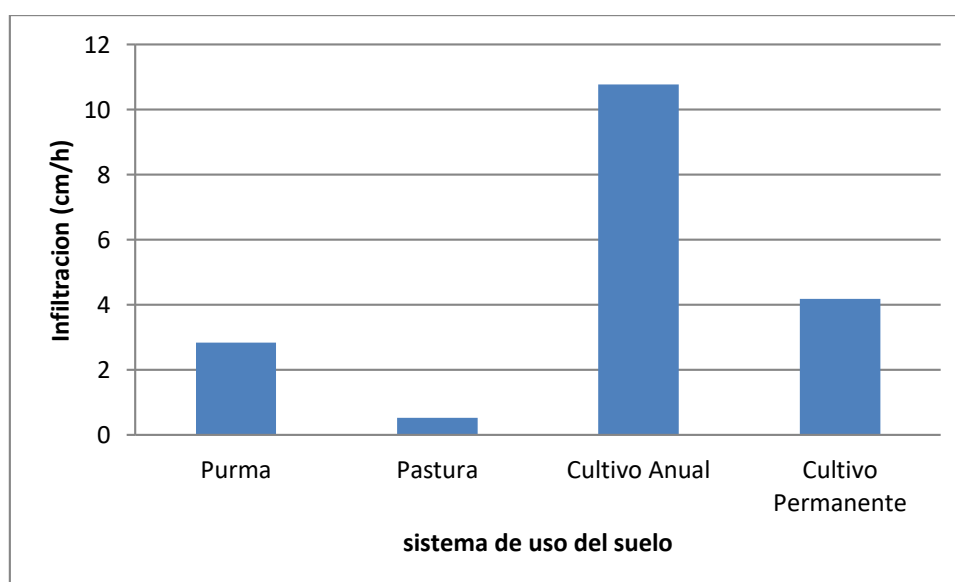


Figura 4. Infiltración en los cuatro sistemas de uso del suelo

El análisis de variancia de infiltración del suelo entre los sistemas de uso según Cuadro 14, obtenemos como resultado que existe diferencia significativa entre los sistemas de uso (purma, pastura, cultivo anual, cultivo permanente).

Cuadro 14. Análisis de variancia de la infiltración del suelo entre los sistemas de uso.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fcal.	Ftab.	Sig.
Entre sistemas de uso	174.14	3.00	58.05	17.92	3.59	*
Error	25.91	8.00	3.24			
Total	200.06	11.00				

Los resultados obtenidos en la prueba de Duncan con 5% de probabilidad de la infiltración del suelo, Cuadro 15, se observa el comportamiento de los diferentes sistemas de uso, existiendo significación estadística en el sistema de uso cultivo anual con un promedio de 10.78, más no para los demás sistemas, ya que el cultivo permanente presenta 4.19, purma 2.84 y pastura 0.53 en promedio.

Cuadro 15. Prueba de Duncan  $\alpha = 0.05$  de la infiltración del suelo en la evaluación del experimento

N°	Sistema de uso	Promedio (%)	Significación
1	Cultivo anual	10.78	a
2	Cultivo permanente	4.19	b

3	Purma	2.84	c
4	Pastura	0.53	d

#### 4.1.7. Capacidad de retención de agua

La capacidad de retención de agua de las tres muestras de suelo según Cuadro 16 y Figura 5, encontramos que el cultivo anual obtuvo el mayor promedio con 82.50% seguido de la purma 79.17% y mientras que los sistemas cultivo permanente y pastura obtuvieron en promedio 74.17%.

Cuadro 16. Porcentaje de capacidad de retención de agua del suelo de los cuatro sistemas de uso purma, pastura, cultivo anual y cultivo permanente

Nº Muestra	Purma	Pastura	Cultivo Anual	Cultivo Permanente
1	80.00	72.50	85.00	70.00
2	77.50	75.00	82.50	80.00
3	80.00	75.00	80.00	72.50
Promedio	80.00	74.17	82.50	74.17
Cv	0.05			

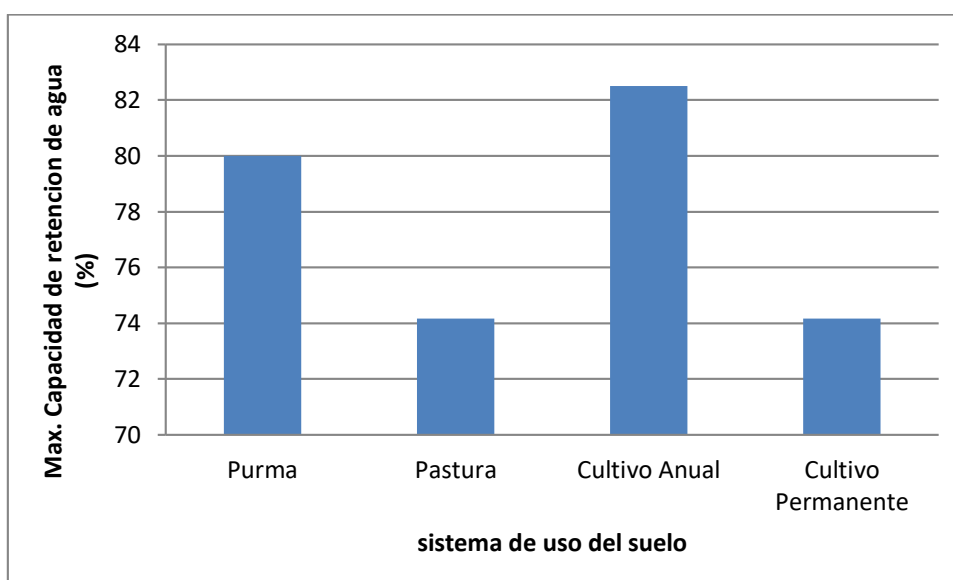


Figura 5. Porcentaje de capacidad de retención de agua en cuatro sistemas de USO

El análisis de variancia de la capacidad de retención de agua del suelo entre los sistemas de uso según Cuadro 17, obtuvimos como resultado que existe diferencia significativa entre los sistemas de uso (purma, pasto, cultivo anual y cultivo permanente).

Cuadro 17. Análisis de variancia de la capacidad de retención de agua entre los sistemas

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fcal.	Ftab.	Sig.
Entre sistemas de uso	150.00	3.00	50.00	5.33	3.59	*
Error	75.00	8.00	9.38			
Total	225.00	11.00				



Los resultados obtenidos en la prueba de Duncan con 5% de probabilidad de la capacidad de retención de agua del suelo, Cuadro 18, se aprecia el comportamiento de los diferentes sistemas de uso, existiendo significación estadística entre los sistemas de uso, cultivo anual con un promedio de 82.50, seguido de la purma 79.17, no existiendo diferencia entre pastura y cultivo permanente 74.17.

Cuadro 18. Prueba de Duncan  $\alpha = 0.05$ , del porcentaje de capacidad de retención de agua en la evaluación del experimento

N°	Sistema de uso	Promedio (%)	Significación
1	Cultivo anual	82.50	a
2	Purma	79.17	ab
3	Pastura	74.17	b
4	Cultivo permanente	74.17	b

#### 4.1.8. Temperatura del suelo

La temperatura del suelo (termómetro) de los diferentes sistemas de uso según el Cuadro 19 y Figura 6, encontramos que pastura tuvo el mayor promedio con 28.83 °C seguido del cultivo anual 27.37 °C cultivo permanente 26.13 °C y con menor promedio Purma con 26.00 °C.

Cuadro 19. Temperatura del suelo ( $^{\circ}\text{C}$ ) halladas en cuatro sistemas de uso purma, pastura, cultivo anual, y cultivo permanente

N° Muestra	Purma	Pastura	Cultivo Anual	Cultivo Permanente
1	26.00	29.00	28.40	25.40
2	26.00	29.00	26.70	26.50
3	26.00	29.50	27.00	26.50
Promedio	26.00	28.83	27.37	26.13
Cv	0.05			

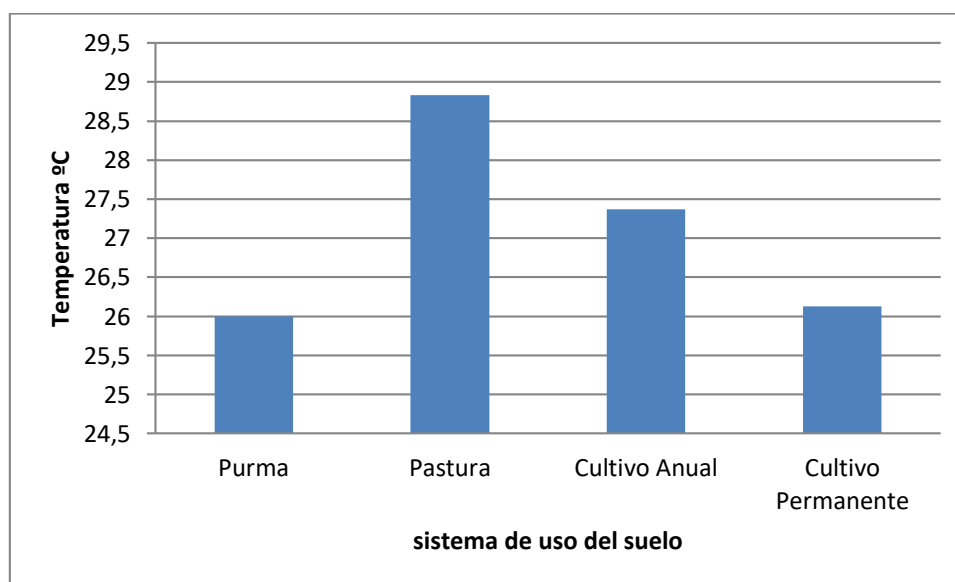


Figura 6. Temperatura del suelo en cuatro sistemas de uso del suelo

El análisis de variancia de la temperatura del suelo entre los sistemas de uso, Cuadro 20, observamos los resultados que existe diferencia significativa entre los sistemas de uso (purma, pastura, cultivo anual, cultivo permanente).

Cuadro 20. Análisis de variancia de la temperatura del suelo entre los sistemas de uso

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fcal.	Ftab.	Sig.
Entre sistemas de uso	15.66	3.00	5.22	15.94	3.59	*
Error	2.62	8.00	0.33			
Total	18.28	11.00				

Los resultados obtenidos en la prueba Duncan con 5% de probabilidad la temperatura del suelo según Cuadro 21, se observa el comportamiento de los diferentes sistemas de uso, existiendo una pequeña significación estadística entre los sistemas de uso, pastura 28.83 y cultivo anual 27.37 más no existe diferencias entre cultivo permanente 26.13 y purma 26.00.

Cuadro 21. Prueba de Duncan  $\alpha = 0.05$  de la temperatura del suelo en la evaluación del experimento

N°	Sistema de uso	Promedio (°C)	Significación
1	Pastura	28.83	a
2	Cultivo anual	27.37	ab
3	Cultivo permanente	26.13	b
4	Purma	26.00	b

#### 4.1.9. Resistencia a la penetración

La resistencia a la penetración del suelo, de los diferentes sistemas de uso, Cuadro 22 y Figura 7, encontramos que el cultivo permanente tuvo el mayor promedio con 2.00 Kg/cm<sup>2</sup> seguido del cultivo anual 1.92 Kg/cm<sup>2</sup>, pastura 1.13 Kg/cm<sup>2</sup> y con menor promedio purma con 0.95 Kg/cm<sup>2</sup>.

