

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**CALIDAD DE LOS SUELOS EN VEGETACIÓN DE DIFERENTES
EIDADES EN LA LOCALIDAD CARACOL - DISTRITO
CHINCHAO- HUÁNUCO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN RECURSOS
NATURALES RENOVABLES MENCIÓN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y
AGUA**

PRESENTADO POR:

PALOMINO BARTOLOMÉ, TATIANA MALÚ

TINGO MARÍA – PERÚ

2015

SOIL QUALITY IN VEGETATION OF DIFFERENT AGES

VIII. ABSTRACT

The present research was conducted between June and December 2014, in the Caracol town, politically located in the department and province of Huanuco, district Chinchao, at an altitude ranging from 1480 to 1835 m. The objective of the research was to evaluate the soil quality vegetation of different ages to which randomly selected six strata based on the different successional stages and in relation to soil characteristics, achieving to identifying the age of each vegetation (<1 year, 3 years , 5 years, 10 years, 20 years ,> 30 years), classifying it according to the dominant species of each layer of vegetation. In evaluating the analysis of physical, chemical and biological indicators were done.

In the physical indicators identified: Texture, structure, water holding capacity, resistance to penetration, infiltration, apparent density, soil temperature and effective depth; finding statistical difference in the vegetation of different ages, using DGC test 5% significance level. In chemical indicators identified: total nitrogen, available phosphorus, available potassium, soil reaction, organic material and cation exchange capacity; according DGC test at 5% significance level in the vegetation of different ages, no statistical difference was found in available potassium and soil organic matter. In biological indicators identified: the number of earthworms, microbial numbering, microbial biomass and soil respiration. For which there was

only statistically significant with the DGC 5% test, in the number of earthworms and microbial respiration.

The soil quality vegetation of different ages are determined according to their physical, chemical and biological indicators. Soil vegetation < 1 and 3 years has positive effects based on pH, organic matter and temperature; in 5 years has effects based on the water holding capacity, temperature, total nitrogen and organic matter; in 10 years has effects in terms of temperature, available phosphorus, pH, organic matter and number of earthworms; in 20 years has positive effects based on the water holding capacity, effective depth, temperature, total nitrogen, available phosphorus, pH and organic matter; and vegetation > 30 years has positive effects based on its bulk density, effective depth, total nitrogen, available phosphorus and soil respiration.

DEDICATORIA

A Dios por ser el creador todopoderoso; por darme vida, salud y mi existencia en este planeta y haberme puesto en este camino, lleno de metas y superación

A la memoria de mi padre, Luis Palomino Retis, por su amor grande, e inspiración para mi superación y fuerza de cada día.

A mi madre, Tomasa Bartolomé Pérez, por su gran amor inmenso, sabios consejos, y su apoyo invaluable que nunca me hizo faltar en cada etapa de mi vida y sobre todo para el logro de mi carrera profesional; por eso nunca será suficiente para completar las palabras de agradecimiento hacia ti ; es por eso mil gracias.

A mis hermanos, José, Julio, Miguel y Ericka; por su gran amor y apoyo moral e incondicional.

AGRADECIMIENTO

- A mis padres (Luis P., Tomasa B.), a mis hermanos, mis tíos y tías, y demás familiares; por su amor fraternal, apoyo moral y económico.
- A Jorge Sánchez Carballido, por ser mi compañero, amigo y enamorado, gracias por tus oportunas opiniones, por estar a mi lado todo este año.
- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por haberme forjado como profesional.
- A todos mis profesores de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, quienes contribuyeron en mi formación académica.
- Al Proyecto de Investigación Aplicada con financiamiento del canon, sobrecanon y regalías mineras “Modelo de sucesión ecológica en los bosques fragmentados de la cordillera Carpish, Huánuco-Perú” (Resolución N° 127-2014-R-UNAS) por el apoyo en la ejecución del proyecto de tesis
- Al Ing. Lévano Crisóstomo José y al Blgo. M.Sc. Chuquilín Bustamante, Edilberto, por su orientación profesional, durante el trabajo de campo y de gabinete, así como también, durante la redacción de la tesis, y un ejemplo de profesionales a seguir.

- Al Ing. Sias Rodríguez, Richard, por brindarme su apoyo y sugerencias en el análisis microbiológico del suelo.
- Al Ing. M.Sc. Robles Rodríguez, Rafael, por brindarme su apoyo y sugerencias en la redacción de la tesis.
- A los miembros del jurado calificador de la tesis: Ing. Obregón Peña Roberto, Ing. Ruiz Castre Sandro, Ing. Bustamante Scaglioni Erle, por sus oportunas sugerencias.
- Al señor Arturo Berrospi Piñan y a la señora Nely Viuda de Malatesta por su apoyo incondicional en la estadía durante el desarrollo del proyecto y por permitir llevar a cabo la ejecución del proyecto en sus terrenos.
- Al señor Pablo Morales por su apoyo incondicional y por permitir llevar a cabo la ejecución del proyecto en sus terrenos.
- Al señor Gelacio Jáuregui por su apoyo en los trabajos de campo durante la ejecución del proyecto.
- A mis amigas (Leslie Castillejos, Duany Dávila, Kelly Vargas) por su gran apoyo en el desarrollo y ejecución de la tesis.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, se realizó entre los meses de junio a diciembre del año 2014, en la localidad Caracol, ubicado políticamente en el departamento de Huánuco, provincia de Huánuco, distrito de Chinchao, a una altitud comprendida desde 1480 a 1835 msnm. El objetivo de la investigación fue evaluar la calidad de los suelos en la vegetación de diferentes edades para lo cual se seleccionaron al azar seis estratos en base a los diferentes estados sucesionales y en relación a las características de suelo, logrando identificar las edades de cada vegetación (<1 año, 3 años, 5 años, 10 años, 20 años, >30 años), clasificándolo de acuerdo a las especies dominantes de cada estrato de vegetación. En la evaluación se realizó el análisis de los indicadores físicos, químicos y biológicos.

En los indicadores físicos se determinaron: Textura, estructura, capacidad de retención de agua, resistencia a la penetración, infiltración, densidad aparente, temperatura y profundidad efectiva; encontrándose diferencia estadística en la vegetación de diferentes edades, empleando la prueba de DGC al 5% del nivel de significancia. En los indicadores químicos se determinaron: Nitrógeno total, fosforo disponible, potasio disponible, reacción del suelo, materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico; según la prueba de DGC al 5% de nivel de significancia en la vegetación de diferentes edades no se encontró diferencia estadística en el potasio disponible y materia orgánica del suelo. En los indicadores biológicos se determinaron: El número de lombrices, numeración microbiana, biomasa microbiana y respiración edáfica. Para lo cual sólo hubo significancia

estadística con la prueba de DGC al 5%, en el número de lombrices y respiración microbiana.

La calidad de los suelos en vegetación de diferentes edades se determinó de acuerdo a sus indicadores físicos, químicos y biológicos. Los suelos de la vegetación <1 y 3 años tiene efectos positivos en base al pH, materia orgánica y temperatura; la de 5 años tiene efectos en base a la capacidad de retención de agua, temperatura, nitrógeno total y materia orgánica; la de 10 años tiene efectos en cuanto a la temperatura, fósforo disponible, pH, materia orgánica y número de lombrices; la de 20 años tiene efectos positivos en base a la capacidad de retención de agua, profundidad efectiva, temperatura, nitrógeno total, fósforo disponible, pH y materia orgánica; y la vegetación >30 años tiene efectos positivos en base a su densidad aparente, profundidad efectiva, nitrógeno total, fósforo disponible y respiración edáfica.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. El suelo	4
2.2. Calidad de suelo.....	5
2.3. Indicadores de calidad de suelo	6
2.3.1. Indicadores físicos	8
2.3.2. Indicadores químicos	11
2.3.3. Indicadores biológicos.....	14
2.4. Efectos de la calidad de suelos en vegetación de diferentes edades	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1. Zona de estudio.....	18
3.1.1. Ubicación de la zona de estudio	18
3.1.2. Descripción de la zona de estudio.....	18
3.1.3. Accesibilidad	20
3.2. Materiales y equipos.....	20
3.2.1. Materiales de campo.....	20
3.2.2. Materiales de laboratorio.....	20
3.2.3. Equipos de campo	20
3.2.4. Equipos de laboratorio	21
3.2.5. Reactivos	21
3.3. Metodología.....	21
3.3.1. Selección y ubicación de la vegetación de diferentes edades	21
3.3.2. Disposición experimental	23
3.3.3. Determinación de los indicadores físicos del suelo	25

3.3.4.	Determinación de Indicadores químicos del suelo	28
3.3.5.	Determinación de los Indicadores biológicos del suelo	28
3.3.6.	Análisis de datos	32
IV.	RESULTADOS	34
4.1.	Indicadores físicos del suelo	34
4.1.1.	Textura y estructura del suelo	34
4.1.2.	Capacidad máxima de retención de agua, resistencia a la penetración e infiltración del suelo.	35
4.1.3.	Densidad aparente, temperatura y profundidad efectiva del suelo	39
4.2.	Indicadores químicos del suelo	43
4.2.1.	Nitrógeno total, fósforo disponible y potasio disponible	43
4.2.2.	Reacción de suelo, materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico	46
4.3.	Indicadores biológicos del suelo	50
4.3.1.	Número de lombrices, Numeración microbiana	50
4.3.2.	Biomasa microbiana y respiración edáfica	54
4.4.	Calidad de los suelos en vegetación de diferentes edades	57
V.	DISCUSIÓN	60
VI.	CONCLUSIONES	72
VII.	RECOMENDACIONES	74
VIII.	ABSTRACT	75
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
X.	ANEXO	83

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
1. Ubicación geográfica de la zona de estudio.	18
2. Características de la vegetación en diferentes edades.	22
3. Indicadores físicos, químicos y biológicos de calidad de suelo.	24
4. Textura y estructura de suelo en cada edad de vegetación.....	34
5. Resumen del análisis de varianza del contenido de humedad, resistencia a la penetración y la infiltración del suelo entre las edades de vegetación.	35
6. Pruebas de medias del contenido de humedad, resistencia a la penetración y la infiltración del suelo entre las edades de vegetación.	36
7. Resumen de análisis de varianza de la densidad aparente, temperatura y profundidad efectiva del suelo entre las edades de vegetación.	39
8. Pruebas de medias de la densidad aparente, temperatura y profundidad efectiva del suelo entre las edades de vegetación.	40
9. Resumen del análisis de varianza del nitrógeno, fósforo y potasio del suelo entre las edades de vegetación.	43
10. Pruebas de medias del nitrógeno, fósforo y potasio del suelo entre las diferentes edades de vegetación.	44
11. Resumen del análisis de varianza de la reacción del suelo, materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico del suelo entre las edades de vegetación	47

12.	Pruebas de medias de la reacción del suelo, materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico del suelo entre las diferentes edades de vegetación.	48
13.	Resumen del análisis de varianza del número de lombrices y numeración microbiana del suelo entre las diferentes edades de vegetación.	51
14.	Pruebas de medias del número de lombrices y numeración microbiana del suelo entre las diferentes edades de vegetación.	52
15.	Resumen del análisis de varianza de la biomasa y respiración microbiana del suelo entre las diferentes edades de vegetación.	54
16.	Pruebas de medias de la biomasa microbiana y respiración microbiana del suelo entre las edades de vegetación.	55
17.	Valores y porcentajes relativos de los indicadores para obtener un índice de calidad de suelo en vegetación de diferentes edades.	57
18.	Datos de la capacidad de retención de agua, resistencia a la penetración, infiltración, densidad aparente, temperatura y profundidad del suelo.	84
19.	Datos de la textura del suelo (arena%, limo%, arcilla%).	85
20.	Datos de la reacción del suelo, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo disponible y potasio disponible.	86
21.	Datos de la capacidad de intercambio catiónico del suelo.	87
22.	Datos de las propiedades biológicas del suelo.	88

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Selección y ubicación de las diferentes edades de vegetación	23
2. Promedio del contenido de humedad de suelo en vegetación de diferentes edades.	37
3. Promedio de la resistencia a la penetración del suelo en vegetación de diferentes edades.	38
4. Promedio de la infiltración del suelo en vegetación de diferentes edades.	38
5. Promedio de la densidad aparente del suelo en vegetación de diferentes edades.	41
6. Promedio de la temperatura del suelo en vegetación de diferentes edades.	42
7. Promedio de la profundidad efectiva del suelo en vegetación de diferentes edades.	42
8. Promedio Nitrógeno total del suelo en vegetación de diferentes edades.	45
9. Promedio del fósforo disponible suelo en vegetación de diferentes edades.	45
10. Promedio del potasio disponible del suelo en vegetación de diferentes edades.	46
11. Promedio de la reacción del suelo en vegetación de diferentes edades.	49
12. Promedio de la materia orgánica del suelo en vegetación de diferentes edades.	49
13. Promedio de la capacidad de intercambio catiónico del suelo en vegetación de diferentes edades.	50
14. Promedio del número de lombrices del suelo en vegetación de diferentes edades.	53
15. Promedio de la numeración microbiana del suelo en vegetación de diferentes edades.	54

16.	Promedio de la biomasa microbiana del suelo en vegetación de diferentes edades.....	56
17.	Promedio de la respiración del suelo en vegetación de diferentes edades.....	57
18.	Porcentaje relativos de las seis unidades de vegetación y el sistema referencia a calidad de suelo.....	59
19.	Coordinando con la autoridad y encargado de las áreas en estudio.....	89
20.	Realizando el muestreo de suelo para el respectivo análisis.....	89
21.	Realizando el peso la muestra húmeda en el campo, para determinar la Da. del suelo.....	90
22.	Monitoreando la temperatura del suelo.....	90
23.	Realizando la infiltración del suelo.....	91
24.	Realizando la calita del suelo.....	91
25.	Realizando el conteo de lombrices del suelo.....	92
26.	Realizando pruebas de capacidad máxima de retención de agua del suelo.....	92
27.	Determinando la respiración edáfica.....	93
28.	Realizando ensayos de la biomasa microbiana del suelo.....	93

I. INTRODUCCIÓN

El cambio de cobertura y uso del suelo en el Perú es un problema que se ha presentado desde tiempos precolombinos (MALLEUX, 1975; INRENA, 1995b), y en las últimas cuatro décadas este proceso se ha incrementado significativamente. Tal es así que, la región Huánuco no escapa de este impacto y más aún, los bosques de la cordillera Carpish-localidad Caracol, en donde se presentan procesos de cambio de uso del suelo muy rápidos y existe poca información detallada sobre estos procesos. Las causas de la reducción y fragmentación de los bosques de Carpish son numerosas y distintas, en naturaleza, magnitud, historia y tendencias. Entre estas causas están la deforestación y el cambio de uso del suelo, que en el futuro sólo quedarán remanentes de bosques de poca accesibilidad en una matriz agropecuaria.

A pesar de la importancia para la vida, el suelo no ha recibido de la sociedad la atención que se merece. Su degradación de la cobertura vegetal y del suelo es una grave amenaza para el futuro de la humanidad y que conlleva a un desequilibrio ecológico de consecuencias tal vez irreversibles como la pérdida y fragmentación de hábitat, erosión del suelo, desertificación, pérdida de especies de flora y fauna silvestre, cambios en los regímenes de lluvias, variaciones de temperaturas del suelo y del aire, modificaciones de la humedad, etc., y en el cual se vería afectado la

sostenibilidad de la agricultura de las zonas adyacentes (BAUTISTA *et al.*, 2004).