Cuadro 22. Resistencia a la penetración (Kg/cm<sup>2</sup>) hallada en cuatro sistemas de uso de suelo

N° Muestra	Purma	Pastura	Cultivo Anual	Cultivo Permanente
1	1.00	1.15	1.75	2.25
2	0.95	1.25	2.15	2.00
3	0.90	1.00	1.85	1.75
Promedio	0.95	1.13	1.92	2.00
Cv	0.36			

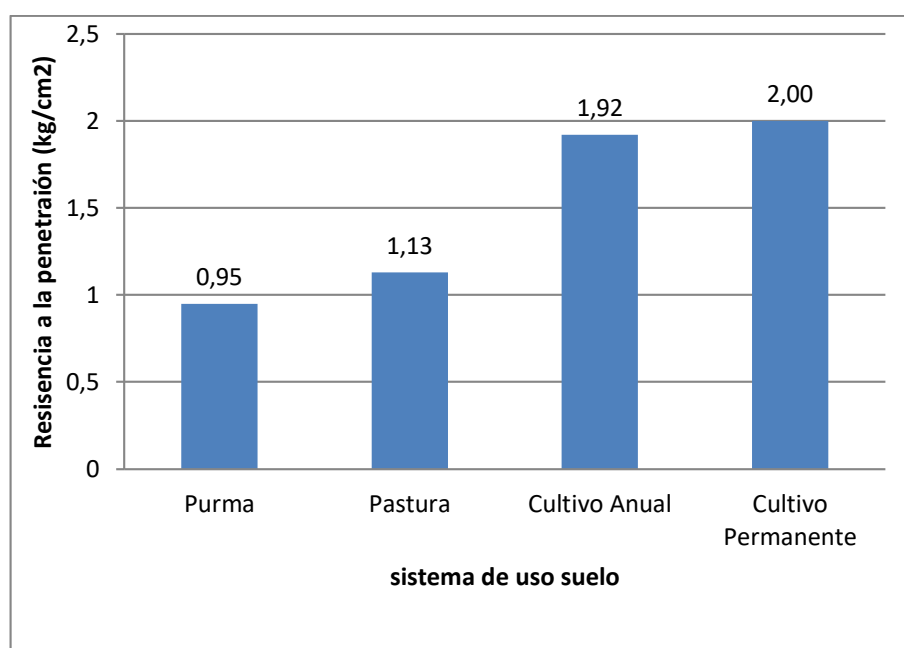


Figura 7. Resistencia a la penetración en cuatro sistemas de uso del suelo

El análisis de variancia de la resistencia a la penetración del suelo entre los sistemas de uso, Cuadro 23, obtenemos como resultado que existe diferencia significativa entre los sistemas de uso (purma, pastura, cultivo anual, cultivo permanente), indicándonos que los suelos son de buena textura, estructura y aptos para la instalación de cualquier cultivo.

Cuadro 23. Análisis de variancia de la resistencia a la penetración entre los sistemas de uso

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fcal.	Ftab.	Sig.
Entre sistemas de uso	2.58	3.00	0.86	27.72	3.59	*
Error	0.25	8.00	0.03			
Total	2.83	11.00				

Los resultados obtenidos en la prueba de Duncan con 5% de probabilidad de la resistencia a la penetración del suelo, Cuadro 24, se aprecia el comportamiento de los diferentes sistemas de uso, existiendo significación estadística entre los sistemas de uso cultivo permanente 2.00 y cultivo anual 1.92 y existiendo diferencia significativa entre el cultivo permanente 2.00, más no en los demás sistemas.

Cuadro 24. Prueba de Duncan  $\alpha = 0.05$  de la resistencia a la penetración en la evaluación del experimento

Nº	Sistema de uso	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Significación
1	Cultivo permanente	2.00	a

2	Cultivo anual	1.92	ab
3	Pastura	1.13	b
4	Purma	0.95	bc

## 4.2. Indicadores químicos

### 4.2.1. Materia orgánica (C y N orgánico)

El porcentaje de materia orgánica del suelo de los diferentes sistemas de uso, Cuadro 25 y Figura 8, observamos que la purma tuvo mayor promedio de materia orgánica con 3.57% seguido del cultivo permanente 2.27%, pastura 2.40% y con menor promedio el cultivo anual con 1.80%.

Cuadro 25. Porcentaje de materia orgánica hallada en cuatro sistemas de uso del suelo

Nº Muestra	Purma	Pastura	Cultivo Anual	Cultivo Permanente
1	2.50	2.80	2.10	4.20
2	4.40	2.10	1.40	1.70
3	3.80	2.30	1.90	2.40
Promedio	3.57	2.40	1.80	2.77
Cv	0.28			

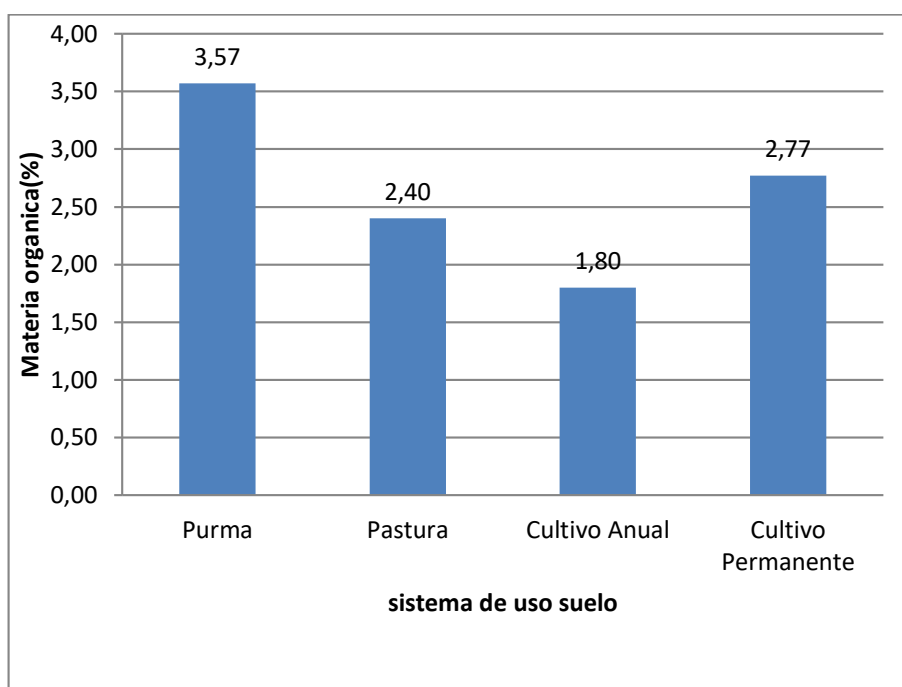


Figura 8. Porcentaje de materia orgánica en cuatro sistemas de uso del suelo

El análisis de variancia de la materia orgánica del suelo entre los sistemas de uso, Cuadro 26, observamos como resultado que no existe diferencia significativa entre los sistemas de uso (purma, pastura, cultivo anual, cultivo permanente).

Cuadro 26. Análisis de variancia de la materia orgánica (C y N orgánico) entre los sistemas de uso

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fcal.	Ftab.	Sig.
Entre sistemas de uso	4.91	3.00	1.64	2.29	3.59	NS
Error	5.73	8.00	0.72			
Total	10.65	11.00				

Los resultados obtenidos en la prueba de Duncan con 5% de probabilidad del porcentaje de materia orgánica del suelo, Cuadro 27, se aprecia el comportamiento de los diferentes sistemas de uso, existiendo significación estadística entre los sistemas de uso. Purma 3.57, cultivo permanente 2.27 pastura 2.40 y cultivo anual 1.80.

Cuadro 27. Prueba de Duncan  $\alpha = 0.05$  de materia orgánica en la evaluación del experimento

Nº	Sistema de uso	Promedio (%)	Significación
1	Purma	3.57	a
2	Cultivo permanente	2.77	b
3	Pastura	2.40	bc
4	Cultivo anual	1.80	c

#### 4.2.2. Reacción del suelo (pH)

La reacción del suelo método del potenciómetro, de los diferentes sistemas de uso, Cuadro 28 y Figura 9, observamos que el cultivo permanente tuvo mayor promedio con 7.33 pH seguido del cultivo anual 7.17 pH purma 5.67 pH y con menor promedio pastura 5.50 pH. Esto nos indica que son suelos de buena calidad agrologica y apta para una agricultura.

Cuadro 28. Reacción del suelo (pH) en los cuatro sistemas de uso purma, pastura, cultivo anual y cultivo permanente



N° Muestra	Purma	Pastura	Cultivo Anual	Cultivo Permanente
1	5.60	5.30	7.20	7.40
2	5.70	5.70	7.30	7.40
3	5.70	5.50	7.00	7.20
Promedio	5.67	5.50	7.17	7.33
Cv	0.15			

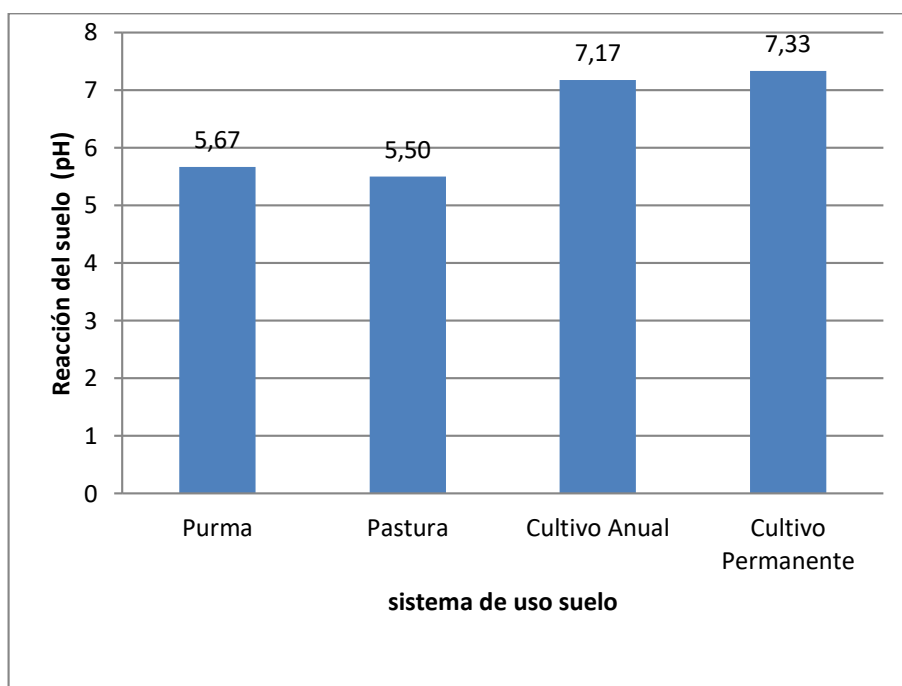


Figura 9. Reacción del suelo en cuatro sistemas de uso del suelo

El análisis de variancia de la reacción del suelo entre los sistemas de uso, Cuadro 29, observamos los resultados que existe diferencia significativa entre los sistemas de uso (purma, pastura, cultivo anual, cultivo permanente).

Cuadro 29. Análisis de variancia de reacción del suelo (pH) entre los sistemas de uso

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fcal.	Ftab.	Sig.
Entre sistemas de uso	8.42	3.00	2.81	140.28	3.59	*
Error	0.16	8.00	0.02			
Total	8.58	11.00				

Los resultados obtenidos en la prueba de Duncan con 5% de probabilidad de la reacción del suelo, Cuadro 30, se aprecia el comportamiento de los diferentes sistemas de uso existiendo significación estadística entre los sistemas de uso cultivo permanente 7.33, cultivo anual 7.17, más no entre purma 5.67 y pastura 5.50.

Cuadro 30. Prueba de Duncan  $\alpha = 0.05$  de reacción del suelo en la evaluación del experimento

N°	Sistema de uso	Promedio (pH)	Significación
1	Cultivo permanente	7.33	a
2	Cultivo anual	7.17	ab
3	Purma	5.67	b
4	Pastura	5.50	bc

### 4.2.3. Nitrógeno total

El nitrógeno total del suelo de los diferentes sistemas de uso Cuadro 31 y Figura 10, encontramos que en la purma tuvo mayor promedio en nitrógeno total con 0.16% seguido del cultivo permanente 0.14% pasturas 0.11% y con menor promedio el cultivo anual con 0.08%.

Cuadro 31. Porcentaje de nitrógeno total del suelo encontramos en los sistemas de uso purma, pasturas, cultivo anual y cultivo permanente

N° Muestra	Purma	Pastura	Cultivo Anual	Cultivo Permanente
1	0.11	0.13	0.09	0.19
2	0.20	0.09	0.06	0.08
3	0.16	0.11	0.08	0.14
Promedio	0.16	0.11	0.08	0.14
Cv	0.29			

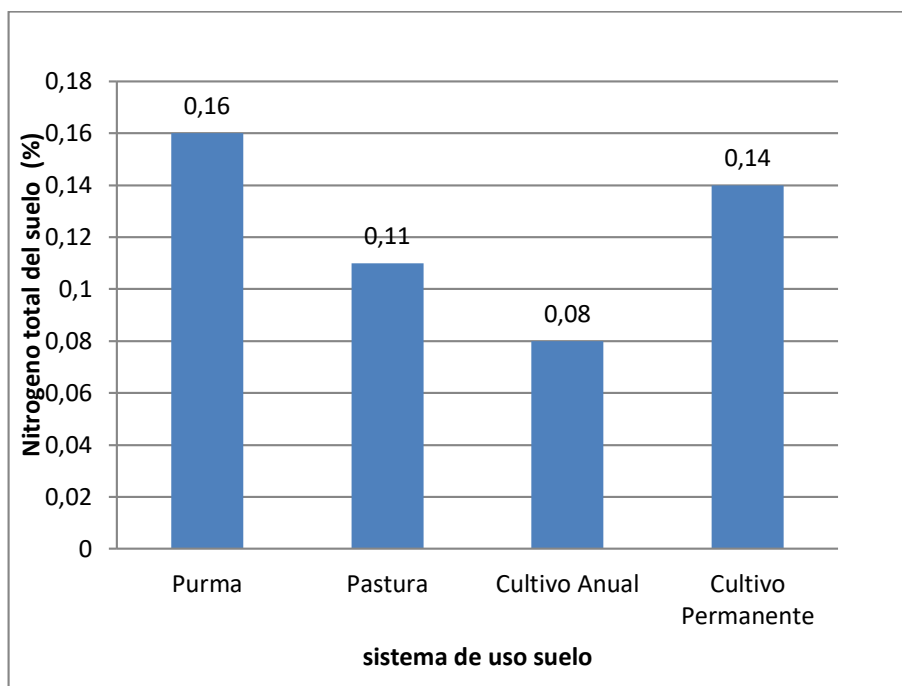


Figura 10. Nitrógeno total en cuatro sistemas de uso del suelo

El análisis de variancia del nitrógeno total del suelo entre los sistemas de uso, Cuadro 32, observamos los resultados que no existe diferencia significativa entre los sistemas de uso (purma, pastura, cultivo anual, cultivo permanente).

Cuadro 32. Análisis de variancia de nitrógeno total entre los sistemas de uso

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fcal.	Ftab.	Sig.
Entre sistemas de uso	0.01	3.00	0.003	2.53	3.59	NS
Error	0.01	8.00	0.001			
Total	0.02	11.00				

Los resultados obtenidos en la prueba de Duncan con 5% de probabilidad del nitrógeno total del suelo, Cuadro 33, se aprecia el comportamiento de los diferentes sistemas de uso existiendo significación estadística entre los sistemas de uso purma 0.16 y cultivo permanente 0.14, más no en pastura 0.11 y cultivo anual 0.08.

Cuadro 33. Prueba de Duncan  $\alpha = 0.05$  del nitrógeno total en la evaluación del experimento

N°	Sistema de uso	Promedio (%)	Significación
1	Purma	0.16	a
2	Cultivo permanente	0.14	ab
3	Pasto	0.11	b
4	Cultivo anual	0.08	c

#### 4.2.4. Fósforo disponible

Del fósforo disponible del suelo de los diferentes sistemas de uso, Cuadro 34 y Figura 11, encontramos que la purma tuvo mayor promedio en fósforo disponible con 14.07 ppm, seguido de pastura 12.13 ppm, cultivo anual 10.17 ppm y con menor promedio el cultivo permanente con 7.33 ppm.

Cuadro 34. Fósforo disponible (ppm) del suelo presentes en los sistemas de uso purma, pasturas, cultivo anual y cultivo permanente

N° Muestra	Purma	Pastura	Cultivo Anual	Cultivo Permanente
------------	-------	---------	---------------	--------------------

1	15.60	13.40	11.10	8.00
2	12.90	11.20	9.50	6.90
3	13.70	11.80	10.20	7.10
Promedio	14.07	12.13	10.27	7.33
Cv	0.26			

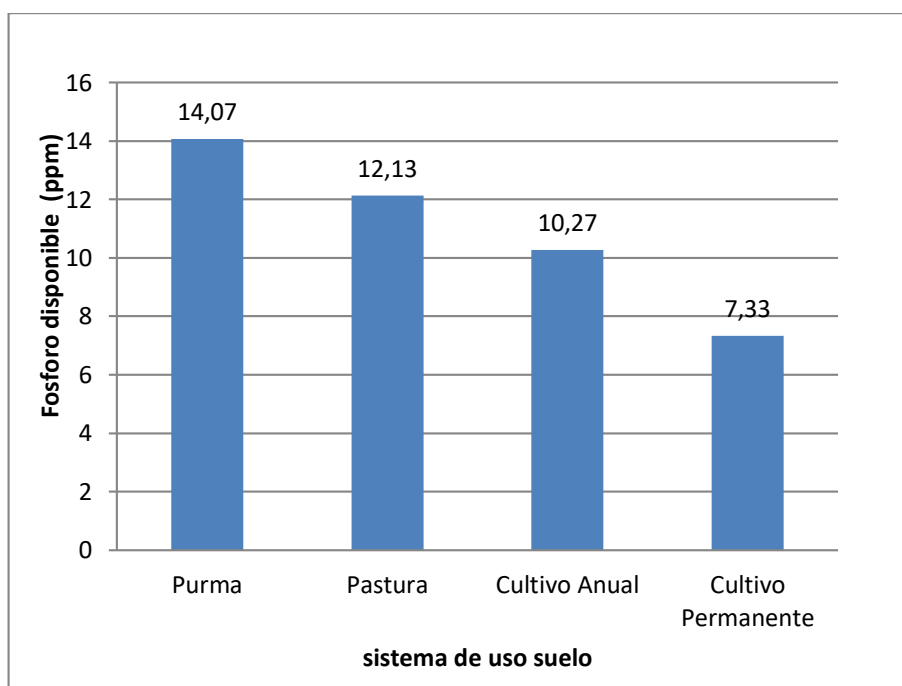


Figura 11. Fósforo disponible en cuatro sistemas de uso del suelo

El análisis de variancia del fósforo disponible del suelo entre los sistemas de uso, Cuadro 35, observamos los resultados que existe diferencia significativa entre los sistemas de uso (purma, pastura, cultivo anual, cultivo permanente).

Cuadro 35. Análisis de variancia de fósforo disponible entre los sistemas de uso

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fcal.	Ftab.	Sig.
Entre sistemas de uso	73.98	3.00	24.66	23.47	3.59	*
Error	8.41	8.00	1.05			
Total	82.39	11.00				

Los resultados obtenidos en la prueba de Duncan con 5% de probabilidad del fósforo disponible del suelo, Cuadro 36, se aprecia el comportamiento de los diferentes sistemas de uso, existiendo significación estadística entre los sistemas de uso purma 14.07 y pastura 12.13, más no en cultivo anual 10.27 y cultivo permanente 7.33.

Cuadro 36. Prueba de Duncan  $\alpha = 0.05$  del fosforo disponible en la evaluación del experimento

Nº	Sistema de uso	Promedio (ppm)	Significación
1	Purma	14.07	a
2	Pastura	12.13	ab
3	Cultivo anual	10.27	b
4	Cultivo permanente	7.33	c

#### 4.2.5. Potasio disponible

El potasio disponible del suelo en los diferentes sistemas de uso, Cuadro 37 y Figura 12, encontramos que en pasturas tuvo mayor promedio en potasio disponible con 405.00 kg-k<sub>2</sub>O/ha, seguido del cultivo anual 357.67 kg-k<sub>2</sub>O/ha, purma 349.33 kg-k<sub>2</sub>O/ha y con menor promedio el cultivo permanente con 266.33 kg-k<sub>2</sub>O/ha.

Cuadro 37. Potasio disponible del suelo (kg-k<sub>2</sub>O/ha) presentes en los sistemas de uso purma, pasturas, cultivo anual y cultivo permanente

N° Muestra	Purma	Pastura	Cultivo Anual	Cultivo Permanente
1	378	447	384	314
2	318	356	342	198
3	352	412	347	287
Promedio	349.33	405	357.67	266.33
Cv	0.17			



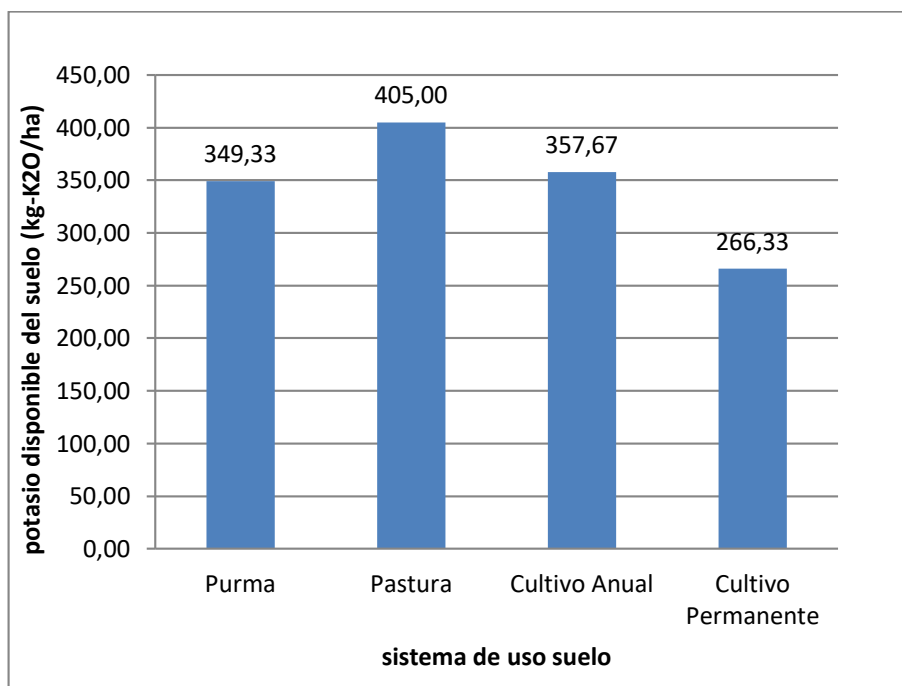


Figura 12. Potasio disponible en cuatro sistemas de uso del suelo

El análisis de variancia del potasio disponible del suelo entre los sistemas de uso, Cuadro 38, observamos los resultados que existe diferencia significativa entre los sistemas de uso (purma, pastura, cultivo anual, cultivo permanente).