En la localidad de Caracol, la problemática de la calidad del suelo es debido a los cambios de uso y a las malas prácticas agropecuarias ocasionando diferentes niveles de degradación del suelo que afectan a las condiciones óptimas de sus características físicas, químicas y biológicas, las que influyen en el crecimiento y desarrollo de la vegetación; por lo cual, se determinaron las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo para su sostenibilidad de dichos estándares en el tiempo, ya que los cambios de uso del suelo afectan al menos en algunos indicadores de la calidad del suelo. El desarrollo de la investigación en tiempo futuro va a motivar a fortalecer el conocimiento sobre proteger, conservar y manejar adecuadamente el recurso suelo.

1.1. Objetivos

1.1.1. General

- Evaluar la calidad de los suelos en vegetación de diferentes edades en la localidad Caracol- Distrito Chinchao.

1.1.2. Específicos

- Determinar los indicadores físicos (textura, estructura, capacidad de retención de agua, resistencia a la penetración, infiltración, densidad aparente, temperatura y profundidad efectiva), de los suelos en vegetación de diferentes edades.

- Determinar los indicadores químicos (nitrógeno total, fósforo disponible, potasio disponible, reacción del suelo, materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico), de los suelos en vegetación de diferentes edades.
- Determinar los indicadores biológicos (número de lombrices, numeración microbiana, biomasa microbiana y respiración edáfica), de los suelos en vegetación de diferentes edades.
- Relacionar los efectos de la vegetación de diferentes edades con los indicadores de calidad del suelo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El suelo

LARSON Y PIERCE (1991) manifiesta que al desarrollar este concepto, se ha considerado que el suelo es el substrato básico para las plantas; capta, retiene y emite agua; y es un filtro ambiental efectivo. En consecuencia, este concepto refleja la capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites del ecosistema del cual forma parte y con el que interactúa (PARR *et al.*, 1992).

Los suelos son cuerpos naturales, dinámicos, vivos que desempeñan múltiples funciones. Son un componente crítico de la biosfera y son la base de todos los ecosistemas terrestres por lo que hacen posible la vida en el planeta (BAUTISTA *et al.*, 2004).

BUOL (1995) considera que el suelo es una cubierta delgada de la superficie terrestre, que puede llegar a medir desde unos pocos centímetros hasta varios metros de espesor, que en contraste con el material rocoso subyacente, posee horizontes, los cuales reflejan procesos característicos de su formación. Esta frágil cubierta superficial de la tierra, pero de compleja composición y estructura, está formada de partículas minerales (arcilla, limo y arenas), y orgánicas provenientes de organismos vivos, muertos y residuos de su interacción. Contiene en sus poros gases y

soluciones, y constituye una interface que permite intercambios entre la litosfera, la biosfera y la atmosfera.

FAO (1997) menciona que el suelo es un recurso natural renovable, mas no a la escala de tiempo humano, porque su recuperación es difícil, costosa y de largo plazo. Su formación proviene de la interacción de distintos factores como clima, relieve, material parental y organismo vivos sobre lo que actúan procesos tales como adiciones, perdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia, que le imprimen rasgos característicos.

2.2. Calidad de suelo

El término “calidad del suelo” se originó en USA en la década de 1990, apareció por primera vez en el informe “Calidad del suelo y Agua: Una Agenda para la Agricultura” del National Research Council Committee – NRCC (ACEVEDO *et al.*, 2005). Asimismo, la calidad del suelo es definida como “la capacidad funcional de un tipo específico de suelo, para sustentar la productividad animal o vegetal (KARLEN *et al.*, 1997). La calidad del suelo incluye los conceptos de capacidad productiva del suelo y la protección ambiental.

Para el NRCC (2004), citado por (ACEVEDO *et al.*, 2005), la protección de la calidad del suelo constituye una meta básica de la política medioambiental; estableciendo cuatro estrategias para prevenir la degradación del suelo y la contaminación de las aguas:

- a) Conservar y mejorar la calidad del suelo como primera medida para mejorar el medioambiente.
- b) Hacer un uso eficiente de los pesticidas, del riego y de los fertilizantes en los sistemas agrícolas.
- c) Aumentar la resistencia de los sistemas agrícolas a la erosión y escurrimiento superficial.
- d) Hacer un mejor uso de los campos y de las zonas de protección del paisaje

Para BUDD (1992), es el número de individuos que se pueden mantener en un área dada. En cambio, para BUOL (1995), es el uso del suelo que se debe de basar en la capacidad de éste para proporcionar elementos esenciales, pues éstos son finitos y limitan, por ende, la productividad.

Romig *et al.* (1995), citado por BAUTISTA *et al.* (2004), lo constituye como la salud del suelo, ya que es el estado las propiedades dinámicas del suelo como contenido de materia orgánica, diversidad de organismos, o productos microbianos en un tiempo particular.

2.3. Indicadores de calidad de suelo

La calidad del suelo se puede evaluar empleando indicadores que reflejen los cambios de capacidad del suelo y en su función (Dalurzo *et al.*, 2002 citado por ACEVEDO *et al.*, 2005). Los indicadores dependen del ecosistema considerado, debiendo determinarse características que sirvan como indicadores de su sustentabilidad.

Los indicadores directos comúnmente utilizados corresponden a las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. La capacidad productiva del suelo puede ser evaluada indirectamente con el rendimiento del sistema agrícola, forestal y ganadero. NRCS (2004) recomienda que los indicadores de calidad del suelo deban cumplir con las siguientes condiciones.

- a) Ser fáciles de medir.
- b) Medir los cambios en las funciones del suelo.
- c) Abarcar las propiedades físicas, químicas y biológicas
- d) Ser accesibles a los evaluadores de campo y aplicables en condiciones de campo.
- e) Ser sensibles a las variaciones climáticas y de manejo.

Hünнемeyer (1997); citado por ACEVEDO *et al.* (2005), los indicadores de 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 sustentable.

MOSCATELLI *et al.* (2005) consideran como indicadores de calidad de suelo a la profundidad del horizonte superficial, contenido de materia orgánica, acidez, contenido de fósforo asimilable, respiración microbiana, densidad aparente, resistencia a la penetración y tasa de

infiltración. Los indicadores pueden ser variables cualitativas (afloramiento del subsuelo, aparición de canalículos de erosión, aparición de encharcamiento, etc.) y variables cuantitativas (tasa de infiltración, capacidad de intercambio catiónico, pH, cantidad de nematodos).

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.

2.3.1. 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. 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, 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 (LUGO y ZINDER, 1999).

Brejada y Moorman (2001), citado por ACEVEDO *et al.* (2005) considera que la textura del suelo se relaciona con la porosidad, infiltración y disponibilidad de agua; la densidad aparente, está relacionada 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.

GARRIDO (1993), la capacidad de retención de agua se define como cantidad de agua que puede retener un suelo en un ritmo adecuado y así permitir el crecimiento normal en las plantas, también se conoce como la capacidad de campo y el resultado se da en porcentaje. Además esta medida es muy útil para calcular la dosis de riego de los cultivos, y en general, da una idea muy real de las características hídricas del suelo en su capacidad total de retención de agua para ellos se presentan nivel de muy baja (< 7%), nivel baja (7% a 12%), nivel media baja (12% a 20%), nivel media (20% a 30%), nivel elevada (>30%).

Bradford (1986); citado por la USDA (1999) indica que la resistencia a la penetración es una medida de facilidad con la cual un objeto puede ser empujado dentro del suelo es empleada para determinar, zonas de compactación, u horizontes densos. La compactación, que produce una severa restricción del crecimiento de las raíces, es causada primordialmente por el pisoteo de los animales, uso de los equipos para granja y para

laboreo, y tráfico vehicular. El tipo de sistema radicular es la otra condicionante del grado de penetración de las raíces. Para el ICT (2004) toma valores $< 1 \text{ kg/cm}^2$ como suelos muy suaves, de 1 a 2 kg/cm^2 suelos suaves, de 2 a 3 kg/cm^2 suelos duros, de 3 a 4 kg/cm^2 suelos muy duros y $>4 \text{ kg/cm}^2$ suelos extremadamente duros.

AOKI y SERENO (2006) se denomina 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 tiene menor velocidad de infiltración, usualmente los suelos arenosos presentan regímenes de infiltración veloces. Asimismo, USDA (1999) considera valores $< 0.004 \text{ cm/h}$ como una clase de infiltración impermeable, de 0.004 a 0.15 cm/h clase muy lenta de infiltración, de 0.15 a 0.51 cm/h infiltración lenta, de 0.51 a 1.52 cm/h infiltración moderadamente lenta, de 1.52 a 5.08 cm/h infiltración moderada, de 5.08 a 15.24 cm/h infiltración moderadamente rápida, de 15.24 a 50.80 cm/h infiltración rápida y $>50.80 \text{ cm/h}$ infiltración muy rápida.

MENDOZA (2011) manifiesta que la densidad aparente refleja el contenido total de porosidad en un suelo y es importante para el manejo de los suelos (refleja la compactación y facilidad de circulación de agua y aire), para el cual muestra la relación entre densidad aparente y el porcentaje de porosidad, por ejemplo ; 1 g/cm^3 es igual a 63%, 1.1 g/cm^3 a 59 %, 1.2 g/cm^3 a 56%, 1.3 g/cm^3 a 52%, 1.4 g/cm^3 a 48%, 1.5 g/cm^3 a 45%, 1.6 g/cm^3 a 41%, 1.7 g/cm^3 a 37%, 1.8 g/cm^3 a 33% y 1.9 g/cm^3 a 30 %.

SANDOVAL (2006) manifiesta 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. Según (USDA, 1999) la temperatura media anual del suelo no es una lectura simple, sino una serie de lecturas, las lecturas pueden fluctuar completamente de la media tanto como aquellas de la temperatura del aire, especialmente cuando no existe una cobertura protectora. Las fluctuaciones ocurren en ciclos diarios y anuales mientras que en los eventos climáticos lo hace algo irregular en ciertos lugares. Las fluctuaciones disminuyen con el incremento en la profundidad y al final último son amortiguadas en el substrato en una zona donde la temperatura es constante y es la misma que la temperatura media anual del suelo.

FAO (1997) indica que la profundidad efectiva de un suelo es el espacio en el que las raíces de las plantas comunes pueden penetrar sin mayores obstáculos, con vistas a conseguir el agua y los nutrientes indispensables. Para el cual MARTINEZ (2006) clasifica a la profundidad efectiva del suelo de acuerdo en los siguientes rangos; < 10 cm (extremadamente superficial), 10 – 25 cm (muy superficial), 25 – 50 cm (superficial), 50 - 100 cm (moderadamente profundos), 100 – 150 cm (profundos) y > 150 cm (muy profundos).

2.3.2. 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).

USDA (1999) menciona que la cantidad de nitrógeno en el suelo, en un momento dado, es una función de la velocidad a la cual los microorganismos descomponen la materia orgánica del suelo y esta velocidad va depender de la temperatura, humedad, aireación, tipo de residuos orgánicos, pH y otros factores. Asimismo, una vez formados, los nitratos del suelo están sujetos a lixiviación, fijación, desnitrificación y consumos por las plantas. Por esto es difícil de interpretar el contenido de nitrógeno (nitratos) en términos de cuanto y donde estará disponible para responder a los requerimientos de los cultivos. Asimismo BAZAN (1996) manifiesta los siguientes niveles de porcentaje de nitrógenos en el suelo; nivel bajo (< 0.1%), nivel medio (0.1%- 0.2%), nivel alto (>0.2%).

ARZUAGA *et al.* (2005), 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 transcendencia en la producción de cosechas. El fósforo 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. Por lo cual, BAZAN (1996) considera la clasisifcacion de valores menores de 5 ppm nivel muy bajo, 5.1- 15 ppm nivel bajo, 15.1- 30 ppm nivel normal, 30.1- 40 ppm nivel alto.

Terron (1995); citado por DE LOS ANGELES (2007), la cantidad de potasio disponible presente en el suelo es bastante variable a través del tiempo, esto se debe a que el potasio se encuentra sujeto constantemente a reacciones de hidrólisis, fijación y conversión a formas lentamente disponibles y aún a formas no disponibles. Factores como tipo de arcillas presentes, pH, temperatura y humedad del suelo, cantidad extraída por el cultivo, lixiviación etc. pueden hacer variar considerablemente la reserva de potasio disponible del suelo. Sin embargo BAZAN (1996) toma valores <300 K_2O kg/ha como nivel bajo, de $300 - 600$ K_2O kg/ha como nivel medio y >600 K_2O kg/ha como nivel alto.

USDA (1999) manifiesta los suelos que presentan pH que van de 5.7 y 6.1; los cuales se catalogan dentro del rango de moderadamente ácidos considerándolo normal para suelos forestales no húmedos y valores de 5.2 a 5.5 fuertemente ácido está asociado a la agregación de fertilizantes de amonio o lixiviación de sustancias que contienen azufre.

SILVA (2003) asume que la materia orgánica del suelo se considera 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. Además BAZAN (1996) considera el nivel de porcentaje de materia orgánica del suelo como; nivel

muy bajo (< 1%), nivel bajo o pobre (1% - 2 %), nivel medio (2% - 3%), nivel alto (3% -5%), nivel muy alto (>50 %).

CALDERON (1999), 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. Además, BAZAN (1996) manifiesta que los suelos menores de 4 meq/100g presentan un nivel bajo de capacidad de intercambio cationico, los rangos de 4-30 meq/100g como un nivel medio y mayores >30 meq/100g como nivel alto.

2.3.3. Indicadores biológicos

CHEN (2000) indica que 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. Además recomienda como indicadores biológicos el carbono y nitrógeno de la biomasa microbiana, el nitrógeno potencialmente mineralizado y la respiración edáfica.

IGLESIAS (2008), la biomasa microbiana constituye el componente vivo de la materia orgánica del suelo y representa la fracción lábil, y por lo tanto responde rápidamente al efecto de perturbación o recuperación del suelo. Asimismo, los microorganismos juegan un papel importante en el desarrollo y conservación del suelo. Las alteraciones en la

biomasa microbiana, como el descenso de la misma, parece estar determinado por propiedades de las comunidades microbianas, su tipología y actividad, así como por las condiciones climáticas a las que se ve sometido el suelo, más que a sus características edáficas.

Bandick y Dick (1999); citado por *ACEVEDO et al.* (2005) 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 ambientales.

USDA (1999) indica que las poblaciones de lombrices pueden variar con las características del sitio (disponibilidad de nutrientes y condiciones del suelo), y con la estación y las especies involucradas y el rango puede abarcar desde 10 lombrices por pie cuadrado de suelo (100 lombrices/m²); sin embargo no todas las áreas o suelos mantienen o poseen lombrices ya sea porque no fueron introducidas o porque las condiciones ambientales no son favorables. Las lombrices por lo general aumentan la actividad microbiana y la fertilidad química del suelo, y mejoran las características físicas del suelo.; el laboreo generalmente mata alrededor de 25% de la población de lombrices. La temperatura óptima oscila, para lombrices, entre 10° y 20°C; el rango superior, letal, es de 25°C a 35°C. Las lombrices usualmente están ausentes en suelo de pH menor de 3.5 y 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.