Cuadro 38. Análisis de variancia de potasio disponible entre los sistemas de uso

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fcal.	Ftab.	Sig.
Entre sistemas de uso	29900.92	3.00	9966.97	17.92	3.59	*
Error	14446.00	8.00	1805.75			
Total	44346.92	11.00				

Los resultados obtenidos en la prueba de Duncan con 5% de probabilidad del potasio disponible del suelo, Cuadro 39, se aprecia el comportamiento de los diferentes sistemas de uso existiendo significación estadística entre los sistemas de uso pastura 405.00 y cultivo anual 357.67 más no existe significación estadística entre la purma 349.33 y el cultivo permanente 266.33.

Cuadro 39. Prueba de Duncan  $\alpha = 0.05$  del potasio disponible en la evaluación del experimento

N°	Sistema de uso	Promedio (%)	Significación
1	pastura	405.00	a
2	Cultivo anual	357.67	b
3	Purma	349.33	bc
4	Cultivo permanente	266.33	c

#### 4.2.6. Capacidad de intercambio catiónico

La capacidad de intercambio catiónico del suelo de los diferentes sistemas de uso, Cuadro 40, observamos que en el cultivo permanente tuvo mayor promedio con 6.53 mq/100 g, seguido del cultivo anual 5.89 mq/100 g, pasturas 5.57 mq/100 g y con menor promedio la purma con 4.80 mq/100 g.

Cuadro 40. Capacidad de intercambio catiónico del suelo (mq/100 g) presentes en los sistemas de uso purma, pasturas, cultivo anual y cultivo permanente

N° Muestra	Purma	Pastura	Cultivo Anual	Cultivo Permanente
1	5.04	5.50	6.16	6.76

2	4.13	5.74	5.45	6.27
3	5.22	5.47	6.05	6.55
Promedio	4.80	5.57	5.89	6.53
Cv	0.13			

El análisis de variancia de la capacidad de intercambio catiónico del suelo entre los sistemas de uso, Cuadro 41, observamos los resultados que existe diferencia significativa entre los sistemas de uso (purma, pastura, cultivo anual, cultivo permanente).

Cuadro 41. Análisis de variancia de la capacidad de intercambio catiónico entre los sistemas de uso

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fcal.	Ftab.	Sig.
Entre sistemas de uso	4.69	3.00	1.56	10.87	3.59	*
Error	1.15	8.00	0.14			
Total	5.84	11.00				

Los resultados obtenidos en la prueba de Duncan con 5% de probabilidad de la capacidad de intercambio catiónico del suelo, Cuadro 42, se observa el comportamiento de los diferentes sistemas de uso, existiendo significación estadística entre los sistemas de uso cultivo permanente 6.53 y no existiendo significación estadística entre los cultivo anual 5.89, pastura 5.57 y purma 4.80.

Cuadro 42. Prueba de Duncan  $\alpha = 0.05$  de la capacidad de intercambio catiónico en la evaluación del experimento

Nº	Sistema de uso	Promedio (%)	Significación
1	Cultivo permanente	6.53	a
2	Cultivo anual	5.89	b
3	Pastura	5.57	bc
4	Purma	4.80	c

### 4.3. Indicadores biológicos

#### 4.3.1. Biomasa microbiana (C y N)

La biomasa microbiana del suelo de los diferentes sistemas de uso, Cuadro 43 y Figura 13, observamos que en la purma tuvo el mayor promedio con 0.058 mg C – CO<sub>2</sub>/100 g, seguido de pastura 0.056 mg C – CO<sub>2</sub>/100 g, cultivo anual 0.049 mg C – CO<sub>2</sub>/100 g y con menor promedio cultivo permanente con 0.042 mg C – CO<sub>2</sub>/100 g.

Cuadro 43. Biomasa microbiana (mg C – CO<sub>2</sub>/100 g) en los cuatro sistemas de uso del suelo

Nº Muestra	Purma	Pastura	Cultivo Anual	Cultivo Permanente
1	0.068	0.065	0.061	0.050
2	0.064	0.050	0.047	0.042
3	0.043	0.052	0.040	0.033

Promedio	0.058	0.056	0.049	0.042
----------	-------	-------	-------	-------

Cv	0.14			
----	------	--	--	--

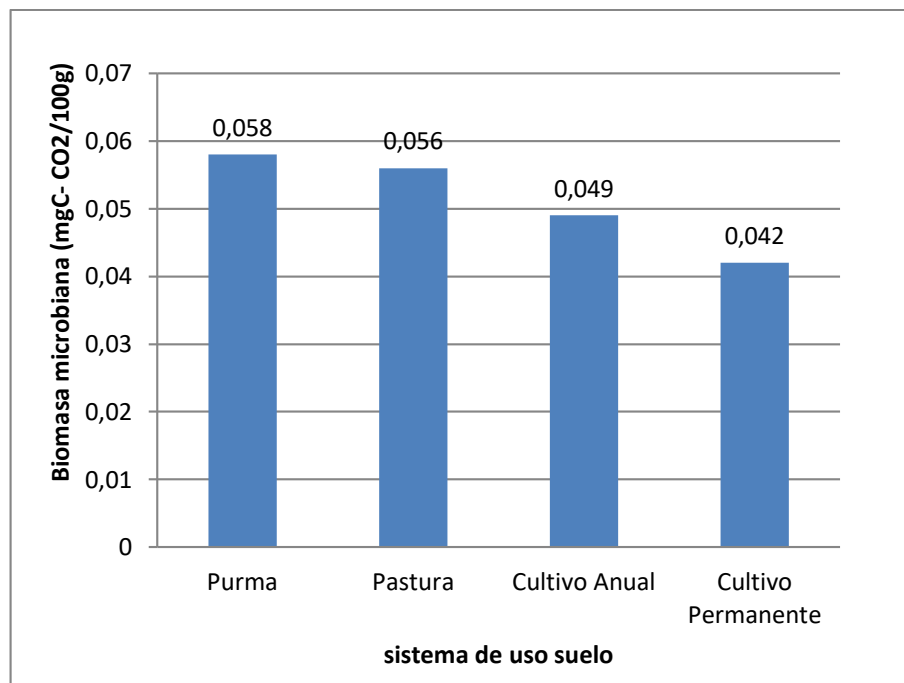


Figura 13. Biomasa microbiana en cuatro sistemas de uso del suelo

El análisis de variancia de la biomasa microbiana del suelo entre los sistemas de uso, Cuadro 44, observamos los resultados que existe diferencia significativa entre los sistemas de uso (purma, pastura, cultivo anual, cultivo permanente).

Cuadro 44. Análisis de variancia de la biomasa microbiana entre los sistemas de uso

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fcal.	Ftab.	Sig.
Entre sistemas de uso	0.0005	3.00	0.0002	1.52	3.59	*

Error	0.0009	8.00	0.0001
Total	0.0014	11.00	

Los resultados obtenidos en la prueba de Duncan con 5% de probabilidad de la biomasa microbiana del suelo, Cuadro 45, se aprecia el comportamiento de los diferentes sistemas de uso existiendo significación estadística entre los sistemas de uso purma 0.058 y pastura 0.056 y no existiendo significación estadística en el cultivo anual 0.049 y cultivo permanente 0.042.

Cuadro 45. Prueba de Duncan  $\alpha = 0.05$  de la capacidad de intercambio catiónico en la evaluación del experimento

Nº	Sistema de uso	Promedio (mg C – CO <sub>2</sub> /100g)	Significación
1	Purma	0.058	a
2	Pastura	0.056	ab
3	Cultivo anual	0.049	b
4	Cultivo permanente	0.042	bc

#### 4.4. Numero de lombrices

El número de lombrices del suelo de los diferentes sistemas de uso, Cuadro 46 y Figura 14, encontramos que la purma tuvo el mayor promedio con 27 seguido de pastura con 14 cultivo anual y con menor promedio el cultivo permanente con 3.

Cuadro 46. Número de lombrices del suelo de los diferentes sistemas de uso purma, pastura, cultivo anual, y cultivo permanente

N° Muestra	Purma	Pastura	Cultivo Anual	Cultivo Permanente
1	41.00	12.00	2.00	3.00
2	21.00	12.00	6.00	5.00
3	18.00	18.00	3.00	1.00
Promedio	27.00	14.00	4.00	3.00
Cv	0.94			

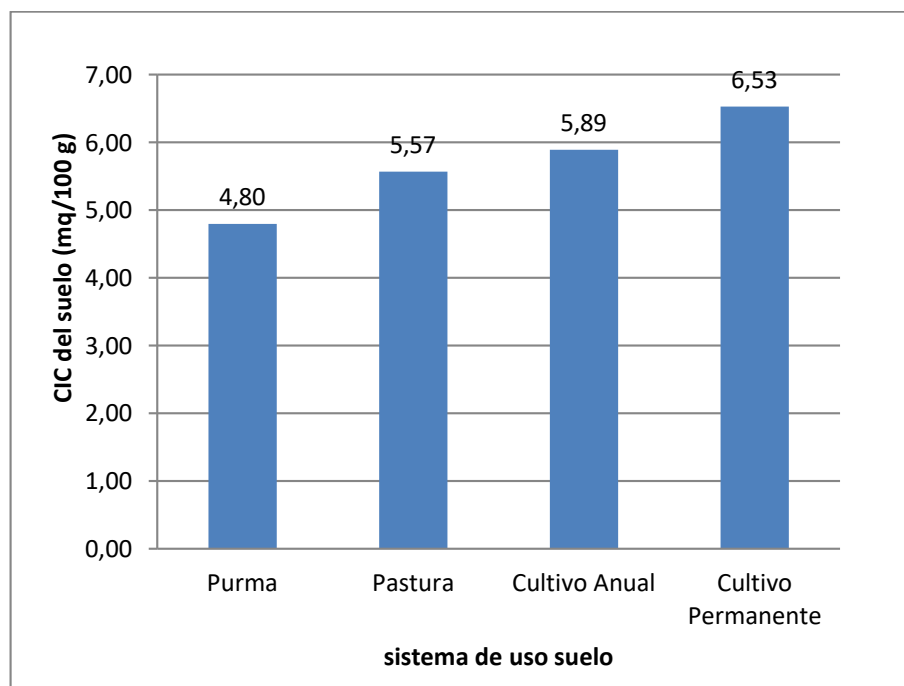


Figura 14. Número de lombrices en cuatro sistemas de uso del suelo

El análisis de variancia del número de lombrices del suelo entre los sistemas de uso, Cuadro 47, observamos los resultados que existe diferencia significativa entre los sistemas de uso (purma, pastura, cultivo anual, cultivo permanente).

Cuadro 47. Análisis de variancia de número de lombrices entre los sistemas de uso

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fcal.	Ftab.	Sig.
Entre sistemas de uso	1108.33	3.00	369.44	8.36	3.59	*
Error	353.33	8.00	44.17			
Total	1461.67	11.00				

Los resultados obtenidos en la prueba de Duncan con 5% de probabilidad del número de lombrices del suelo, Cuadro 48, se aprecia el comportamiento de los diferentes sistemas de uso existiendo significación estadística entre los sistemas de uso purma 27 y pastura 14 y no existiendo significación estadística entre cultivo anual 4, cultivo permanente 3.

Cuadro 48. Prueba de Duncan  $\alpha = 0.05$  del número de lombrices en la evaluación del experimento

Nº	Sistema de uso	Promedio (%)	Significación
1	Purma	27.00	a
2	Pastura	14.00	b



3	Cultivo anual	4.00	c
4	Cultivo Permanente	3.00	cd

#### 4.5. Calidad del suelo en los diferentes sistemas de uso

Como se observa en el Cuadro 49, correspondiente a los resultados de la calidad de los suelos en los diferentes sistemas, los valores de los indicadores de cada sistema de uso fueron relacionados con un suelo ideal para determinar el índice de calidad de los suelos.

Cuadro 49. Valores y porcentajes relativos de los indicadores usados para obtener un índice de calidad de suelo cuando se supone un suelo ideal

Indicador	Suelo ideal	Purma	Pasto	Cultivo anual	Cultivo permanente
Estabilidad de agregados (%)	78,00	65,63	57,03	50,3	57,53
	100%	84,14	73,12	64,49	73,76
	1,10	0,89	1,15	1,23	1,01
Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	100%	80,91	104,55	111,82	91,82
	115,00	90,00	105,00	115,00	80,00
Profundidad efectiva (cm)	100%	78,26	91,30	100	69,57
	7	2,84	0,53	10,78	4,19
Capacidad de retención de agua (%)	100%	98,96	92,71	103,13	92,71
	26,00	26	28,83	27,37	26,13
Temperatura °C	100%	100	1,13	1,92	2
	1,15	0,95	75,33	128	133,33
Res a la penetración (Kg/cm <sup>2</sup> )	100%	63,33	75,33	128	133,33
	4,2	3,57	2,4	1,8	2,77
Por. de materia orgánica	100%	850	57,1	42,9	66
	7	5,67	5,5	7,17	7,33
pH	100%	81	78,6	102,4	104,7
	0,2	0,16	0,11	0,08	0,14
Fosforo disponible (ppm)	100%	117,25	101,1	85,6	61,1
	400	349,33	405	357,67	266,33
Potasio disponible (Kg -	100%	87,3	101,3	89,4	66,6

K <sub>2</sub> O/ha)	30	4,8	5,57	5,89	6,53
Cap. Inter. Catiónico (mq/100g)	100%	16	18,6	19,6	21,8
Bio. Microbiana /mg C- CO <sub>2</sub> /100 g	0,065	0,058	0,056	0,049	0,042
Bio. Microbiana /mg C- CO <sub>2</sub> /100 g	100%	89,2	86,2	75,4	64,6
Respiración edáfica (Kg- CO <sub>2</sub> /ha)	70	87,5	88,3	88,7	88
Respiración edáfica (Kg- CO <sub>2</sub> /ha)	100%	125	126,1	126,7	125,7
Numero de lombrices	30	27	14	4	3
Numero de lombrices	100%	90	46,7	13,3	10

Fuente: CHEN (2000), DORAN Y LINCOLN (1999), PORTA (1999)

En la Figura 15, se muestra gráficamente los porcentajes relativos de los diferentes indicadores para los cuatro sistemas de uso (purma, pasto, cultivo anual, cultivo permanente) en el centro poblado de San Antonio en la Provincia de Huamalíes. En esta figura el sistema de referencia es el suelo ideal, lo cual corresponde a la línea negra.

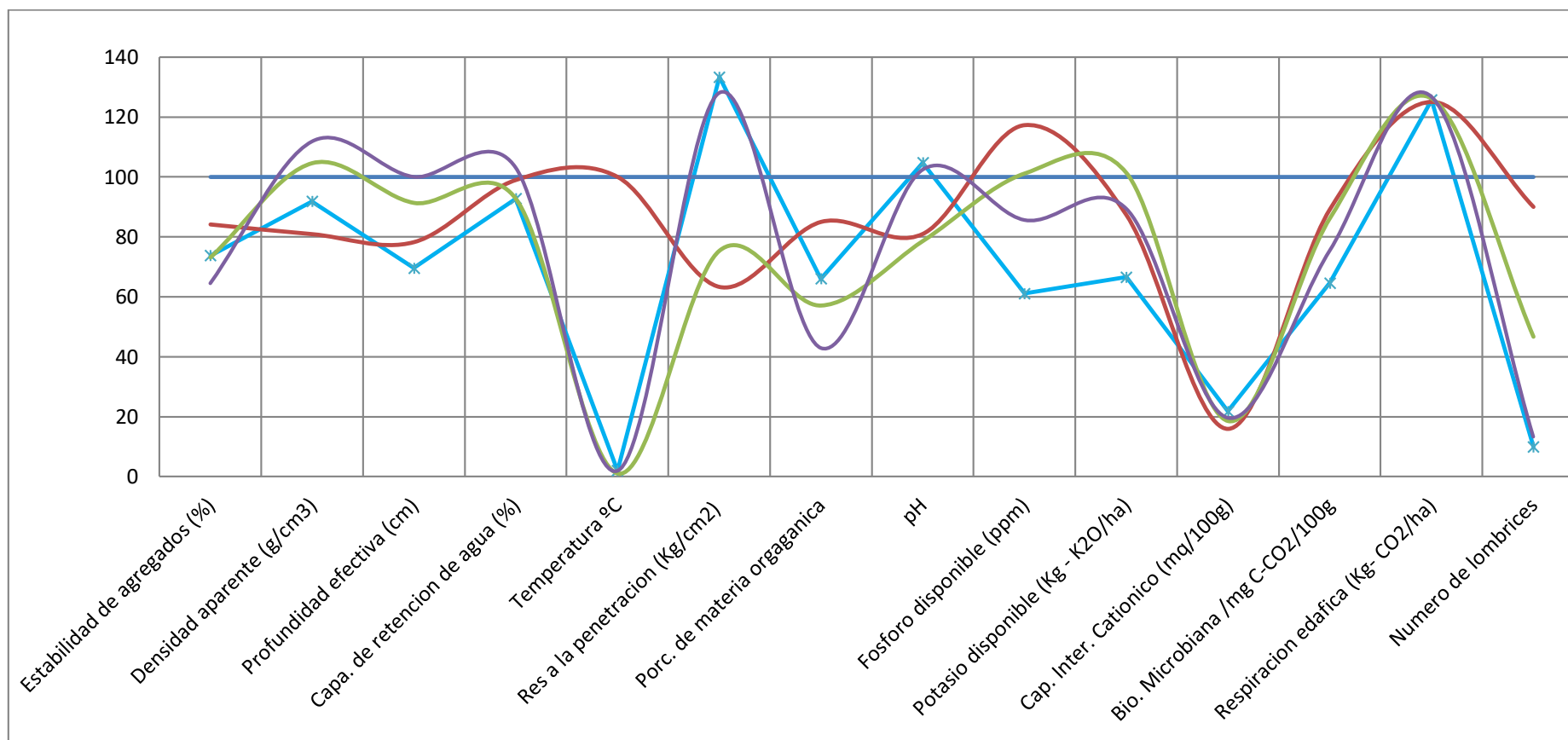


Figura 15. Porcentaje relativos de los cuatro sistemas de uso y el sistema de inferencia (suelo ideal)

## V. DISCUSIÓN

### 5.1. De los indicadores físicos

Textura del suelo, estructura (tipo tamaño y grado) estabilidad de agregados, densidad aparente, profundidad efectiva, infiltración, capacidad de retención de agua, temperatura del suelo y resistencia a la penetración. CHEN (2000) recomienda como indicadores la textura, profundidad, tasa de infiltración, densidad aparente, y capacidad de retención de agua, mientras que DORAN Y LINCOLN (1999) recomiendan como indicadores la textura, estructura, densidad aparente, espesor del horizonte superior, estabilidad de agregados, temperatura e infiltración.

El primer indicador físico que se determinó en los cuatro sistemas de uso fue, la textura tal como lo muestra el Cuadro 2, donde se clasificó de acuerdo al porcentaje de las partículas mediante el triángulo de la textura del suelo, obteniendo las siguientes clases texturales franco arcilloso, franco, franco arcilloso limoso, franco limoso. GUZMÁN et al., (2000) menciona que los nombres de las clases textura se utilizan para identificar grupos de suelo con mezclas parecidas de partículas minerales. Los suelos minerales pueden agruparse de manera general en tres clases texturales que son: limos y las arcilla, y se utilizan una combinación de estos nombres para indicar lo grados

intermedios. Para nuestro caso observamos que los mejores suelos de acuerdo a su clase textural son las pasturas y el cultivo permanente, con una textura franco, el cual es un suelo equilibrado con propiedades compensadas, seguido de la purma donde predomina el franco -arcilloso, un suelo de calidad regular y por último, cultivo anual con una textura franco - limoso; estos suelos son impermeables y tienen una alta retención de agua, son húmedos y pueden ser dañinos para las raíces de las plantas.

La estructura del suelo se determinó mediante la observación directa en los cuatro sistemas de uso (Cuadro 3). La estructura de suelo se define por el tipo (migajosas, granular, laminar y sin estructura), el tamaño (gruesa, media, fina y muy fina) y el grado de manifestación de los agregados (fuerte, media, débil y nula), CALDERÓN (1999) menciona que la forma más provechosa de describir la estructura del suelo es en función del grado (grado de agregación), clase (tamaño medio) y tipo de agregados (forma). En algunos suelos se pueden encontrar juntos distintos tipos de agregados en esos casos se describen por separado.

La estabilidad de agregados del suelo en los cuatro sistemas de uso se determinó con método del tamiz. Cuyo resultado se expresa en porcentaje de estabilidad de agregados el cual indica la cantidad que resiste la perturbación por agua que fluye. El porcentaje de agregados estable al agua indica la cantidad que resiste la perturbación por agua que fluye (SANDOVAL et al., 2006). En el porcentaje de estabilidad de agregados encontramos en los

cuatro sistemas de uso se observa en el Cuadro 4, donde los agregados más estables son de purma 65.63%, muy próximo al valor del suelo ideal el cual nos indica que este suelo es de mejor calidad en comparación con los demás sistemas de uso. Este se debe a una mayor actividad microbiana, mayor contenido de materia orgánica, minerales, historias del ecosistema, entre otros y el cultivo anual tuvo el promedio de estabilidad más bajo con 50.30% el cual indica que es un suelo de menor calidad. Del mismo modo SANDOVAL et al., (2006) menciona que los agregados que se resisten a las fuerzas del agua son denominados agregados estables al agua (AEA). En general cuanto mayor sea el porcentaje de agregados estables, menor será la erodabilidad del suelo. Los agregados del suelo son productos de la comunidad microbiana del suelo, de los componentes orgánicos y minerales del suelo, de la naturaleza de la comunidad de las plantas en la superficie y de la historia del ecosistema. Son importantes con relación al movimiento y almacenaje de agua del suelo, a la erosión, desarrollo radicular y actividad microbiana. La destrucción de agregados es el primer paso hacia el desarrollo de costras y sellado superficial los cuales impiden la infiltración del agua e incrementan la erosión. En general mayores cantidades de agregados estables son mejores para la calidad del suelo. El análisis de variancia entre los sistemas. Con la prueba Duncan con 5% de probabilidad se muestran que en el Cuadro 6, no existiendo significación estadística para los sistemas de uso, cultivo permanente 57.53 y pastura 57.03. Existiendo significación estadística para los sistemas, purma 65.63 y cultivo anual 50.30. Por lo que podemos decir que los suelos entre pasturas y cultivo permanente son de calidades similares.