2.4. Efectos de la calidad de suelos en vegetación de diferentes edades

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).

DORAN y LINCONL (1999), 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. Además, 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.

Adams (1966); citado por FAO (2000), la cobertura del suelo tiene una acción protectora por la interceptación y absorción del impacto directo de la gota de lluvia, previniendo así el sellado de la superficie y

preservando la estructura del suelo inmediatamente por debajo de la misma. Asimismo la cobertura del suelo, con plantas en crecimiento, varía de especie a especie, en función de sus características fenológicas y vegetativas (ciclo, hábito de crecimiento, altura, velocidad de cobertura del suelo, estado de crecimiento) y de las prácticas culturales necesarias para su cultivo como la densidad poblacional, fertilización y enclavamiento.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Zona de estudio

3.1.1. Ubicación de la zona de estudio

El trabajo de investigación se llevó a cabo en la localidad Caracol, ubicado políticamente en el distrito Chinchao, provincia Huánuco del departamento Huánuco, geográficamente se encuentra ubicado a Latitud Sur : 09° 46' 15" y Longitud Oeste : 76° 05' 17".

Cuadro 1. Ubicación geográfica de la zona de estudio.

Vegetación (años)	Altitud (msnm)	Pendiente (%)	Coordenadas UTM (WES 84 zona 18 S)	
			Este (m)	Norte (m)
<1 año	1480	22	383314	8934463
3 años	1772	26	383520	8933721
5 años	1558	30	383369	8934114
10 años	1677	25	383555	8934157
20 años	1689	28	383677	8934134
>30 años	1835	17	384188	8933800

3.1.2. Descripción de la zona de estudio

De acuerdo a la clasificación ecológica de las zonas de vida HOLDRIDGE (INRENA, 1995), en la zona de estudio se presentan dos

zonas de vida, predominando el bosque pluvial – Montano Bajo Tropical (bp-MBT) sobre el bosque muy húmedo – Montano Bajo Tropical (bmh-MBT). Altitudinalmente se encuentra entre un rango de 1500 a 2000 msnm.

Según WALIS Perú S.A. (2010), la precipitación, humedad y temperatura promedio anual son 2348.0 mm, 88.7% y 14.4 °C, respectivamente, de acuerdo a los registros de la estación meteorológica de Carpish. La red hidrográfica en esta zona es dendrítica y sus tributarios son de recorrido corto con pendientes fuertes y la microcuenca de mayor extensión es la de Chinchao.

De acuerdo a la descripción en campo, la zona de estudio presenta dos unidades de vegetación: área con influencia antrópica y bosque montano. En el área con influencia antrópica existe vegetación con diferentes estadios sucesionales y suelo con diferentes niveles de degradación, circundantes a los centros poblados Caracol y Challana, y a las áreas de influencia de las carreteras de penetración dentro de la zona de estudio. Asimismo, la zona de estudio está influenciada por la carretera central. El bosque montano está circundado por el área de influencia antrópica y es la unidad que presenta menor extensión que se distribuye en parches, con árboles emergentes de 20 a 25 de altura, los cuales tienen gran cantidad de epífitas. El incremento de las áreas deforestadas en el bosque montano se relaciona directamente con la instalación de cultivos de granadilla, aguaymanto y rocoto, y pastizales para el pastoreo de ganado vacuno.

3.1.3. Accesibilidad

La vía de acceso principal a la zona de investigación fue a través de la carretera central que va de Tingo María a Huánuco, a 65 minutos de recorrido en vehículo motorizado.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales de campo

Mapa de ubicación de la zona de estudio, wincha, tarjetas de campo, balde plástico de 5 l, bolsa de plástico, etiquetas, papel de aluminio, cilindro de aluminio de 3" de diámetro, cilindro de plástico de 6" de diámetro, envases de vidrio de 100 ml, alambre de aluminio, botellas de plástico de 500 ml, probeta de 100 ml, martillo, bloque de madera, machete, pala recta.

3.2.2. Materiales de laboratorio

Probeta de 100 ml, tubos de ensayo, pipetas, placas petri, tamiz de 5.2 y 0.25 mm de diámetro, botellas de vidrio, bureta, agitador magnético, matraces de 200 ml, jeringas desechables, crisoles de 10 ml, tubos de centrífuga, 6 envases de plástico de 6000 g, 12 mangueras de látex, con silicona en frío y parafina.

3.2.3. Equipos de campo

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

3.2.4. Equipos de laboratorio

Balanza gramera, estufa, peachimetro, centrifuga.

3.2.5. Reactivos

Agua destilada, hidróxido de sodio 1 N (NaOH), cloroformo libre de etanol (CHCl₃), ácido clorhídrico 0.1 y 1 M (HCl), fenolftaleína al 0.1 %, etanol, agar Plate Count, agar Sabouraud, 90 ml de caldo BHI, compuesto antibacteriano (Ceftriaxona de 1 g), fluconazol de 150 mg, 90 ml de caldo manitol y glicerina

3.3. Metodología

3.3.1. Selección y ubicación de la vegetación de diferentes edades

En la zona de estudio se seleccionaron al azar seis estratos de vegetación en base a los diferentes estados sucesionales y en relación a las características de suelo (TERRADAS, 2001). Posteriormente se logró determinar cada estrato que correspondió a la vegetación menor de 1 año, de 3, 5, 10 y 20 años en el área de influencia antrópica, y de > 30 años en el bosque montano.

En cada punto de muestreo, paralelo a la pendiente, se delimitó con rafia una parcela modificada de Whittaker (STOHLGREN *et al.*, 2000) para cuantificar la riqueza, abundancia, frecuencia, diámetro a la altura del pecho (dap) y altura de las especies de plantas. La parcela midió 50 m x 20 m (1,000 m² o 0.1 ha) por cada estrato vegetativo. En cada parcela se tomaron muestras botánicas, las cuales fueron procesadas mediante

técnicas convencionales y enviadas a los herbarios de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Cuadro 2. Características de la vegetación en diferentes edades.

Unidad de vegetación	Edad de la vegetación	Tipos de vegetación	Especies dominantes
Área con influencia antrópica	<1 año	Herbácea	- <i>Melinis minutiflora</i> - <i>Scleria bracteata</i>
	3 años	Herbácea	- <i>Pteridium aquilinum</i> - <i>Melinis minutiflora</i>
	5 años	Herbácea	- <i>Andropogon lateralis</i> - <i>Imperata brasilensis</i>
	10 años	Arbustiva	- <i>Andropogon bicornis</i> - <i>Oreocallis grandiflora</i> - <i>Graffenrieda miconoides</i> - <i>Vernonia canescens</i>
	20 años	Arbórea o bosque secundario	- <i>Trema micrantha</i> - <i>Parsea caerulea</i> - <i>Heliocarpus americanus.</i> - <i>Psychotria stenostachya</i> - <i>Palicaurea guianensis</i>
	>30 años	Arbórea o bosque secundario	- <i>Miconia atrofusca.</i> - <i>Clusia alata.</i> - <i>Viburnum triphyllum</i> - <i>Vismia baccifera</i>
Bosque montano			

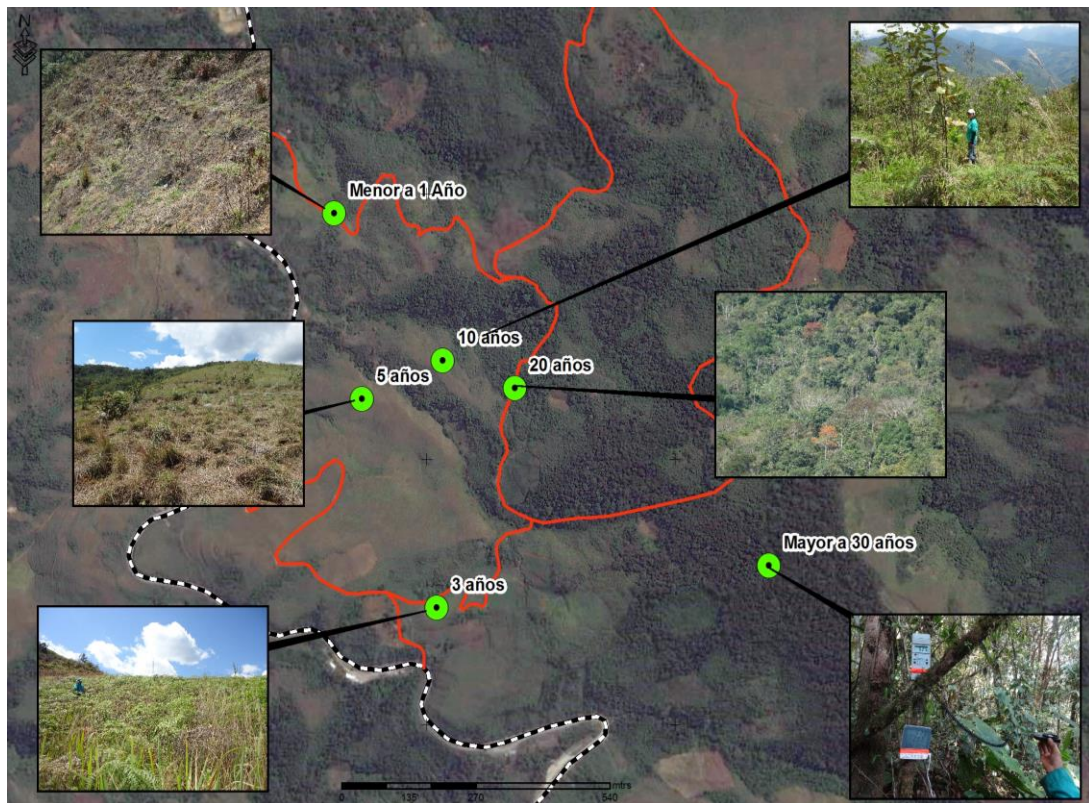


Figura 1. Selección y ubicación de las diferentes edades de vegetación

3.3.2. Disposición experimental

Para el método de muestreo y evaluación de diferentes edades de vegetación, 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 sistemas de manejo a una profundidad de 30 cm de la superficie del suelo.

Para determinar la calidad de los suelos en las diferentes edades de vegetación, se evaluó los componentes físicos, químicos y

biológicos del suelo con sus respectivos indicadores y los métodos de su determinación, considerandos de acuerdo a la zona en estudio.

Cuadro 3. Indicadores físicos, químicos y biológicos de calidad de suelo.

Propiedades del suelo	
Indicadores físicos	Método de su determinación
Textura del suelo	Método del hidrómetro Bouyoucos.
Estructura (tipo, tamaño y grado)	Observación directa (clasificación de suelos). Por volumen, peso húmedo, y seco al horno.
Densidad aparente	Método directo (Wincha).
Profundidad efectiva	Método del cilindro infiltrómetro.
Infiltración	Por peso húmedo y seco al horno.
Capac. de reten. de agua	Método directo (termómetro)
Temperatura del suelo	Método directo (penetro metro)
Resistencia a la penetración	
Indicadores químicos	
Materia orgánica	Método de Walkley y Black
Reacción del suelo	Método del potenciómetro.
Nitrógeno total	Método de Kjelfahi
Fósforo disponible	Método de Olsen.
Potasio disponible	Método ácido sulfúrico.
Cap. Inter. catiónico	Método del acetato.
Indicadores biológicos	
Biomasa microbiana	Colonias desarrolladas en agar Plate Count e agar Sabouraud Cuantificación de la producción de CO ₂
Respiración edáfica	de acuerdo al método descrito por ANDERSON (1982).
Número de lombrices	Directo por conteo.

Fuente: DORAN y LINCOLN (1999); MOSCATELLI *et al.* (2000); ACEVEDO *et al.* (2005), GONZALEZ *et al.* (2004)

3.3.3. Determinación de los indicadores físicos del suelo

3.3.3.1. Textura

Se utilizó el método de Bouyoucos, metodología descrita por DORAN y LINCONL (1999); MOSCATELLI *et al.* (2000); ACEVEDO *et al.* (2005). 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 (NaPO₃) al 10% y agua destilada los $\frac{3}{4}$ del vaso, luego se colocó un dispersante eléctrico de 200 rpm para ser agitado por un tiempo de 15 minutos. Posteriormente se llevó a una probeta de sedimentación a 1000 ml. Se dio una breve agitación y se tomará 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.

3.3.3.2. 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.* (2000); ACEVEDO *et al.* (2005). 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 todas las profundidades del mismo, los resultados fueron anotados en la cartilla de clasificación de suelo.

3.3.3.3. 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.* (2000); ACEVEDO *et al.* (2005), 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 pesado en húmedo y luego se sometió 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 fórmula:

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

3.3.3.4. Profundidad efectiva

Se empleó el método directo (Wincha), descrita por DORAN y LINCONL (1999); MOSCATELLI *et al.* (2000); ACEVEDO *et al.* (2005). Se realizó una calicata para la determinación de estructura, se hará una medición con wincha en todo el perfil del suelo hasta la profundidad del primer horizonte donde se desarrollan las raíces.

3.3.3.5. Infiltración

Para determinar este indicador se utilizó el método del cilindro infiltrómetro, descrito por DORAN y LINCONL (1999); MOSCATELLI *et al.* (2000); ACEVEDO *et al.* (2005). Un cilindro de plástico de 6" de diámetro, el

cual se introdujo a una profundidad de 5 cm en la superficie del suelo al costado de la calicata; este cilindro será cubierto con una envoltura de plástico en su parte interna en el cual se agregó 500 ml de agua luego se retirará el plástico con mucho cuidado dejando el agua dentro del anillo e inmediatamente se registró el tiempo que demora en penetrar el volumen de agua; el valor registrado se anotó en la hoja de trabajo.

3.3.3.6. 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.* (2000); ACEVEDO *et al.* (2005). Se pesó en 20 gr de suelo seco tamizado a 2 mm 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 pasa a través del suelo se recogió en una probeta graduada, cuyo valor se reemplazó en la fórmula de máxima retención de agua considerado como la masa de agua con suelo saturado sobre el peso seco del suelo.

3.3.3.7. Temperatura del suelo

Método directo (termómetro) según la metodología descrita por DORAN y LINCONL (1999); MOSCATELLI *et al.* (2000); ACEVEDO *et al.* (2005). Se introdujo el termómetro en forma horizontal a 12 cm de la superficie del suelo.

3.3.3.8. Resistencia a la penetración

Se realizó mediante el método directo según la metodología descrita por DORAN y LINCONL (1999); MOSCATELLI *et al.* (2000); ACEVEDO *et al.* (2005). Se introdujo el penetrómetro en forma vertical desde la superficie del suelo.

3.3.4. Determinación de Indicadores químicos del suelo

Se realizó el muestro de suelos mediante el método de zig-zag, se recolectó y se homogenizó con la finalidad de extraer de esta aproximadamente 1 kg, la cual se hizo secar a temperatura ambiente y posteriormente se llevó al laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva que fueron determinados los parámetros como materia orgánica, reacción del suelo, nitrógeno total, fósforo disponible, potasio disponible capacidad de intercambio catiónico

3.3.5. Determinación de los Indicadores biológicos del suelo

Se realizó en el laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva

3.3.5.1. Enumeración de microorganismos del suelo

Se realizó en sub-muestras de suelo contaminado y tamizado, en el laboratorio de microbiología de la UNAS, con el propósito de conocer la población microbiana presente (GONZALEZ, 2004). El procedimiento consistió en:

- Pesar 10 gramos de suelo en balanza semi-analítica y añadir a un matraz que contiene 90 ml de caldo manitol. Esta suspensión representa la primera dilución (10^{-1}).
- Filtrar la muestra. Pipetear 1 ml del filtrado y adicionar a un tubo de ensayo que contiene 9 ml de caldo malonato (10^{-2}).
- Pipetear 1 ml del diluyente 10^{-2} y adicionar a otro tubo que contiene 9 ml de caldo malonato (10^{-3}). Realizar una última dilución (10^{-4}).
- Pipetear 1 ml del último diluyente y depositar en una placa Petri con medio Plate Count mas manitol al 1 % (enumeración de bacterias), 1 ml en otra placa Petri con medio Sabouraud (enumeración de hongos) y 1ml en otra placa Petri con medio Actinomycete mas glicerina (enumeración de actinomicetos).
- Incubar a temperatura ambiente por 48 horas.
- Realizar el recuento de las colonias desarrolladas utilizando el equipo de cuenta colonias y aplicando la formula siguiente:

$$M.O/ g \text{ de suelo} = N^{\circ} \text{ de colonias} \times \text{Inoculo de siembra} \times \text{Factor de dilucion}$$

3.3.5.2. Biomasa microbiana

Colonias desarrolladas en agar Plate Count (biomasa de bacterias) e agar Sabouraud (biomasa de hongos) fueron anzadas a un matraz de 200 mL conteniendo 90 mL de caldo BHI para su activación. El n° de anzadas vario de acuerdo con el número de UFC desarrolladas en cada especie. Para el desarrollo de hongos se adicionó al caldo BHI 0.5 g de un compuesto antibacteriano (Ceftriaxona de 1 g) y para el desarrollo de

bacterias se adicionó al caldo BHI media capsula de un antibiótico antifúngico (Fluconazol de 150 mg). El caldo de activación se incubo a temperatura ambiente por 24 h (para bacterias) y por 48 h (para hongos). Transcurrido este tiempo, se homogenizó manualmente el matraz, con la ayuda de una jeringa se retiró 3 alícuotas de 5 ml de homogenizado (3 repeticiones) y se vertió sobre tubos de centrifuga, los que fueron centrifugados a 4000 rpm por 10 min. Transcurrido este tiempo, se eliminó el sobrenadante, se volvió a centrifugar a 4000 rpm por 15 min y se eliminó el nuevo sobrenadante. Con la ayuda de un asa de siembra, se transfirió cuantitativamente el sedimentado de microorganismos a un crisol previamente pesado y codificado, los que fueron secados en estufa a 105 °C hasta peso constante (GONZALEZ, 2004). El cálculo de biomasa en peso húmedo (BPH) se realizó empleando la siguiente ecuación:

$$BPH \left(\frac{g \text{ m.o.}}{mL} \right) = \frac{(\text{Peso crisol} + \text{sedimento de m.o. humedo}) - (\text{Peso crisol})}{\text{Volumen de Muestra (5mL)}}$$

3.3.5.3. Respiración edáfica

La determinación de la respiración de los microorganismos del suelo se efectuó cada semana mediante la cuantificación de la producción de CO₂ de acuerdo al método descrito por ANDERSON (1982). Para los ensayos de respiración, cada microcosmo estuvo conformado por un taper plástico de 6000 g de capacidad, con 2500 g de suelo tamizado (peso húmedo), al cual se añadió un acondicionamiento por tipo de tratamiento; luego de mezclar cuidadosamente, se selló las conexiones de las

mangueras de látex y los matraces conteniendo una solución NaOH 1 N, inmediatamente la tapa del taper fue cerrado y sellado con silicona en frío y parafina. Del mismo modo se instaló un matraz de 500 ml vacío que sirvió como blanco. Los microcosmos con cada tratamiento, junto con el blanco, fueron mantenidos a una temperatura de 27 °C por una semana.

El CO₂ producto de la respiración microbiana fue absorbido por la solución de NaOH con formación de Na₂CO₃. El NaOH remanente o no combinado se valoró con HCl. Cumplido el periodo de incubación, la solución del vial (NaOH no combinado), fue titulada en presencia de BaCl₂, que precipita el carbonato formado y fenolftaleína.

Los resultados fueron calculados haciendo uso de las siguientes fórmulas:

$$V_{\text{NaOH Convertido en Na}_2\text{CO}_3 \text{ (ml)}} = (\text{Gasto del HCL blanco})\text{ml} - (\text{Gasto del HCL tratamiento})\text{ml}$$

$$\text{CO}_2 \text{ (mg)} = V_{\text{NaOH Convertido en Na}_2\text{CO}_3 \text{ (ml)}} \times (\text{Normalidad HCL}) \times (22)$$

3.3.5.4. Números de lombrices

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

3.3.6. Análisis de datos

Mediante el uso de programas Microsoft Excel, Word e Infostat, se procedió a analizar los datos obtenidos en el campo y laboratorio.

3.3.6.1. Diseño estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el diseño de bloque completamente al azar (DBCA) y la prueba DGC (CALZADA, 1976). Se asumió como tratamiento a la vegetación de diferentes edades considerando como variable independiente la vegetación de diferentes edades y variable dependiente las propiedades físicas del suelo, propiedades químicas del suelo, propiedades biológicas del suelo

Las variables evaluadas serán influenciadas por el efecto de los promedios, efecto de las especies, los bloques generados y el error influenciado por el investigador o el ambiente, la cual se representará por la ecuación de la forma Y_{ij} .

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Para:

$i = 1, 2, 3, \dots, t$ tratamientos (vegetación)

$j = 1, 2, 3, \dots, r$ bloques

Donde:

Y_{ij} = Es la variable respuesta, que corresponde a la unidad experimental que pertenece al j-ésimo bloque donde se instaló el i-ésimo tratamiento.

μ = Efecto de la media poblacional.

τ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento (especies).

β_j = Efecto del j-ésimo bloque.

ε_{ij} = Efectos aleatorio, Error Experimental

IV. RESULTADOS

4.1. Indicadores físicos del suelo

4.1.1. Textura y estructura del suelo

En el Cuadro 4, se muestra que el suelo con vegetación <1 año presenta textura franco y estructura de bloque fino, asimismo la vegetación de 3 años tiene textura franco y estructura de bloque medio, en cambio la vegetación de 5 años predomina una textura franco arcillo arenoso con una estructura de bloque fino, como también la vegetación de 10 años prevalece el franco arcillo arenoso con estructura de bloque medio, la vegetación de 20 años muestra la textura franco arcillo arenoso con una estructura bloque medio y el suelo con vegetación >30 años contiene textura franco arenoso y estructura granular gruesa.

Cuadro 4. Textura y estructura de suelo en cada edad de vegetación.

Vegetación	Textura	Estructura
<1 año	Franco	Bloque fino
3 años	Franco	Bloque medio
5 años	franco Arcillo Arenoso	Bloque fino
10 años	Franco Arcillo Arenoso	Bloque medio
20 años	Franco Arcillo Arenoso	Bloque medio
>30 años	Franco arenoso	Granular gruesa

4.1.2. Capacidad máxima de retención de agua, resistencia a la penetración e infiltración del suelo.

Referente al análisis de varianza de la máxima retención de agua en el suelo se encontró alta significancia (P-valor 0.0005), asimismo presenta alta significancia la resistencia a la penetración del suelo (P-valor 0.0001), de igual manera en la infiltración del suelo existe alta significancia (P-valor 0.0007); siendo estos indicadores físicos los que muestran diferencias estadísticas entre las diferentes edades vegetativas estudiadas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Resumen del análisis de varianza del contenido de humedad, resistencia a la penetración y la infiltración del suelo entre las edades de vegetación.

FV	GL	Máxima Retención		Resistencia a la		Infiltración	
		de agua		penetración			
		CM	P Valor	CM	P Valor	CM	P Valor
Veget.	5	151.8	0.0005 **	0.79	0.0001 **	33971.72	0.0007 **
Bloque	2	9.56	0.4836	0.03	0.537	3135.37	0.3040
Error	10	12.22		0.04		2260.84	
Total	17						

Según la prueba de DGC al 5%: (*) Diferencia estadística significativa ($p < 0.05$), (**) Alta diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) y (ns) no hay diferencia estadística.

En las pruebas de medias realizadas según DGC al 5% de nivel de significancia, para la máxima capacidad de retención de agua se muestran un coeficiente de variabilidad de 10.15 %, que brinda una buena

homogeneidad de los resultados, asimismo, el r-cuadrado (0.86) indica que el 86% de los datos se ajustan al modelo, encontrándose tres grupos claramente identificadas y estadísticamente diferenciadas. En la resistencia a la penetración del suelo se observa un coeficiente de variación de 13.26% con un modelo propuesto de un buen porcentaje (91%) de confiabilidad, identificándose dos grupos estadísticamente diferentes. En el caso de la infiltración del suelo muestran un coeficiente de variación de 47.67%, considerando que los resultados son muy variables ajustándose al modelo propuesto en un 91% para el cual se identificó tres grupo estadístico (Cuadro 6).

Cuadro 6. Pruebas de medias del contenido de humedad, resistencia a la penetración y la infiltración del suelo entre las edades de vegetación.

Vegetación	Capac. de retención de agua	Resistencia a la penetración	Infiltración
años	%	Kg/cm ²	cm/h
<1	26.00 ± 1.25 c	1.77 ± 0.15 a	21.96 ± 0.78 c
3	30.67 ± 2.40 b	2 ± 0.06 a	136.06 ± 26.92 b
5	46.67 ± 0.67 a	2 ± 0.18 a	14 ± 1.26 c
10	31.33 ± 3.71 b	1.03 ± 0.09 b	24.22 ± 3.37 c
20	37.33 ± 0.67 b	1.17 ± 0.09 b	315.22 ± 44.95 a
>30	34.67 ± 1.33 b	0.85 ± 0.03 b	188.39 ± 8912 b
P-valor	0.0005	0.0001	0.0007
C.V %	10.15	13.26	47.67
R2	0.86	0.91	0.91

Letras distintas en la misma columna expresan diferencia estadística según la prueba de DGC a 5%.

En la Figura 2, se observa que el suelo de la vegetación de 5 años es el que presenta mayor promedio de capacidad de retención de agua, considerando estadísticamente diferente a las demás unidades y con menor promedio el suelo de la vegetación <1 año, que del mismo modo es considerado diferente a las demás unidades de vegetación.

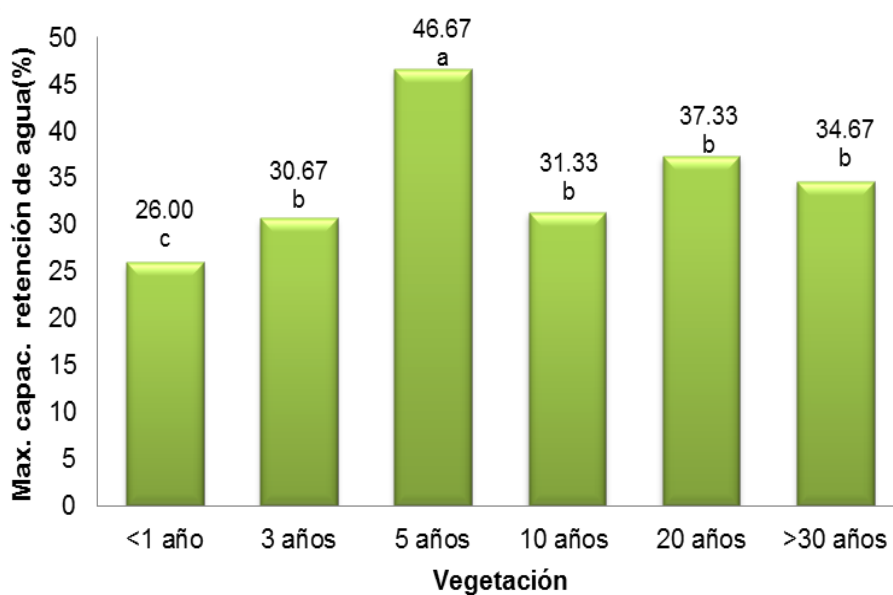


Figura 2. Promedio del contenido de humedad de suelo en vegetación de diferentes edades.

En la resistencia de la penetración del suelo, la vegetación que presenta mayor promedio es la de 3 y 5 años, en segundo lugar la vegetación <1, siendo estas tres unidades como iguales; pero diferentes a las vegetaciones de 10, 20 y >30 años que muestran promedios menores y considerado iguales entre ellos (Figura 3).

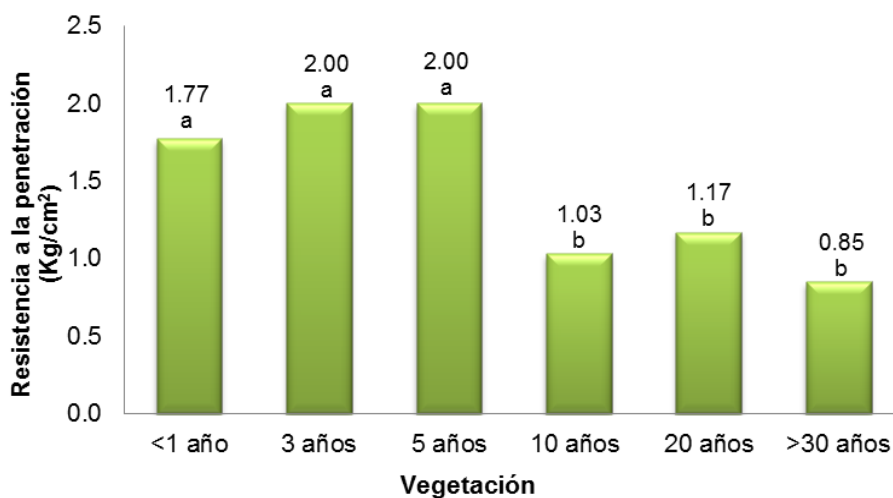


Figura 3. Promedio de la resistencia a la penetración del suelo en vegetación de diferentes edades.

En la Figura 4, se observar que en la infiltración del suelo existe alta significancia estadística; siendo la vegetación de 20 años el que posee mayor promedio y estadísticamente diferente a las demás unidades, en segundo lugar la vegetación de 3 y >30 años, y por último la vegetación <1, 5 y 10 años muestran menores promedios que es considerada estadísticamente iguales pero diferentes a las demás unidades vegetativas.