La densidad aparente, Cuadro 07, presenta para el cultivo anual ( $1.23 \text{ g/cm}^3$ ) lo que nos indica que presenta un suelo con resistencia mecánica mayor que los demás y con una porosidad inferior pero está dentro de las densidades aparentes ideales. SANDOVAL et al.,(2006) afirma que la densidad aparente del suelo puede servir como un indicador de la compactación y de las restricciones al crecimiento de las raíces. Densidades aparente del suelo fluctúan al crecimiento entre  $1.0$  y  $1.7 \text{ g/cm}^3$  valores mayores a  $1.7 \text{ g/cm}^3$ , pueden afectar el crecimiento radicular. LUGO Y ZINDER (1999) manifiesta que con un incremento de la densidad aparente, la resistencia mecánica tiende a aumentar y la porosidad del suelo tiende a disminuir, con estos cambios limitan el crecimiento de las raíces a valores críticos. Los valores críticos de la densidad aparente para el crecimiento de las raíces, varían según la textura que presenta el suelo y de la especie de se trate. Según el análisis de variancia Cuadro 8, existe diferencia significativa entre los sistemas de uso. Sometidos a la prueba de Duncan con 5% de probabilidad Cuadro 9, se aprecia el comportamiento de los diferentes sistemas de uso si bien existen diferencias estas no son estadísticamente significativas entre los sistemas de uso, cultivo anual  $1.2$  y pastura  $1.15$  cultivo permanente  $1.01$  y purma ( $0.89$ ). LUGO Y ZINDER (1999) hace referencia que el hecho que no existe diferencia significativa entre los sistemas se deben básicamente a que el tiempo transcurrido desde el inicio de la experiencia hasta el momento de los muestreos no fue suficiente como para que una propiedad como la densidad aparente se vea afectada de manera reveladora.

La profundidad efectiva, Cuadro 10, en el cultivo anual tiene mayor promedio con 115.00 cm., seguido de pastura 105.00 cm, purma 90 cm, y con menor promedio el cultivo permanente con 80.00 cm la profundidad efectiva en todos los sistemas de uso se relacionan con la profundidad efectiva de un suelo ideal esto va permitir que las raíces de las plantas crezcan sin dificultad. LOPEZ Y RODRIGUEZ (2002) mencionan que las profundidades efectivas próximas a 115 cm, son adecuadas para la mayoría de las plantas. En términos generales, de los suelos degradados tienen menos capacidad para suministrar nutrientes a las plantas que los suelos profundos. Según el análisis de variancia, Cuadro 11, no existe diferencia significativa entre los sistemas de uso. Sometidos a la prueba de Duncan al 5% de probabilidad, Cuadro 12, existe significación estadística entre los sistemas de uso, cultivo anual y pastura.

La infiltración del suelo, Cuadro 13, en el cultivo anual tuvo mayor infiltración con 10.78 cm/h, esto se debe a que el sistema de uso está en constante perturbación por la labranza, como también pudo haber estado seco es por ello que presenta una elevada infiltración. SANDOVAL et al., (2006) manifiesta el contenido inicial de agua en el suelo. Al momento de la medición afecta la capacidad del suelo de absorber agua adicional. Por esto la velocidad de infiltración es mayor cuando el suelo está seco que cuando está húmedo. Este factor es importante al comparar las mediciones de infiltración de suelos diferentes. Los suelos deberían tener un contenido de humedad similar cuando se realizan las mediciones. AUKI Y SERENO (2006), menciona que si una gran



parte de los poros del suelo ya se encuentran saturados, la capacidad de infiltración será menor que si la humedad del suelo es relativamente baja. LUGO y ZINDER (1999). Establecieron un rango óptimo de infiltración de 6 a 15 cm/h. el análisis de variancia de la infiltración entre sistemas de uso de igual manera en la prueba de Duncan al 5% de probabilidad.

La capacidad de retención de agua, Cuadro 16, en el cultivo anual tuvo mayor promedio con 82.50% seguido de purma 79.17% y con menor promedio los sistemas cultivo permanente y pastura con 74.17%., la buena capacidad de retención de agua se debe a la textura franco arcilloso limoso del sistema cultivo anual; así mismo, todos los sistemas de uso presentan una buena retención de agua y están dentro del rango de suelo ideal Cuadro 49.

Según el análisis de variancia, Cuadro 17, existen diferencia significativa entre los sistemas de uso sometidos a la prueba de Duncan con 5% de probabilidad, Cuadro 18, se aprecia el comportamiento de los diferentes sistemas de uso existiendo una pequeña significación estadística entre los sistemas de uso, cultivo anual y purma.

La temperatura del suelo, Cuadro 19, en pasturas tuvimos una temperatura más elevada en comparación con los otros tres sistemas de uso el cual indica que en pasturas la radiación solar llega directamente a la superficie del suelo debido a que existe poca cobertura vegetal. Tal como lo menciona SANDOVAL (2006) la temperatura del suelo dependerá de la cantidad de

radiación solar neta que llegue a la superficie del suelo resultando de considerar el balance energético de onda corta y onda larga. La cantidad de radiación neta que llega a la superficie del suelo depende de factores externos al mismo, entre ellos la radiación global disponible, así mismo influye la pendiente de orientación al variar el ángulo de incidencia de los rayos solares y el número de horas de sol recibidas. La presencia de una importante cubierta vegetal disminuye la cantidad de radiación.

Según el análisis de variancia, Cuadro 20, existe diferencia significativa entre los sistemas de uso, sometidos a la prueba de Duncan con 5% de probabilidad, Cuadro 21, se aprecia el comportamiento de los diferentes sistemas de uso existiendo una pequeña significación estadística entre sistemas de uso pasturas 28.83 y cultivo anual 27.37 y no existe diferencia significativa entre los cultivos permanente (26.13) y purma (26.00) estos últimos tienen menor temperatura debido a que tienen mejor cobertura vegetal, que impiden la incidencia directa de los rayos solares al suelo.

La resistencia a la penetración, Cuadro 22, en cultivo permanente tuvo mayor promedio de resistencia con 2.00 seguido del cultivo anual con 1.92 esto se debe a que en estos sistemas de uso los suelos son más secos, debido a que la penetración depende marcadamente del contenido de agua. SANDOVAL et al., (2006) menciona que la compactación produce una severa restricción del crecimiento de las raíces es causada primordialmente por el pisoteo de los animales la resistencia a la penetración depende marcadamente

del contenido de agua del suelo, cuanto más seco el suelo esta mayor es su resistencia a la penetración.

Según el análisis de variancia, Cuadro 23, existe diferencia significativa entre los sistemas de uso, con la prueba de Duncan con 5% de probabilidad, Cuadro 24, se aprecia el comportamiento de los diferentes sistemas de uso, existiendo significación estadística entre los sistemas de uso cultivo permanente 2.00 y cultivo anual 1.92. MARINEZ (2003) mencionó que encontraron en diferentes sistemas de manejo de suelos que la resistencia mecánica a la penetración en el espesor superficial es mayor en suelos con labranza que en sistemas de labranza cero.

## **5.2. De los indicadores químicos**

El porcentaje de materia orgánica del suelo, Cuadro 25, nos muestra que la purma el promedio de materia orgánica fue 3.75%, cultivo permanente 2.44% y cultivo anual 1.80%. El sistema de uso purma tiene el mayor contenido de materia orgánica, valor que se asemeja al suelo ideal, Cuadro 49, sin embargo el cultivo permanente, pastura y cultivo anual tiene un contenido bajo de materia orgánica. Esto se debe al clima cálido y a la actividad del hombre. Así mismo ALTIERI (1997) manifiesta que los elementos orgánicos contenidos en el suelo están constituidos de una manera natural por restos vegetales y animales. SILVA (2000) menciona que los suelos de las zonas de climas cálidos y aquellos intervenidos por el hombre generalmente tienen contenidos bajos de materia orgánica. Según el análisis de variancia,

Cuadro 26, no existe diferencia significativa entre los sistemas de uso estos resultados sometidos a la prueba de Duncan con 5% de probabilidad, Cuadro 27, se aprecia el comportamiento de los diferentes sistemas de uso, existiendo significación estadística entre sistemas de uso.

La reacción del suelo (pH), Cuadro 28, observamos que el cultivo permanente y el cultivo anual presentan valores muy similares al de un suelo ideal de buena calidad (7.33 y 7.17) óptimos para el crecimiento de la mayoría de los cultivos valores fuera de estos rangos pueden afectar la disponibilidad de nutrientes en las plantas. Sin embargo los sistemas de purma y pasturas (pH 5.67 y 5.50) son valores que se encuentran fuera de los rangos y por lo tanto no son ideal para un suelo de buena calidad. CHEN (2000). De acuerdo a SANDOVAL *et al.*, (2006) la disponibilidad de nutrientes se ve afectada por cambios en la solubilidad de los minerales del suelo. La mayor parte de los minerales son más solubles en suelos ácidos que en suelos neutros o ligeramente ácidos. La mayor disponibilidad, para el caso de la mayor parte de los nutrientes se encuentra entre pH 6.0 y 7.0.

Según el análisis de variancia, Cuadro 29, existe diferencia significativa entre los sistemas de uso. La prueba de Duncan con 5% de probabilidad, Cuadro 30, se aprecia el comportamiento de los diferentes sistemas de uso existiendo significación estadística entre cultivo permanente y cultivo anual. Estas diferencias pueden ser causadas, Según MARINEZ (2003) a factores importes que afectan el pH edáfico como la temperatura y

precipitaciones que controlan la intensidad de lixiviado y meteorización de los minerales del suelo.

El nitrógeno total del suelo, Cuadro 31, encontramos que en la purma tuvo el mayor promedio con 0.16% seguido del cultivo permanente 0.14% pasturas 0.11% y con menor promedio el cultivo anual con 0.08%. Estos valores de nitrógeno total están en relación al contenido de materia orgánica. Sin embargo los valores se sistemas de uso purma y cultivo permanente se encuentran muy cerca del valor ideal (0.2%) de un suelo de buena calidad Cuadro 49. VAZQUES (2005) hace referencia que los valores se expresan en % de suelo seco por ejemplo 0.09% significa que por cada 100 kg de suelo seco hay 90 g de nitrógeno total. CLAUDIA (2003) afirma que el contenido de nitrógeno total puede interpretarse como bajo menor de 0.10%, medio 0.10 – 0.20% y alto mayor de 0.2%.

Según el análisis de variancia, Cuadro 32, no existe diferencia significativa entre los sistemas de uso. Con la prueba de Duncan con 5% de probabilidad Cuadro 33, se aprecia el comportamiento de los diferentes sistemas de uso, existiendo significación estadísticamente entre los sistemas de uso purma y cultivo permanente.

El fósforo disponible, Cuadro 34, para los sistemas de uso purma pasturas y cultivo anual tenemos un valor como indicador de buena calidad; sin embargo, el sistema cultivo permanente (7.33 ppm) es un valor de nivel medio

no muy preponderante para un suelo de buena calidad. PORTA *et al.* (1999) manifiesta que los niveles relativos de fósforo son 0 – 3 ppm muy bajo, 3 – 6 ppm bajo, 7 – 10 ppm medio, 11 – 21 ppm alto, y 21 a más muy alto.

Según el análisis de variancia, Cuadro 35, existe diferencia significativa entre los sistemas de uso. Sometidos a la prueba de Duncan con 5% de probabilidad, Cuadro 36, se aprecia el comportamiento de los diferentes sistemas de uso existiendo significación estadística entre los sistemas de uso.