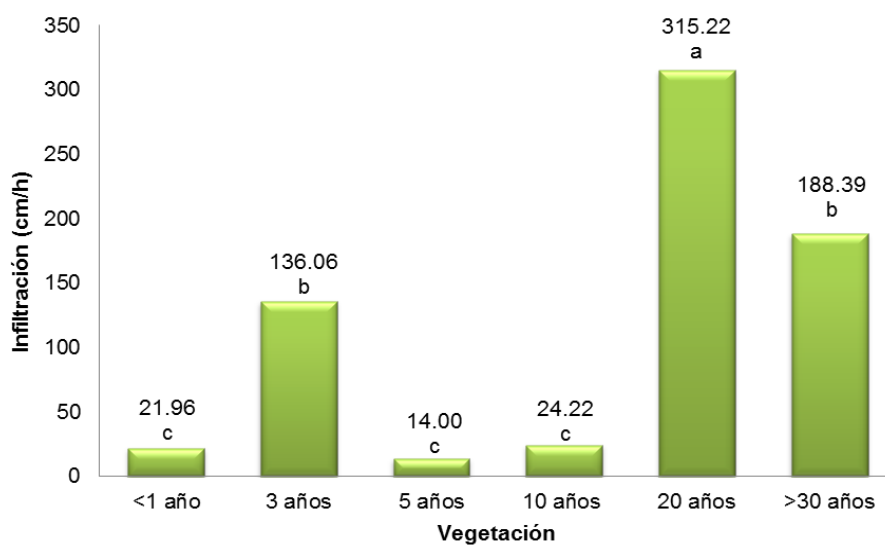


Figura 4. Promedio de la infiltración del suelo en vegetación de diferentes edades.

4.1.3. Densidad aparente, temperatura y profundidad efectiva del suelo

Con respecto al análisis de varianza se encontró alta significancia en la densidad aparente (P-valor 0.0006), temperatura del suelo (P-valor <0.0001) y profundidad del suelo (P-valor <0.0001); considerando estos tres indicadores estadísticamente diferentes entre las unidades de vegetación evaluadas (Cuadro 7).

Cuadro 7. Resumen de análisis de varianza de la densidad aparente, temperatura y profundidad efectiva del suelo entre las edades de vegetación.

FV	GL	Densidad aparente		Temperatura		Profundidad efectiva	
		CM	P Valor	CM	P Valor	CM	P Valor
Veget	5	0.38	0.0006 **	87.66	<0.0001 **	6666.59	<0.0001 **
Bloque	2	0.03	0.4268	1.41	0.6194	222.06	0.028
Error	10	0.03		2.81		42.52	
Total	17						

Según la prueba de DGC al 5%: (*) Diferencia estadística significativa ($p < 0.05$), (**) Alta diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) y (ns) no hay diferencia estadística.

En las pruebas de medias realizadas según DGC al 5% de nivel de significancia, para la densidad aparente se muestra un coeficiente de variación de 13.25 %, que brinda una buena homogeneidad a los resultados, ajustándose al modelo propuesto en un 83 %, en el cual se encontró dos grupos claramente identificadas y estadísticamente diferenciadas. En la

temperatura del suelo se observa un coeficiente de variación de 7.51 %, determinando como una excelente homogeneidad a los resultados obtenidos, con un modelo propuesto de un buen porcentaje de confiabilidad (94%), identificándose tres grupos estadísticamente diferentes. En el caso de la profundidad del suelo se muestra un coeficiente de variabilidad de 11.36%, siendo una buena homogeneidad los resultados obtenidos, ajustándose al modelo propuesto en un 99 % de confiabilidad, para el cual de identifico cuatro grupos estadísticamente diferentes (Cuadro 8).

Cuadro 8. Pruebas de medias de la densidad aparente, temperatura y profundidad efectiva del suelo entre las edades de vegetación.

Vegetación	Densidad aparente	Temperatura	Profundidad efectiva
años	g/cm ³	°C	cm
<1	1.43 ± 0.04 a	32.14 ± 1.33 a	3.33 ± 0.88 d
3	1.57 ± 0.12 a	22.26 ± 0.86 b	17.67 ± 1.45 c
5	0.83 ± 0.06 b	21.51 ± 0.65 b	25.67 ± 2.96 c
10	1.35 ± 0.09 a	22.91 ± 1.08 b	84.33 ± 4.7 b
20	1.79 ± 0.12 a	18.5 ± 1.01 c	103.33 ± 8.82 a
>30	1.02 ± 0.14 b	16.49 ± 0.13 c	110 ± 5.77 a
P-valor	0.0006	<0.0001	<0.0001
C.V %	13.25	7.51	11.36
R ²	0.86	0.94	0.99

Letras distintas en la misma columna expresan diferencia estadística según la prueba de DGC a 5%.

En la Figura 5, se muestra que la vegetación de 20 años presenta mayor promedio en cuanto a su densidad aparente del suelo, seguido la vegetación de 3, <1 y 10 años considerados estadísticamente que estas vegetaciones son iguales, pero diferentes a la vegetación de 5 y >30 años.

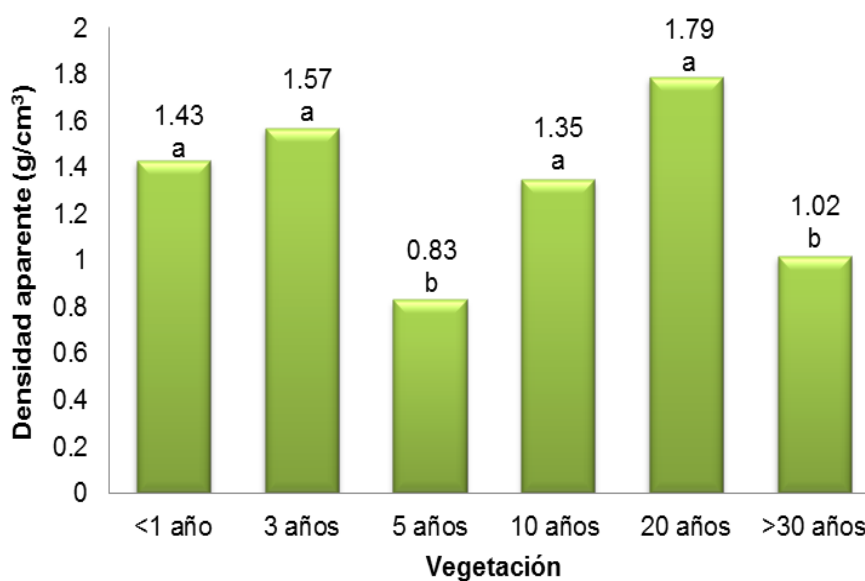


Figura 5. Promedio de la densidad aparente del suelo en vegetación de diferentes edades.

En las seis unidades vegetativas se ha encontrado altas diferencias estadísticas significativas, razón por la cual el promedio de la vegetación <1año es la que presenta mayor temperatura siendo estadísticamente diferentes a las demás unidades vegetativas y con menor promedio se encontró a la vegetación de 20 y >30 años considerando que estas dos unidades vegetativas son iguales estadísticamente pero diferentes a las demás unidades evaluadas (Figura 6).

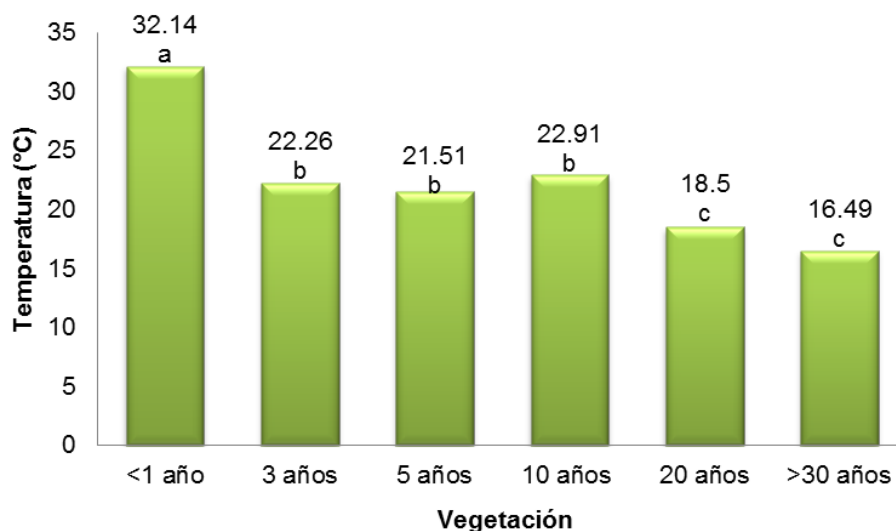


Figura 6. Promedio de la temperatura del suelo en vegetación de diferentes edades.

La Figura 7 muestra diferencias estadística altamente significativas en cuanto a la profundidad efectiva del suelo, ya que la vegetación de 20 y >30 años son de mayor promedio y estadísticamente iguales, y la vegetación <1años es el de menor promedio mostrando diferencia estadística antes las demás unidades de vegetación.

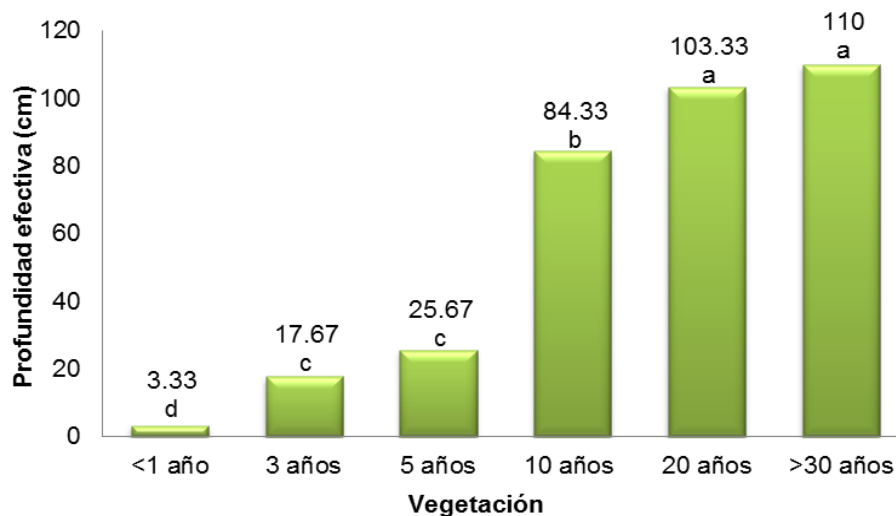


Figura 7. Promedio de la profundidad efectiva del suelo en vegetación de diferentes edades.

4.2. Indicadores químicos del suelo

4.2.1. Nitrógeno total, fósforo disponible y potasio disponible

En el cuadro 9, se muestra el análisis de varianza con la prueba de DGC al 5% del nivel de significancia el nitrógeno total de suelo se encontró significancia (P-valor 0.0475), en el caso del fósforo disponible del suelo presenta alta significancia (P-valor <0.0018), considerando que existe en estos dos parámetros diferencias estadísticas entre cada unidad vegetativa ; mientras en el potasio del suelo no se encontró significancia (P-valor 0.1194) motivo por el cual no hay diferencia estadística.

Cuadro 9. Resumen del análisis de varianza del nitrógeno, fósforo y potasio del suelo entre las edades de vegetación.

FV	GL	Nitrógeno		Fósforo		Potasio	
		CM	P Valor	CM	P Valor	CM	P Valor
Vegetación	5	0.0108	0.0475 *	12.35	0.0018 **	11170.50	0.1194 ns
Bloque	2	0.0042	0.3168	50.45	<0.0001	13952.99	0.1303
Error	10	0.003		1.37		5545.24	
Total	17						

Según la prueba de DGC al 5%: (*) Diferencia estadística significativa ($p < 0.05$), (**) Alta diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) y (ns) no hay diferencia estadística.

En las pruebas de medias realizadas según DGC al 5% de nivel de significancia, se observa que el nitrógeno del suelo presenta un coeficiente de variabilidad de 16.28 %, que brinda una buena homogeneidad de los resultados indicando que el 66 % se ajusta al modelo, identificando dos grupos estadísticos diferentes. Para el fósforo del

suelo se observa 10.75 % de variabilidad, considerando una buena homogeneidad de los resultados al 92% de confiabilidad, identificándose dos grupos estadísticamente diferentes. En el caso del potasio presenta un coeficiente de variabilidad de un 24.24%, ajustando al modelo propuesto en un 61 % de confiabilidad (Cuadro 10).

Cuadro 10. Pruebas de medias del nitrógeno, fósforo y potasio del suelo entre las diferentes edades de vegetación.

Vegetación	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
años	%	ppm	Kg/ha
<1	0.17 ± 0.03 a	7.23 ± 1.52 b	318.01 ± 29.82 a
3	0.15 ± 0.01 b	10.91 ± 1.86 a	321.99 ± 9.55 a
5	0.22 ± 0.02 a	10.18 ± 0.83 a	196.55 ± 7.66 a
10	0.19 ± 0.01 a	12.51 ± 1.42 a	356.44 ± 95.52 a
20	0.25 ± 0.03 a	11.88 ± 2.02 a	228.56 ± 27.35 a
>30	0.21 ± 0.01 a	12.65 ± 2.57 a	291.96 ± 7.7 a
P-valor	0.0475	0.0018	0.1194
C.V %	16.28	10.75	24.24
R2	0.66	0.92	0.61

Letras distintas en la misma columna expresan diferencia estadística según la prueba de DGC al 5%

En la Figura 8, se observa que la vegetación de 20 años es el que obtuvo mayor promedio de nitrógeno (0.25%), seguidamente la vegetación de 5 años (0.22%), >30años (0.21%), 10 años (0.19%) y <1 año (0.17%), mostrando estadísticamente que estas unidades son iguales, pero muy diferente a la vegetación de 3 años es que la que manifiesta menor promedio de nitrógeno (0.15%).

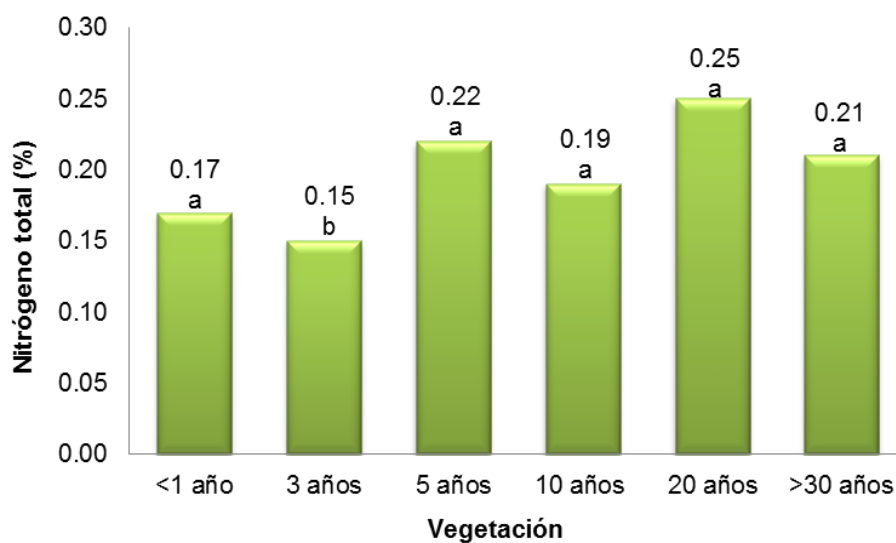


Figura 8. Promedio Nitrógeno total del suelo en vegetación de diferentes edades.

La vegetación que presenta mayor promedio en fósforo disponible del suelo es la vegetación >30 años y el de menor promedio es la vegetación <1año. Según la prueba de DGC al 5% de nivel de significancia la vegetación de 3, 5, 10, 20 y >30 años son iguales pero existiendo diferencia estadística con la vegetación <1año (Figura 9).

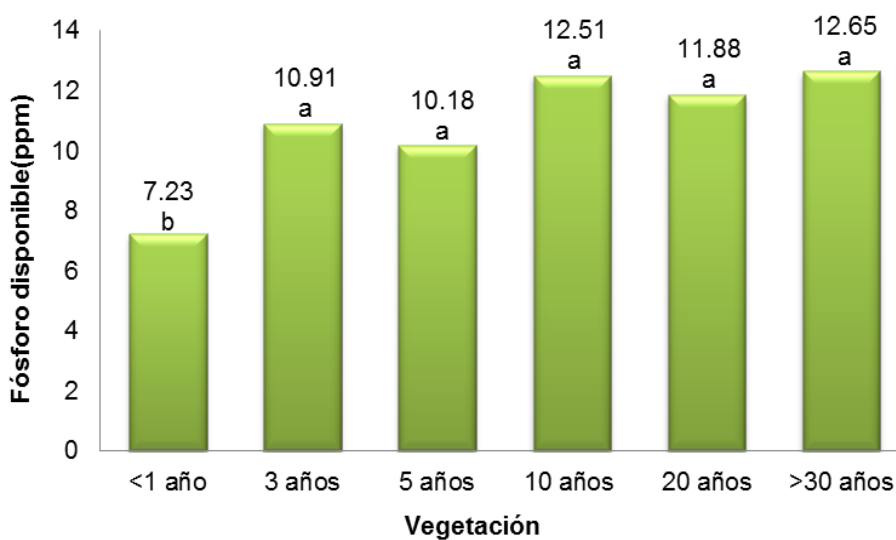


Figura 9. Promedio del fósforo disponible suelo en vegetación de diferentes edades.

En la Figura 10, se muestra que el mayor promedio de potasio disponible del suelo posee es la vegetación de 10 años y con menor promedio la vegetación de 5 años. Según la prueba de DGC al 5% expresa que el promedio de cada unidad vegetativa no existe diferencia significativa considerando que los datos son homogéneos estadísticamente.

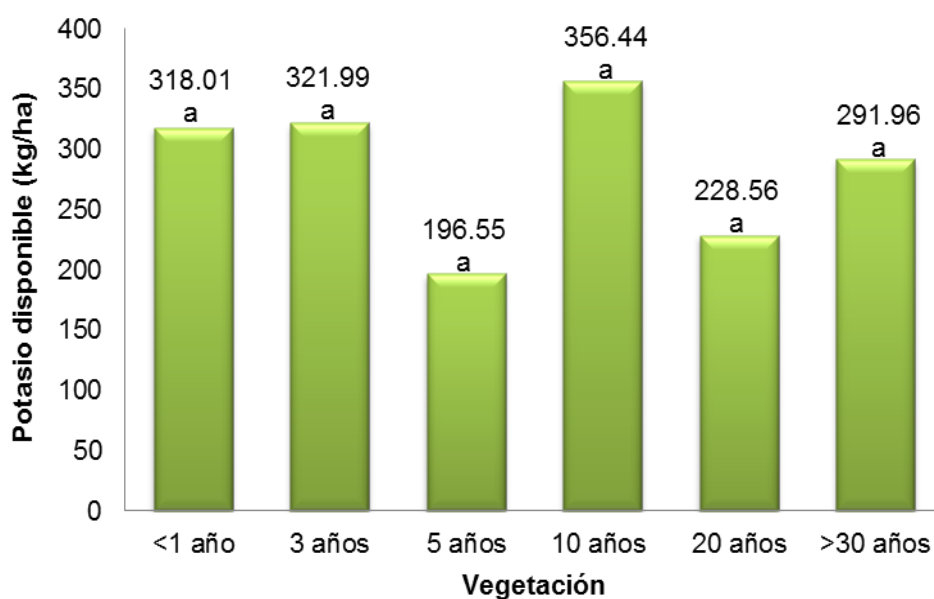


Figura 10. Promedio del potasio disponible del suelo en vegetación de diferentes edades.

4.2.2. Reacción de suelo, materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico

En el Cuadro 11, se muestra el análisis de varianza con la prueba de DGC al 5% del nivel de significancia, en el pH del suelo se encontró alta significancia (P-valor 0.0018), en el caso la materia orgánica del suelo no existe significancia (P valor 0.06), mientras en el CIC del suelo se obtuvo alta significancia (P-valor <0.0001).

Cuadro 11. Resumen del análisis de varianza de la reacción del suelo, materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico del suelo entre las edades de vegetación

FV	GL	Reacción del suelo		Materia orgánica		Capacidad de intercambio catiónico	
		CM	P Valor	CM	P Valor	CM	P Valor
Vegt	5	1.14	0.0018 **	1.69	0.06 ns	61.48	<0.0001 **
Bloque	2	0.22	0.2261	0.7	0.3171	4.28	0.0916
Error	10	0.13		0.54		1.4	
Total	17						

Según la prueba de DGC al 5%: (*) Diferencia estadística significativa ($p < 0.05$), (**) Alta diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) y (ns) no hay diferencia estadística

En las pruebas de medias realizadas según DGC al 5% de nivel de significancia, se observa que el pH del suelo presenta un coeficiente de variabilidad de 7.14 %, que brinda una excelente homogeneidad de los resultados obtenidos, con un 83% que se ajusta al modelo, clasificándolo en dos grupos estadísticamente diferentes. En la materia orgánica del suelo se observa 16.57 % de variabilidad considerando una buena homogeneidad de los resultados, al 64% de confiabilidad. En el caso del CIC presenta un coeficiente de variación de 15.89 %, que brinda una buena homogeneidad de los resultados, ajustando al modelo propuesto en un 96%, identificándose claramente cuatro grupos estadísticos (Cuadro12).

Cuadro 12. Pruebas de medias de la reacción del suelo, materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico del suelo entre las diferentes edades de vegetación.

Vegetación	Reacción del suelo	Materia orgánica	Capacidad de intercambio catiónico
años	pH (1:1)	%	meq/100 g de suelo
<1	5.3 ± 0.17 a	3.85 ± 0.71 a	1.02 ± 0.27 d
3	5.08 ± 0.12 a	3.42 ± 0.13 a	5.29 ± 0.43 c
5	4.95 ± 0.23 a	4.98 ± 0.33 a	4.57 ± 0.05 c
10	5.22 ± 0.07 a	4.3 ± 0.25 a	9.45 ± 0.13 b
20	5.53 ± 0.39 a	5.46 ± 0.65 a	12.57 ± 1.5 a
>30	3.78 ± 0.16 b	4.7 ± 0.11 a	11.69 ± 1.11 a
P-valor	0.0018	0.06	<0.0001
C.V %	7.14	16.57	15.89
R2	0.83	0.64	0.96

Letras distintas en la misma columna expresan diferencia estadística según la prueba de DGC al 5%

Para la reacción del suelo según la prueba de DGC al 5% de nivel de significancia, expresa que los promedio de la vegetación <1, 3, 5, 10 y 20 años son iguales y con promedios altos en comparación con la vegetación >30 años que presenta un promedio menor (3.78) de pH esto hace que sea diferente a las demás unidades evaluadas (Figura 11).

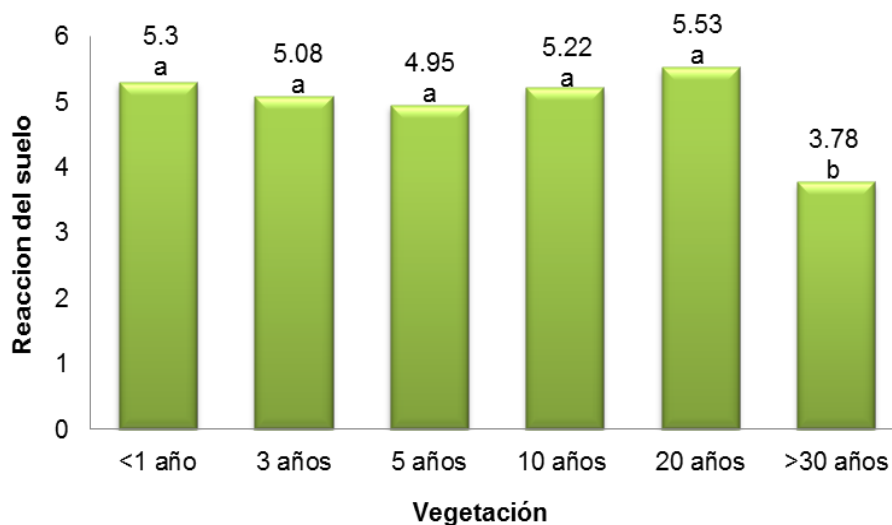


Figura 11. Promedio de la reacción del suelo en vegetación de diferentes edades.

La vegetación de 20 años presenta mayor promedio de materia orgánica y con menor promedio la vegetación <1 año. En la prueba de DGC al 5%, expresa que los promedios de cada unidad vegetativa no existen diferencia estadística significativa considerando que los datos son homogéneos (Figura12).

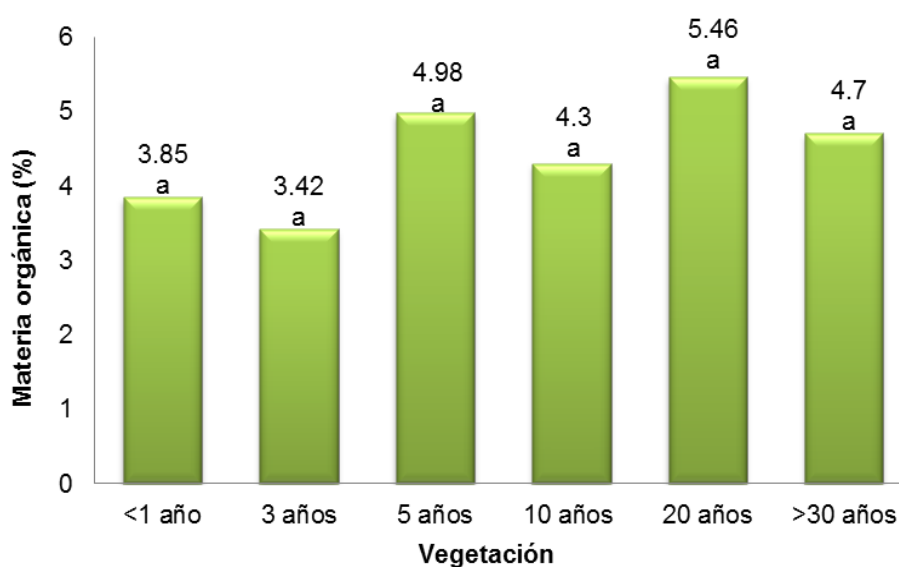


Figura 12. Promedio de la materia orgánica del suelo en vegetación de diferentes edades.

La Figura 13, se observa que el mayor promedio de capacidad de intercambio catiónico del suelo, presenta la vegetación de 20 años, seguidamente la vegetación de >30 años que al realizar la prueba de DGC al 5%, expresa que estas dos unidades de vegetación son iguales estadísticamente. Y con menor promedio presenta la vegetación <1 año siendo este diferente a las demás unidades evaluadas.

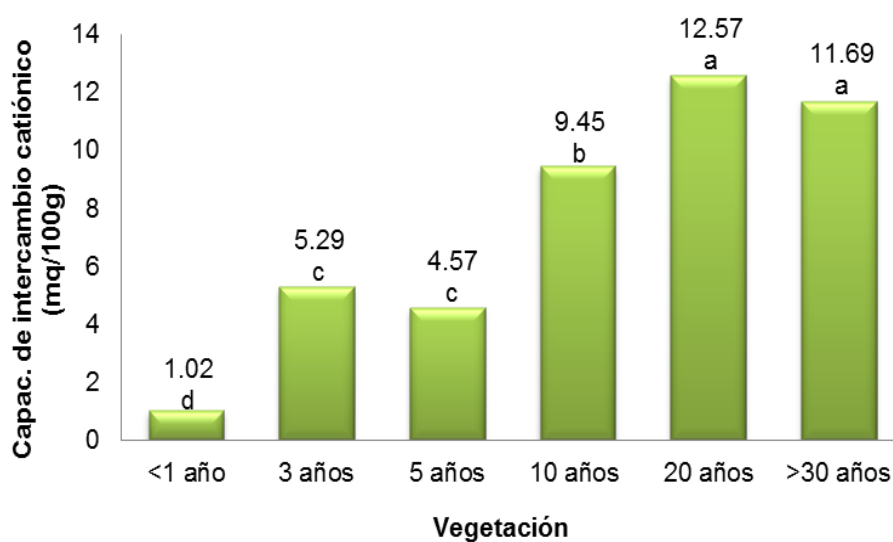


Figura 13. Promedio de la capacidad de intercambio catiónico del suelo en vegetación de diferentes edades.

4.3. Indicadores biológicos del suelo

4.3.1. Número de lombrices, Numeración microbiana.

En el Cuadro 13, se muestra el análisis de varianza con la prueba de DGC al 5% del nivel de significancia, para el número de lombrices se encontró alta significancia (P-valor 0.0029), en lo que respecta al número de bacterias del suelo presenta significancia (P-valor 0.0317), considerando que existe en estos dos indicadores diferencias estadísticas entre cada unidad vegetativa evaluada; mientras en la

numeración de los hongos (P-valor 0.1933) y la numeración de actinomicetos (P-valor 0.1513) no se encontró significancia motivo por el cual no hay diferencia estadística.

Cuadro 13. Resumen del análisis de varianza del número de lombrices y numeración microbiana del suelo entre las diferentes edades de vegetación.

FV	GL	Número de lombrices		Numeración microbiana					
				Bacterias		Hongos		Actinomicetos	
		CM	P Valor	CM	P Valor	CM	P Valor	CM	P Valor
Veget	5	81.33	0.0029 **	42.86	0.0317 *	23.3	0.1933 ns	129.47	0.1513 ns
Bloq	2	15.5	0.2663	13.56	0.331	55.5	0.0449	452.67	0.0112
Error	10	10.23		10.96		12.9		62.13	
Total	17								

Según la prueba de DGC al 5%: (*) Diferencia estadística significativa ($p < 0.05$), (**) Alta diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) y (ns) no hay diferencia estadística

En las pruebas de medias realizadas según DGC al 5% de nivel de significancia, se observa que el número de lombrices del suelo presenta un coeficiente de variación de 50.26%, considerando a los resultados muy variables con un modelo propuesto de un 81% de confiabilidad, clasificándolo en dos grupos estadísticamente diferentes. En la numeración de bacterias se observa 47.66 % de variabilidad de los resultados con un 69% que se ajusta al modelo, identificándose claramente dos grupos estadísticos. En la numeración de hongos presenta un coeficiente de variación de 45.85 % , considerándolo a los resultados muy variables,

ajustándose al modelo propuesto en un 64% y la numeración de actinomicetos presenta un C.V. 47.29% con un 71% de confiabilidad (Cuadro14).

Cuadro 14. Pruebas de medias del número de lombrices y numeración microbiana del suelo entre las diferentes edades de vegetación.