El potasio disponible, Cuadro 37, para el sistema de pastura obtuvimos 405,00 Kg-K<sub>2</sub>O/ha la buena concentración de potasio en los sistemas de pasturas, cultivo anual y purma nos indica que no han sufrido pérdidas por lavado ni por explotación agrícola. Sin embargo el cultivo permanente por su misma explotación no tuvo una buena reposición de potasio. CALDERÓN (1999) manifiesta que los suelos que tienen potasio menos de 150 Kg-K<sub>2</sub>O/ha son suelos muy pobres, los que tienen de 150 – 300 Kg-K<sub>2</sub>O/ha son suelos pobres, los de 300 – 400 Kg-K<sub>2</sub>O/ha son suelos medios y los tienen mayor a 400 Kg-K<sub>2</sub>O/ha son suelos ricos. ROLDAN *et. al.*, (2004) menciona que el potasio desempeña un papel importante en el metabolismo de carbohidratos y proteínas, regula la transpiración y el contenido de agua de la células es cofactor enzimático e interviene en la fotosíntesis.

Según el análisis de variancia, Cuadro 38 existe diferencia significativa entre los sistemas de uso. Con la prueba de Duncan con 5% de

probabilidad, Cuadro 39, se aprecia el comportamiento de los diferentes sistemas de uso existiendo significación estadística entre pasturas y cultivo anual y no existe significación estadística entre purma y cultivo permanente.

La capacidad de intercambio catiónico, Cuadro 40, el cultivo permanente con 6.53 mq/100 g, seguido del cultivo anual 5.89 mq/100 g, pastura 5.57 mq/100 g y con menor promedio la purma con 4.80 mq/100 g. SILVA (2000) menciona que la capacidad de intercambio catiónico (CIC) es la capacidad que tiene un suelo para retener y liberar iones positivos por lo que los suelos con mayores concentraciones de arcillas exhiben capacidades de intercambio catiónico mayores. Los cationes de mayor importancia con relación al crecimiento de las plantas son el calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ) y amonio ( $\text{NH}_4$ ) que se encuentran involucrados directamente con el crecimiento de las plantas.

Según el análisis de variancia, Cuadro 41, existe diferencia significativa entre los sistemas de uso según la prueba de Duncan con 5% de probabilidad, Cuadro 42, se aprecia el comportamiento de los diferentes sistemas de uso existiendo significación estadística en el sistema de uso cultivo permanente y más no en los demás sistemas de uso.

### **5.3. De los indicadores biológicos**

Según la biomasa microbiana, Cuadro 43, la purma tuvo el mayor promedio seguido de pasturas, cultivo anual y con menor promedio cultivo

permanente. Esto se debe principalmente por que el sistema de uso purma tiene mayor contenido de materia orgánica mejor temperatura del suelo y mayor disponibilidad de agua. De acuerdo a GUZMÁN *et al.* (2000) la dinámica de la biomasa microbiana es afectada principalmente por el aporte del sustrato la temperatura del suelo y disponibilidad de agua. DELGADO Y ESPAÑA (1999) destacan que la mayor actividad de la biomasa microbiana se da en suelos de textura más gruesa contrario a lo que ocurre en los de textura más fina ya que en este últimos la biomasa microbiana puede ser confinada o aislada dentro de los agregados sin acceso al sustrato inter agregados.

Según el análisis de variancia, Cuadro 44, existe diferencia significativa entre los sistemas de uso. En la prueba de Duncan con 5% de probabilidad, Cuadro 45, se aprecia el comportamiento de los diferentes sistemas de uso existiendo significación estadística entre los sistemas de uso purma, y pastura, más no en los demás sistemas de uso.

El número de lombrices del suelo, Cuadro 46 encontramos que el sistema purma tuvo el mayor promedio con 27 unidades seguidas de pasturas 14 de cultivo anual 4 y con menor promedio el cultivo permanente con 3 unidades. El sistema de uso purma es el único que se encuentra dentro del rango de suelo ideal, Cuadro 49, pero los sistemas de uso pasturas cultivo anual y permanente tienen valores bajos en comparación con los números adecuados que debe tener un suelo agrícola. Según USDA (1999) alrededor de 100 lombrices/m<sup>2</sup> son una adecuada población en sistemas agrícolas el



laboreo generalmente mata alrededor de 25% de la población de lombrices. La temperatura óptima para las lombrices oscila entre 10 °C y 20 °C el rango superior letal es de 25°C a 35 °C., el pH del suelo afecta las poblaciones de lombrices estos son escasas en suelos con pH entre 3.5 y 4.5., la mayoría de las lombrices viven en suelos con pH entre 5 y 7.4.

Según el análisis de variancia, Cuadro 47 existe diferencia significativa entre los sistemas de uso de igual manera con la prueba de Duncan con 5% de probabilidad el número de lombrices del suelo, Cuadro 48, se aprecia el comportamiento de los diferentes sistemas de uso existiendo significación estadística entre los sistemas de uso purma y pastura más no en los demás sistemas de uso.

## VI. CONCLUSIONES

1. Los suelos de los bosques secundarios (purma de 15 años) fueron los de mejor calidades seguidas del cultivo permanente (cítricos), pasturas (brizanta) y el suelo de menor calidad fue el cultivo anual (maíz).
2. Los sistemas de uso cultivo anual y cultivo permanente tienen efectos negativos sobre la calidad del suelo en base a los indicadores número de lombrices, estabilidad de agregados, materia orgánica, fosforo disponible, potasio disponible y biomasa microbiana puesto que se aleja demasiado a los valores de los indicadores del suelo ideal. En cuanto a la CIC para los cuatro sistemas de uso sus valores están muy por debajo de los valores del suelo ideal. Para los sistemas de uso pasto y purma, los indicadores estabilidad de agregados, densidad aparente, profundidad efectiva, capacidad de retención de agua, temperatura, fosforo y potasio disponible, biomasa microbiana, respiración y numero de lombrices; sus valores tienen mucha relación con, los del suelo ideal; ya que estos sistemas no han sido perturbados por el hombre, excepto del sistema de pastura.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Para mejorar la calidad del suelo en los sistemas de uso cultivos permanentes y cultivos anuales es necesario adicionar enmiendas orgánicas (bocashi, gallinaza, humus) que mejorarán los parámetros físicos – químicos y biológicos.
2. Realizar trabajos en otros sistemas de uso con la finalidad de comparar los resultados de cada uno de estos, teniendo en cuenta un periodo en el que el clima es más estable.
3. En los sistemas de uso pasturas combinar con especies arbóreas (leucaena, cedro tornillo y palta moena) y arbustivas a través de un sistema silvopastoril con la finalidad de mejorar la calidad del suelo y al mismo tiempo servirá de sombra para los ganados.

## VIII. ABSTRACT

This research was conducted between the months of April to September and is politically located in the department of Huanuco province Huamalies Arancay District, Town of San Antonio Centro sector and geographically located with UTM coordinates 8988616 mN 331,617 mE and a altitude of 1100 m this paper seek to determine soil quality in different systems use (purma, pastures, annual crops, permanent crops) for these physical, chemical and biological indicators were evaluated. Physical indicators in soil texture, structure, aggregate stability, bulk density, effective depth, infiltration, water holding capacity, soil temperature and penetration resistance were determined. Chemical indicators in organic matter, soil reaction, total nitrogen, available phosphorus, potassium and available cation exchange capacity were determined. In biological indicators were determined: microbial biomass, soil respiration and number of worms. The soil quality in different systems use, according to their physical and chemical and biological indicators. We obtained the soils of secondary forest (purma 15), are better quality followed by permanent crops (citrus), pasture (brizanta) and soil quality was lower annual crop (maize). Of the four systems use according to analysis of variance and Duncan test these have different quality of soil.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO, E., CARRASCO, A., LEON, O., SILVA, P., CASTILLO, G., BORIE, G., MARTINEZ E., GONSALEZ, S., AHUMADA, I. 2005. Criterios de calidad del suelo agrícola [En línea]: USDA, (<http://soils.usda.gov/sqi/informe>, 22 Feb. 2006).
- ALTIERI, M. 1997. Agroecológica; bases científicas para la agricultura sustentable. Ed. Centro de investigación, Educación y Desarrollo. 2ed. Lima, Perú. 510p.
- ALVEAR, M., REYES, F., MORALES, A., ARRIAGADA, C., REYES, M. 2007. Actividad biológica y agregados estables al agua para dos tipos de formaciones vegetales de un bosque templado del centro – Sur de con perturbación antrópica. Ecología.
- ARZUAGA, S., LOPEZ, DALURZO, C., VAQUEZ, S., 2005. Fosforo total, fosforo orgánico y fosfastacidad, en entisoles, alfisoles y vertisoles de corrientes con diferentes usos agrícolas. Universidad nacional del nordeste. Cátedra de edafología. A - 066
- AUKI, M., SERENO, R., 2006., Grupo de Gestión ambiental de suelos y agua. Facultad de Ciencias Agropecuarias, U.N.C. Av. Valparaíso s/n, ciudad.

- BAUTISTA, C., ETCHEVERS, B., DEL CASTILLO, R., GUTIERREZ, C. 2004. La calidad de los suelos y sus indicadores [En línea]: (<http://www.aeet.org/ecosistema/>, 30 nov.2005)
- BUDD.J.W. A.M.BEETON, R.P. STUMPF.D.A.CULVER, AND.W.C.KERFOOT. 1992. In Presatellite observations of Microcystis blooms in western Lake Erie. International Association of Theoretical and Applied Limnology: Proceedings of the 27th Congress
- CALDERON, F., 1999. Metodologías para análisis químico del suelo. Labs. 6 junio. 1999.
- CLAUDIA, S. 2003. Evaluación de la actividad microbiológica de suelo. Rev.dfg.uchile. Universidad de Chile. Microbiología. 3 – 6.
- CHEN, Z. 2000. Relationship between heavy metal concentrations in soils of Taiwan and uptake by crops. [En línea]: (<http://www.fftc.agnet.org/>,12 feb. 2006.
- DELGADO, R., ESPAÑA, M., 1999. Evaluación de la biomasa microbiana por los métodos de fumigación – incubación y fumigación – extracción y su relación con la disponibilidad de nitrógeno en suelos de Venezuela. Instituto de Investigación en Recursos Agroecológicas. Apdo. 4846. Maracay 2101. Estado Aragua. Venezuela.
- DORAN, J., LINCOLN, N. 1999. Guía para la evaluación de la calidad del suelo.[En línea]: USDA, (<http://soils.usda.gov/sqi/informe>,22 nov. 2005).

- GUZMAN, G., GONZALES, M., SEVILLA, E., 2000. Introducción a la agroecológica como desarrollo rural sostenible. Ed. Aedos S.A. Ediciones mundi prensa. Madrid, España. 535p.
- HENRIQUEZ, M., PÉREZ, J., GASCÓ, J., RODRIGUEZ, O., 2005. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico en arena y caolín usando acetato de amonio, acetato de sodio y cloruro de amonio. Bioagro v. 17 n. 1. Barquisimeto ene. 2005.
- HÜNNEMEYER, A.J., DE CAMINO, R., MÜLLER, S.1997.Análisis del desarrollo sostenible en Centroamérica: indicadores para la agricultura y los recursos naturales .San José, Costa Rica .M Araya. p. 19-27
- ISMAEL, HERNANDEZ, I., MEDINA, E., LÓPEZ, H., 1993. Respiración edáfica y aportes de materia orgánica por las raíces y la hojarasca en un cultivo de caña de azúcar. Universidad Central de Venezuela. Instituto de Zoología Tropical. Apdo. 1041 – A. Caracas. Venezuela.
- KARLEN, L., MAUSBACH, M., DORAN, J., CLINE, F., HARRIS, E., 1997. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. Soil sci. Soc. Am. J. 61: 4 – 10.
- LOPEZ, A., RODRIGUEZ, F., 2002. Microzonificación del cultivo de myrciaria dubia hkb mc vaugh “Camú Camú” en suelos aluviales de la región Ucayali. Folia amazónica vol. 13 (1 – 2) – 2002.
- LUGO, M., ZINDER, V., 1999. Consideraciones básicas sobre la relación suelo – agua – planta. Manejo de riego por goteo. Universidad de puerto rico. Mayagüez, Puerto Rico 00681 – 5984.