Vegetación	Numero de lombrices	Numeración microbiana		
		bacterias x 10 ⁴	Hongos x 10 ⁴	Actinomicetos x 10 ⁴
<1 año	4.33± 0.67 b	5± 0.58 b	3±1.15 a	14± 5.86 a
3 años	5± 2.08 b	5.67± 2.19 b	11.33± 2.33 a	24± 12.53 a
5 años	1± 0 b	4± 0.58 b	8.33± 4.84 a	13.33± 1.86 a
10 años	13.67± 4.18 a	5.33± 0.33 b	7± 0.58 a	13.67± 3.28 a
20 años	0 b	7.33± 3.38 b	9.33± 2.85 a	25.67±6.89 a
>30 años	0 b	14.33± 2.40 a	8± 1.15 a	14± 5.86 a
P-valor	0.0029	0.0317	0.1993	0.1513
C.V %	50.26	47.66	45.85	47.29
R2	0.81	0.69	0.64	0.71

Letras distintas en la misma columna expresan diferencia estadística según la prueba de DGC al 5%

La figura 14, se observa que el mayor promedio del número de lombrices es la vegetación de 10 años y con menor promedio la vegetación de 5 años, sin embargo en la vegetación de 20 y >30 años no se encontró lombrices. Según la prueba de DGC al 5%, expresa que el promedio de las vegetación de 10 años es muy diferente a las demás unidades vegetativas,

en comparación a la vegetación <1, 3, 5, 20 y >30 años que son iguales estadísticamente.

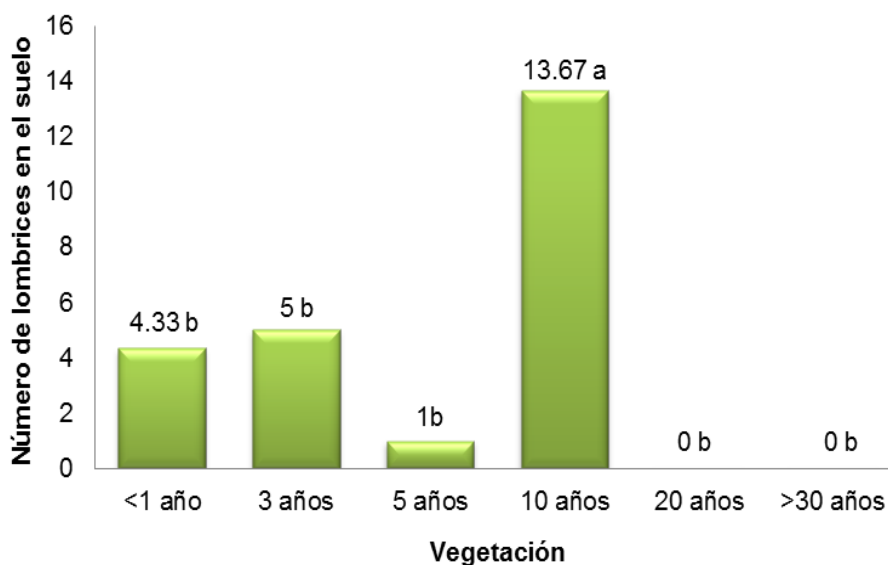


Figura 14. Promedio del número de lombrices del suelo en vegetación de diferentes edades.

La figura 15, se observa que la prueba de DGC al 5%, expresa mayor promedio (Cuadro 13) del numeración de bacterias en la vegetación de >30 años siendo estadísticamente diferente a las demás unidades vegetativas y con menor promedio es la vegetación de 5 años que estadísticamente es igual a la vegetación <1 año, 3, 10 y 20 años. En la numeración de hongos el que mayor promedio obtuvo es la vegetación de 3 años y menor promedio la vegetación <1 año, estadísticamente todas las unidades vegetativas son iguales. Para la numeración de actinomicetos el que mayor promedio presentó es la vegetación de 20 años y menor promedio es la vegetación >30 considerando todas las unidades vegetativas son iguales estadísticamente (Cuadro 13).

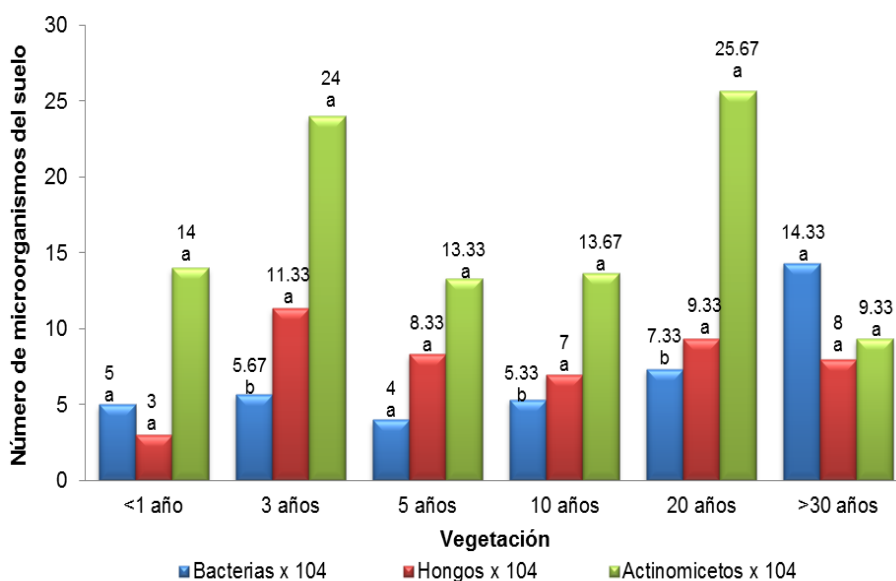


Figura 15. Promedio de la numeración microbiana del suelo en vegetación de diferentes edades.

4.3.2. Biomasa microbiana y respiración edáfica

En el cuadro 15, se muestra el análisis de varianza con la prueba de DGC al 5%, en la biomasa microbiana no se encontró significancia motivo por el cual no hay diferencia estadística, y en la respiración edáfica del suelo si presentó alta significancia (P-valor <0.0001).

Cuadro 15. Resumen del análisis de varianza de la biomasa y respiración microbiana del suelo entre las diferentes edades de vegetación.

FV	GL	Biomasa microbiana (mg)		Respiración edáfica Kg CO ₂ /ha	
		CM	P Valor	CM	P Valor
Veget	5	2202.32	0.7052 ns	864.17	<0.0001 **
Bloque	2	31,962.89	0.0066	14.13	0.2769
Error	10	3701.82		9.65	
Total	17				

Según la prueba de DGC al 5%: (**) Alta diferencia estadística significativa (p <0.05) y (ns) no hay diferencia estadística

En las pruebas de medias realizadas según DGC al 5% de nivel de significancia, se observa que para la biomasa microbiana presenta un C.V. de 56.32% manifestando que los resultados son muy variable, con un 67% que se ajusta al modelo propuesto, clasificándolo las seis unidades en un solo grupo. Sin embargo en la respiración edáfica del suelo se muestra claramente un C.V. de 11 %, existiendo una buena homogeneidad de los resultados, con un 98 % de confiabilidad, identificándose tres grupos estadísticamente diferentes (Cuadro 16)

Cuadro 16. Pruebas de medias de la biomasa microbiana y respiración microbiana del suelo entre las edades de vegetación.

Vegetación	Biomasa microbiana (mg)	Respiración edáfica Kg CO ₂ /ha
<1 año	55.33± 17.05 a	12.58± 1.42 c
3 años	65 ± 27.07 a	17.32± 1.48 c
5 años	49.67± 16.76 a	15.16± 1.36 c
10 años	87± 26.76 a	31.53± 2.41b
20 años	118 ± 96.06 a	35.67± 1.58 b
>30 años	100.67± 74.67 a	57.2± 2.54 a
P-valor	0.7052	<0.0001
C.V %	56.32	11
R ²	0.67	0.98

Letras distintas en la misma columna expresan diferencia estadística según la prueba de DGC al 5%

La Figura 16, se observa que la prueba de DGC al 5%, con respecto a la biomasa de microbiana, el que expresa mayor promedio es la vegetación de 20 años (118 mg) y con menor promedio la vegetación de 5 años (55.33 mg), pero siendo estadísticamente iguales las seis vegetaciones en estudio.

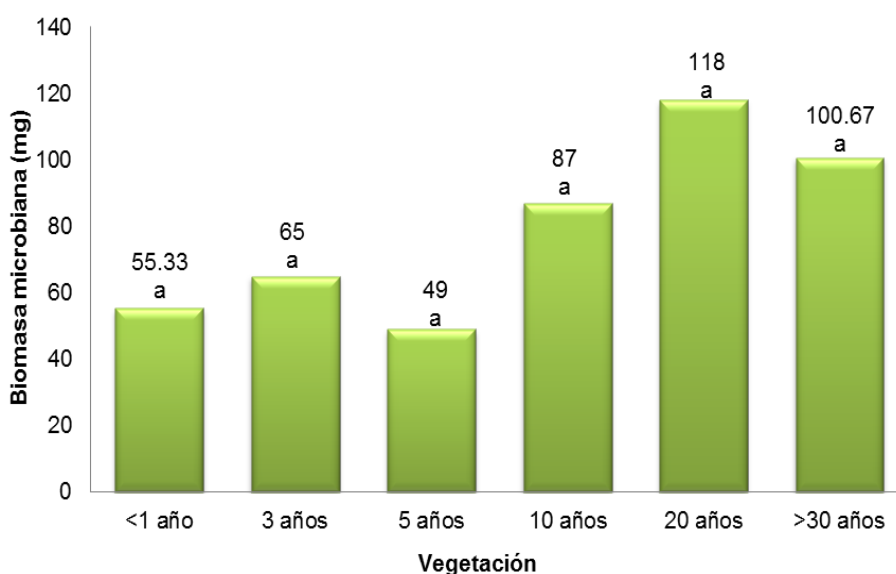


Figura 16. Promedio de la biomasa microbiana del suelo en vegetación de diferentes edades.

La Figura 17, se observa que el mayor promedio en cuanto a la respiración edáfica es la vegetación >30 y con menor promedio es la vegetación de <1 año. Según la prueba de DGC al 5%, expresa que el promedio de las vegetación de >30 años es muy diferente a las demás unidades vegetativas, sin embargo la vegetación <1, 3, 5, años son iguales estadísticamente así también la vegetación de 10 y 20 años son iguales estadísticamente.

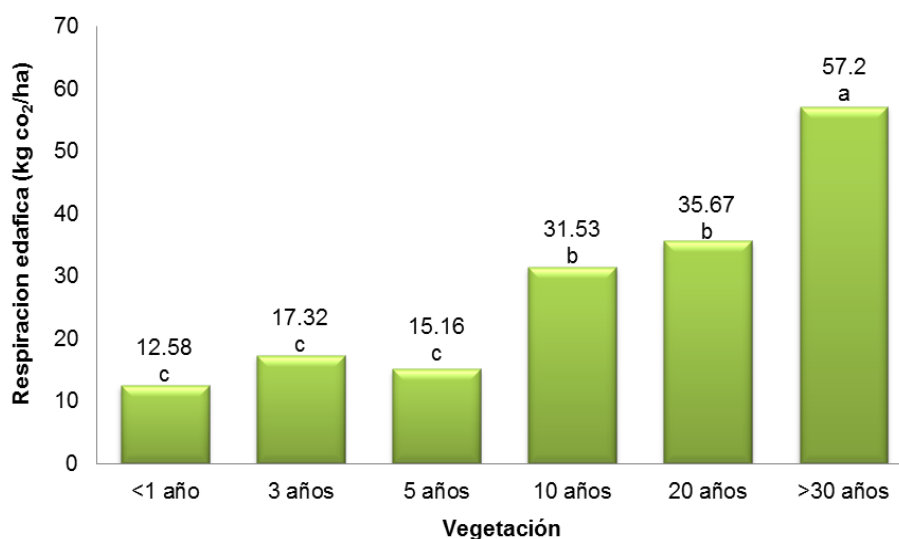


Figura 17. Promedio de la respiración del suelo en vegetación de diferentes edades.

4.4. Calidad de los suelos en vegetación de diferentes edades

Como se observa en el Cuadro 17, correspondiente a los resultados de las 6 unidades de vegetación del caserío Caracol- Chinchao, los valores de cada uno de los indicadores fueron relacionados con un suelo ideal para determinar el índice de calidad de los suelos, para el cual se muestra valores cercanos al 100% que tienen efectos positivos sobre la calidad del suelo y valores que se alejan del 100% muestra efectos negativos sobre la calidad del suelo (Figura 18).

Cuadro 17. Valores y porcentajes relativos de los indicadores para obtener un índice de calidad de suelo en vegetación de diferentes edades.

Indicador	Suelo Ideal (100 %)	Edad de la vegetación					
		<1 año	3 años	5 año	10 años	20 años	>30 años
Retención de agua (%)	50	26	30.67	46.67	31.33	37.33	34.67
	100%	52	61.34	93.34	62.66	74.66	69.34

Resistencia del	1.5	1.77	2	2	1.03	1.17	0.85
suelo (Kg/cm ²)	100%	118	133.33	133.33	68.67	78	56.67
Infiltración (cm/h)	35	21.96	136.06	14	24.22	315.22	188.39
	100%	62.74	388.74	40	69.20	900.63	538.26
Den. Aparente	1.3	1.43	1.57	0.83	1.35	1.79	1.02
(g/cm ³)	100%	110	120.77	63.85	103.85	137.69	78.46
Temperatura (°C)	26	32.14	22.26	21.51	22.91	18.50	16.49
	100%	123.62	85.62	82.73	88.12	71.15	63.42
Prof. efectiva (cm)	115	3.33	17.67	25.67	84.33	103.33	110
	100%	2.90	15.37	22.32	73.33	89.85	95.65
Nitrógeno total (%)	0.3	0.17	0.15	0.22	0.19	0.25	0.21
	100%	56.67	50	73.33	63.33	83.33	70
Fósforo dis. (ppm)	15	7.23	10.91	10.18	12.51	11.88	12.65
	100%	48.20	72.73	67.87	83.40	79.20	84.33
K ₂ O (Kg/ha)	600	318.01	321.99	196.55	356.44	228.56	291.96
	100%	53	53.67	32.76	59.41	38.09	48.66
pH (1:1)	6.8	5.30	5.08	4.95	5.22	5.53	3.78
	100%	77.94	74.71	72.79	76.76	81.32	55.59
M.O (%)	5	3.85	3.42	4.98	4.30	5.46	4.70
	100%	77	68.40	99.60	86	109.20	94
CIC (meq/100 g de	45	1.02	5.29	4.57	9.45	12.57	11.69
suelo)	100%	2.27	11.76	10.16	21	27.93	25.98
N°	20	4.33	5	1	13.67	0	0
lombrices(n°/pie ²)	100%	21.65	25	5	68.35	0	0
Resp. edáfica	72	12.58	17.32	15.16	31.53	35.67	57.20
(Kg)CO ₂ /ha)	100%	17.47	24.06	21.06	43.79	49.54	79.44

Fuente: MOSCATELLI *et al.* (2000); ACEVEDO *et al.* (2005); GARRIDO, 1993); ICT (2004), USDA (1999); BAZAN (1996).