- MARINEZ, E., 2003. Reacción del suelo (pH). Rev. Batuco. Universidad de Chile. 1 – 34.
- MOSCATELLI, G., SOBRAL, R., NAKAMA, V, V., 2005. Nueva tendencia para conocer el estado de los suelos. [En línea]: (<http://www.inta.gov.ar/>,Articulo, 07 Dic. 2005).
- NATIONAL RESOURCE CONSERVATION SOIL (NRCS) 2004. What is soil quality. [En línea]: USDA (<http://soils.usda.gov/sqi/> soil quality documento,15 Ene.. 2006).
- PORTA, M., LÓPEZ, A., ROQUERO, C., 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 2ed. Ediciones Mundi Pren. Bilbao, España. 622 p.
- ROLDAN, M., VENIALGO, C., GUTIERREZ, N., 2004. Potasio disponible de reserva y energía de re emplazamiento en suelos y el nivel foliar en rye grass. Universidad Nacional del nordeste. Cátedra de conservación y manejo del suelo. Argentina. A – 072.
- SANDOVAL, J., POCASANGRE, L., ROSALES, F. DELGADO, E. 2006. Importancia de los indicadores físico químicos en la calidad del suelo para la producción sustentable del banano en Costa Rica. Rev. Costa Rica. Edafología.
- SILVA, A., 2000. La materia orgánica del suelo. Notas. Técnicas N° 16. Facultad de Agronomía. Uruguay. 1992. 16 p.



- SINGER, M.J. y EWING, S. 2000. Soil Quality. En Handbook of Soil Science. Chapter 11 (ed. Sumner, M. E.), 271-298, CRC Press, Boca Raton, Florida.
- VANDERLINDEN, C., 2003. Evaluación de la capacidad de retención de agua de los suelos de Andalucía mediante el análisis del balance medio anual del agua. Universitaria, CC 509 (5000), Córdoba, Argentina.
- VAZQUES, P. 2005. Revisión bibliográfica y puesta a punto de métodos de valoración de la actividad biológica del suelo.
- VILLOTA, H., 1991. Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y zonificación Física de las Tierras. IGAC – Bogotá. 212 p.

ANEXO

## **Anexo 1. Indicadores físicos, químicos y biológicos**

### **a. Indicadores físicos**

- **Textura del suelo.** Se tomó 50 g de suelo seco tamizado y se llevó a un vaso dispersante; en la cual se agregó 15 mL de dispersante de ( $\text{NaPO}_3$ ) al 10% y agua destilada los  $\frac{3}{4}$  del vaso, luego se colocó a un dispersante eléctrico de 200 rpm para ser agitado por un tiempo de 15 minutos. Se llevó a una probeta de sedimentación a 1000 mL. Se le dio una breve agitación y se tomó la lectura con el hidrómetro de Bouyoucos y temperatura a los segundos; luego se repitió la lectura de densidad y temperatura a las 2 horas.

- **Estructura.** Para la identificación del tipo de estructura, se realizó una calicata de 0.8 x 1.00 x 1.20 m de profundidad; en la cual se determinó el tipo de estructura, tamaño y grado de los agregados o peds a través de la observación directa en cada uno de los horizontes en toda la profundidad del mismo, los resultados fueron anotados en la cartilla de clasificación de suelo.

- **Estabilidad de agregados.** Para la determinación de la estabilidad de los agregados se recolectó una muestra de suelo en campo de aproximadamente de 300 g, se secó al aire libre. Posteriormente se tamizó 100 g del suelo en un tamiz de 2 mm tratando de hacer pasar todo el suelo por el tamiz, luego se pasó por el tamiz de 0.25 mm luego se procedió a humedecer en una tela de 0.6 x 0.6 m se le puso en una mesa plana, luego se llenó un recipiente con agua destilada en ello se introdujo el tamiz con la muestra de suelo con unas 30 oscilaciones de remojo por un minuto, por un periodo de 3

minutos; luego se secó la muestra empleando la intensidad mínima en un secador; se dejó enfriar la muestra por 5 minutos, luego se pesó el tamiz que contenía el agregado y se registró en la hoja de campo. Luego se sumergió el tamiz con la muestra en una solución de calgon (RDTA) por 5 minutos moviendo solo la arena en el tamiz hacia arriba y abajo, quedando únicamente solo la arena en el tamiz: esto fue lavado con agua destilada y luego se sometió al secador, una vez seco toda la arena, se pesó el tamiz con la arena y los valores fueron ingresados a la hoja de trabajo para reemplazarlo en la siguiente formula:

$$\text{Agregados estables} = \frac{\text{Peso de agregado seco} - \text{arena}}{\text{Peso de suelo seco} - \text{Arena}} \times 100$$

- **Densidad aparente.** Para llevar a cabo la determinación de la de la densidad aparente, se cogió un cilindro de 3" de diámetro el cual se introdujo en la parte superficial del suelo cubriendo por completo esta muestra se trasladó al laboratorio y se pesó en húmedo y luego fue sometido a la estufa por 24 horas a 105 °C posteriormente se pesó en seco y los datos tanto de peso húmedo y seco y volumen del cilindro fueron ingresados en la siguiente formula:

$$\text{densidad aparente del suelo} \frac{g}{cm^3} = \frac{\text{peso del suelo secado en el horno}}{\text{volumen del suelo}}$$

- **Profundidad efectiva.** Se realizó una calicata para la determinación de estructura, se hizo una medición con wincha en todo el perfil del suelo y luego se determinó en el perfil la profundidad hasta donde se desarrollaron las raíces.

- **Capacidad de retención de agua.** Se pesó en 20 g de suelo seco tamizado y se llevó a un embudo con papel filtro; en el cual se agregó 50 mL de agua destilada, con la finalidad de saturar la muestra de suelo; el exceso de agua que pasó a través del suelo se recogió en una probeta graduada, cuyo valor fue reemplazado en la fórmula de máxima retención de agua.

- **Temperatura del suelo.** Se determinó a través de un termómetro introduciendo en forma horizontal a 12 cm de la superficie del suelo.

- **Resistencia a la penetración.** Se realizó con el penetrómetro introduciendo la varilla metálica en forma vertical a una profundidad de 3 cm desde la superficie del suelo.

#### **b. Indicadores químicos.**

- **Materia orgánica.** Se pesó dos muestras de suelo 2 g cada uno en dos crisoles se registró el peso y se introdujo en la mufla a 600 °C por 2 horas terminada la calcinación se trasladó los crisoles al desecador para ser pesados y registrados nuevamente.

Cálculos:

$$\text{Materia orgánica} = \frac{A - B \times 100}{A}$$

Donde:

A = peso de la muestra.

B = peso de la muestra calcinada a 600 °C

- **Reacción del suelo.** Se pesó 30 g de suelo en pasta saturada y se le agregó 60 mL de agua destilada luego se agitó con una varilla de vidrio durante una hora y luego se realizó la lectura directa con el peachímetro.

- **Nitrógeno total.** Se pesó 5 g de suelo en un matraz de Kjeldahl, y se arrastró la muestra con 20 mL de agua destilada se añadió 20 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 2 pastillas de catalizador Kjeldahl y unas bolitas de vidrio (para evitar que la ebullición sea violenta), luego se calculó hasta que la disolución quede de un color blanco, luego se hizo la destilación con unas gotas de fenolftaleína y se agregó solución concentrada de NaOH hasta que el contenido del matraz tomó el color rosa persistente, es decir, hasta que se neutralice, con cuidado de que no haya pérdida de amonio por evaporación. Se procedió a destilar, recogiendo los gases desprendido, sobre un erlemeyer de 500 mL se realizó una dilución que fue valorado por retroceso la disolución obtenida, con NaOH 0,1N exactamente valorada, hasta el viraje del indicador de violeta a verde, anotando los mL gastado (V).

**Cálculo:**

$$\% \text{ N}_2 \text{ total} = (V'' - V) \times 0.028$$

V = mL de NaOH gastado por la muestra.

V'' = mL de NaOH gastados por el blanco.

- **Fosforo disponible.** Se tomó como patrón de 120 ppm de fosforo (P) se diluyó 6 mL de la solución anterior a 50 mL usando CO<sub>2</sub>HNa, a 0.5 N. patrón de 120 ppm de fosforo (P) se diluyó la solución anterior 10 veces usando CO<sub>3</sub>HNa. Los patrones contenian 0.15, 0.30, 0.45, 0.60, ppm de fosforo (P) luego tomaremos 5 mL de filtrado colocando en un erlemeyer de 50 mL se añadió 15 mL de reactivo (Molibdato antimónico). Se agitó para expulsar el CO<sub>2</sub> y se realizó la lectura al cabo de 15 minutos en el espectrofotómetro de absorción atómica obteniéndose los resultados en ppm.

- **Potasio disponible.** Se pesó 5 g de suelo y se agregó 25 mL de ácido sulfúrico 6 N se agitó por 15 minutos y luego se procedió a filtrar. De este filtrado se hizo diluciones en tubo de ensayo 1/10, 1/100, 1/1000, y se realizó la lectura en el espectrofotómetro adsorción atómica.

- **Capacidad de intercambio catiónico.** Se tomó 5 g de suelo se agregó 100 mL de acetato de sodio 1N se agitó durante una hora y se filtró en (papel Whatman N°42 ) el residuo se lavó 5 veces con etanol se dejó secar durante 24 horas una vez seco se agregó 100 mL de acetato de amonio 1 N y neutro se agitó durante una hora y se procedió a filtrar en (papel de filtro Whatman N° 42) del filtrado se tomó 1 mL más 8.8 mL de acetato de amonio y 0.2 mL de óxido de lantano al 5% se procedió hacer la lectura de los cationes Ca, K y Na en espectro fotómetro de absorción atómica.

**Cálculo:**

$$\text{CIC} = (\text{Ca} + \text{K} + \text{Mg} + \text{Na}) \text{ meq} / 100 \text{ g de suelo.}$$

**c. Indicadores biológicos.**

- **Biomasa microbiana.** Se cogió una bandeja de tierra a una profundidad de 10 cm, luego fue secado al aire libre y después se tamizó en una malla de 2 mm y homogenizado.

- **Tamizado.** Para la realización este método se pesó muestras de suelo de 50 g en este caso, tres de ellas se utilizaron para el proceso de fumigación, mientras que las otras tres nos sirvieron de controles y se colocaron en el papel filtro en las cuales se humedeció al 45% de su máxima capacidad de retención.

- **Números de lombrices.** Método directo, según la metodología descrita por DORAN y LINCONL, (1999); MOSCATELLI *et al.*, (2000); ACEVEDO *et al.*, (2005). Se realizó una excavación de 30 cm x 30 cm de profundidad con una pala recta, en el cual se examinó la cantidad de lombrices; se realizó el conteo total de las lombrices encontradas en la muestra de suelo, cuyo valor se registró en la hoja de trabajo.



## Anexo 2. Panel fotográfico



Figura 17. Reunión con los pobladores del centro poblado San Antonio.



Figura 18. Sistemas de uso del suelo maíz en el centro poblado San Antonio.





Figura 19. Sistemas de uso del suelo purma en el centro poblado San Antonio.



Figura 20. Sistemas de uso del suelo cítricos en el centro poblado San Antonio.





Figura 21. Sistemas de uso del suelo pastos en el centro poblado San Antonio.



Figura 22. Vista panorámica de uso del suelo en el centro poblado San Antonio.