En la (Figura 19), se muestra gráficamente los porcentajes relativos de los indicadores más resaltantes, para las 6 unidades vegetativas (<1 año, 3 años, 5 años, 10 años, 20 años y >30 años) en el caserío Caracol-Chinchao considerando la vegetación ideal de referencia la calidad de suelo, lo cual corresponde los cercanos a la línea roja.

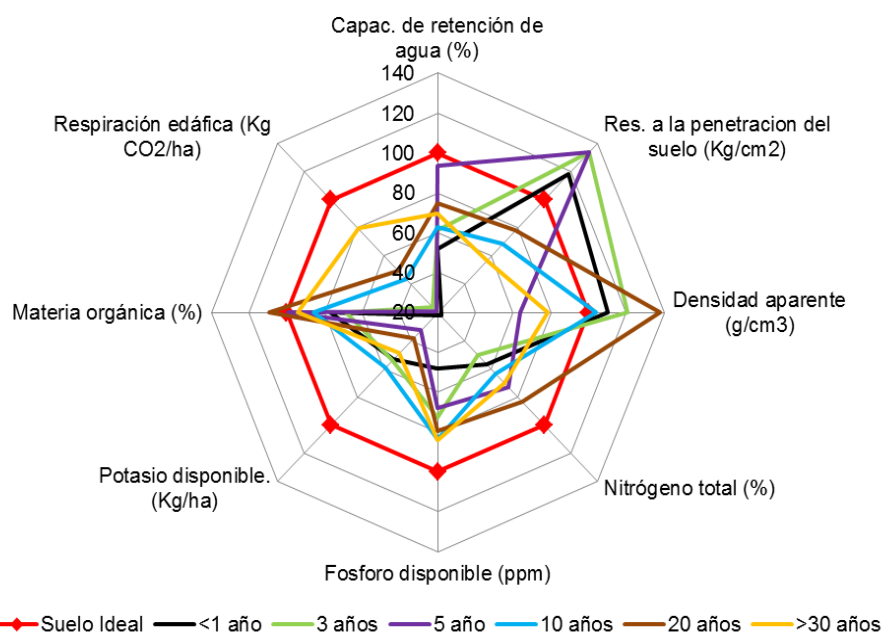


Figura 18. Porcentaje relativos de las seis unidades de vegetación y el sistema referencia a calidad de suelo.

V. DISCUSIÓN

5.1. De la determinación de los indicadores físicos

La textura del suelo en las seis unidades de vegetación (Cuadro 4) se puede observar que los mejores suelos de acuerdo al método de hidrómetro Bouyoucos se encuentran los suelos de la vegetación <1 y 3 años ya que muestra una textura franco el cual sería un suelo equilibrado con propiedades compensadas, en cambio la vegetación >30 años presentan una textura franco arenoso que es un suelo regular y la vegetación de 5, 10 y 20 años como suelo de textura franco arcillo arenoso. Según Jonson (1979), citado por LOPEZ (1990), considera que los suelos francos son los equilibrados con propiedades compensadas y los suelos arenosos, carecen de propiedades coloidales y de reservas de nutrientes; por el contrario los suelos arcillosos son muy activos, adsorben iones y moléculas, floculan (la fracción arcilla permanece inmóvil) y dispersan (migran), y retienen mucha agua, bien estructurados, pero son impermeables y asfixiantes. Asimismo, USDA (1999) considera que la textura es una característica importante porque influencia la fertilidad y ayuda a determinar la velocidad de consumo de agua, el almacenaje de agua en el suelo, la y la amplitud de aireación. Por ejemplo suelos arcillosos retienen más agua y nutrientes que suelos arenosos.

Los suelos que presentan nivel elevado (>30%) de capacidad de retención de agua pertenecen a la vegetación de 5 años (46.75 %), seguido la vegetación de 20 años (37.33%), >30 años (34.67%), 3 años (30.67%), 10 años (31.33%) y la vegetación <1año (26%) presenta un nivel medio (20% - 30%) de retención de agua; estos valores de capacidad de retención de agua han sido clasificados de acuerdo a GARRIDO (1993). Además, los suelos con un 26% de capacidad de retención de humedad presentan textura franco arcilloso, y los suelos que se encuentran dentro de los rangos de 30% -70% de retención de agua son suelos considerados francos arcillosos (CISNEROS, 2003).

Con respecto a la resistencia de la penetración del suelo, la vegetación 3 años y 5 años presentan promedios altos (2 kg/cm^2) siendo considerados como nivel de resistencia de suelos duros, pero la vegetación <1año (1.77 kg/cm^2), 10 años (1.03 kg/cm^2) y 20 años (1.17 kg/cm^2) toman un nivel de resistencia de suelos suaves, en cambio la vegetación >30 años (0.85 kg/cm^2) como un nivel de suelos muy suaves; estos niveles han sido clasificados por el ICT(2004). A medida que la resistencia de la penetración del suelo aumenta disminuye el crecimiento de raíces de la mayoría de las plantas, la compactación es causada primordialmente por el pisoteo de los animales, uso de los equipos para granja y para laboreo, y tráfico vehicular (Bradford, 1986; citado por la USDA, 1999). En relación a lo anterior los suelos de la vegetación de 3 años y 5 años presentan valores altos de resistencia por el constante pastoreo y quema en la zona ocasionando la disminución de crecimiento de la raíces. Sin embargo, la resistencia a la

penetración del suelo es similar a la relación con la densidad aparente del suelo ya que ambas variables representan una medida del grado de compactación del suelo pero la resistencia de la penetración del suelo es aún más específica, dado que se simula el esfuerzo necesario de las raíces de las plantas para penetrar el suelo (GEORGE, 2006).

En el caso de la infiltración del suelo, la vegetación 3 años (136.06 cm/h), 20 años (315.22 cm/h) y 30 años (188.39 cm/h), muestran una clasificación de infiltración muy rápida, mientras que la vegetación <1 año (21.96 cm/h) y 10 años (24.22 cm/h) presentan una clase de infiltración rápida, y la vegetación de 5 años (14 cm/h) una infiltración de clase moderadamente rápida (USDA, 1999). Asimismo se denomina capacidad de infiltración a la velocidad máxima con que el agua penetra el suelo; este indicador del suelo depende de muchos factores, principalmente un suelo arcilloso y compacto tiene menor velocidad de infiltración (AOKI y SERENO, 2006), inclusive puede llegar a un nivel crítico de infiltración partir de valores menores de 0.20 cm/h según DORAN (1999).

La densidad aparente del suelo de las seis unidades de vegetación (Figura 5), se puede apreciar que en la de 20 años muestra un promedio mayor (1.79 g/cm³) y en la de 5 años (0.83 g/cm³) un promedio menor. Según USDA (1999), la baja densidad aparente registrada en las 6 unidades vegetativas (<1, 3, 5, 10, 20 y >30 años) son valores menores a 1.8 g/cm³ que es considerada suelo muy porosos y sueltos, esto se podría decir deducir que se debe por la poca intervención humana en estas áreas

y los materiales vegetales acumulados pueden formar un tipo de colchón de materia orgánica, lo que se traduce en valores de densidad aparente bajos en las capas superficiales, asimismo los valores menores a 1 g/cm^3 son suelo con alto contenido de materia orgánica que toma referencia a la vegetación de 5 años (0.83 g/cm^3). Además, MENDOZA (2011) clasifica la relación entre la densidad aparente y la porosidad de suelo (%), para el cual se podría indicar que en la vegetación <1 año (1.43 g/cm^3) existe 48% de porosidad, la de 3 años (1.57 g/cm^3) un 41%, la de 5 años (0.83 g/cm^3) un 65%, la de 10 años (1.35 g/cm^3) un 50%, la de 20 años (1.79 g/cm^3) un 33% y la de >30 (1.02 g/cm^3) un 63% de porosidad. En relación a lo anterior se podría decir 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 (INGARAMO *et al.*, 2003).

La temperatura del suelo (Figura 6), en las seis unidades vegetativas se ha encontrado altas diferencias estadísticas significativas, por la cual el promedio de la vegetación <1 año es la que presenta mayor temperatura (32.14°C) siendo estadísticamente diferentes a las demás unidades de vegetación, las unidades 3, 5 y 10 años presentan promedios de 22.26°C , 21.51°C y 22.91°C respectivamente y el menor promedio se encontró a la vegetación de 20 y >30 años. Este indicador del suelo según SANDOVAL (2006) dependerá de la cantidad de radiación neta que llegue a la superficie terrestre, la cual depende de factores externos, entre ellos la radiación global disponible, el albedo, y de las emisividades de la atmósfera

y de la tierra, también depende la cobertura vegetal a mayor cobertura menor será la temperatura del suelo.

La Figura 7 muestra claramente los promedios de profundidad efectiva del suelo, en la <1 año (3.33 cm) es considerada una profundidad extremadamente superficial, en la de 3 años (17.67 cm) como muy superficial, en la de 5 años (25.67) como profundidad superficial, la de 10 años (84.33 cm) moderadamente profundo y la de 20 años (103.33 cm) y >30 años (110 cm) como suelos profundos de acuerdo a la clasificación de MARTINEZ (2006). Asimismo, la FAO (1997) indica que la profundidad efectiva de un suelo es el espacio en el que las raíces de las plantas comunes pueden penetrar sin mayores obstáculos, con vistas a conseguir el agua y los nutrientes indispensables, tal información resulta ser de suma importancia para el crecimiento de las plantas y la mayoría de las últimas pueden penetrar más de un metro, si las condiciones del suelo lo permiten. Además, LOPEZ y RODRIGUEZ (2002) manifiestan que las profundidades efectivas próximas a 115 cm, son adecuadas para la mayoría de las plantas. En términos generales, los suelos delgados tienen menos capacidad para suministrar nutrientes a las plantas que los suelos profundos. En tal sentido el suelo de la vegetación de 20 y >30 años serían considerados para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

5.2. De la determinación de los indicadores químicos

En la Figura 8, se observa que la vegetación de 20 años es la que obtuvo mayor promedio de nitrógeno (0.25%), seguida la vegetación de 5 años (0.22%) y la vegetación de 3 años es la que presentó menor

promedio (0.15%). Según BAZAN (1996), la vegetación de <1, 3 y 10 años presentan un nivel medio (%) de nitrógeno en el suelo y la vegetación 5, 20 y >30 años como nivel alto (%) de nitrógeno total del suelo. En tal sentido, el suelo de las diferentes edades de vegetación presentó diferencias significativas en niveles de nitrógeno. Por lo que, USDA (1999) indica que la cantidad de nitrógeno presente en muchos suelos es escasa, debido a su propia dinámica y a su ciclo biogeoquímico.

La vegetación que presenta mayor promedio de fósforo disponible es la de >30 años y el de menor promedio es la vegetación <1 año. Según la prueba de DGC al 5% del nivel de significancia la vegetación de 3, 5, 10, 20 y >30 años son iguales pero existiendo diferencia estadística con la vegetación <1 año (Figura 9). Según Terron (1995); citado por DE LOS ANGELES (2007), los niveles relativos de fósforo de 0-5 ppm son suelos pobres, 5-10 ppm suelos medios, y 10 ppm a más suelos altos. Por lo cual se consideraría a la vegetación <1, año como suelos de nivel medio de contenido de fósforo y la vegetación de 3, 5, 10, 20 y >30 años como niveles altos de fósforo disponible en el suelo. Sin embargo, BAZAN (1996) considera otro tipo de clasificación valores menores de 5 ppm nivel muy bajo, 5.1- 15 ppm nivel bajo, 15.1- 30 ppm nivel normal, 30.1- 40 ppm nivel alto. En este caso las seis unidades vegetativas evaluadas se encontrarían dentro del nivel bajo de fósforo disponible del suelo. Además los suelos de las seis vegetaciones son ácidos; por lo que, ARDENSON (1995) hace referencia que en suelos ácidos normalmente tienen bajo contenido de fósforo disponible para la planta.

El potasio disponible que posee mayor promedio es la vegetación de 10 años (356.44 kg/ha) y con menor promedio la vegetación de 5 años (196.55 kg/ha). Según la prueba de DGC al 5% expresa que los promedios de cada unidad vegetativa no existe diferencia estadística significativa considerando que los datos son homogéneos estadísticamente. Según BAZAN (1996), los valores alcanzados a >300 kg/ha es considerada como un nivel bajo en potasio disponible del suelo, por lo cual se considera que las seis unidades vegetativas evaluadas (Figura 10) presentan un nivel bajo en potasio disponible. Sin embargo, Terron (1995); citado por DE LOS ANGELES (2007), manifiesta que los suelos que tienen potasio menor de 150 kg/ha son suelos muy pobres, los que tienen de 150-300 kg/ha son suelos pobres, los de 300-400 kg/ha son suelos medios y los que tienen mayor a 400 kg/ha son suelos ricos, entonces se podría asumir que la vegetación de 5, 20 y 30 años son suelos pobres y la vegetación $<1, 3$ y 10 años como suelos medios.

Para la reacción del suelo según la prueba de DGC al 5% expresa que los promedios de pH de la vegetación $<1, 3, 5, 10$ y 20 años son iguales pero diferente estadísticamente a >30 años (Figura 11). Según BAZAN (1996), las seis unidades de vegetación presentan un pH fuertemente ácido ya que los valores son menores a <5.5 . Además, USDA (1999) reporta que el pH del suelo influye en la disponibilidad de los nutrientes, la actividad de microorganismos, la solubilidad de minerales del suelo, y la acidez; por lo general, está asociada con suelos lixiviados;

comúnmente, valores de pH entre 6.0 y 7.5 son óptimos para el crecimiento de la mayoría de las plantas.

La materia orgánica del suelo (Figura 12), en la vegetación de 20 años (5.46%) presenta el mayor promedio y con menor promedio es la vegetación <1 año (3.85%). Pero la prueba de DGC al 5% de nivel de significancia expresa que los promedios de cada unidad de vegetación no muestran diferencias estadísticas significativas. Según la clasificación establecida por BAZAN (1996), el suelo de la vegetación <1, 3, 5, 10 y >30 años se encuentran en niveles altos en materia orgánica por estar dentro del rango de 3 – 5%, en cambio la vegetación de 20 años muestra un nivel muy alto de materia orgánica debido a que es mayor al >5% (Figura 12). Además, Roldan *et al.* (1996); citado por FIGUEROA (2004), un suelo con bajo contenido en materia orgánica y por ende con escasa actividad microbiana determinan una baja calidad y fertilidad edáfica, lo que finalmente dificulta la instauración de una cubierta; en tal sentido se podría considerar que los suelos de las seis unidades de vegetación evaluada son de buena calidad ya que los valores de materia orgánica muestran niveles altos a muy altos.

En la Figura 13 se observa que el mayor promedio de capacidad de intercambio catiónico del suelo presenta la vegetación de 20 años y con menor promedio es el de <1 año. Según la prueba de DGC al 5% de significancia, los promedios de cada unidad de vegetación muestran altas diferencias estadísticas significativas. Además, BAZAN (1996) manifiesta

que los suelos menores de 4 meq/100g presentan un nivel bajo de capacidad de intercambio cationico, los rangos de 4-30 meq/100g como un nivel medio y mayores >30 meq/100g como nivel alto. En tal sentido, los suelos de la vegetacion 3, 5 , 10, 20 y >30 presentan niveles medios de capacidad de intercambio cationico y la vegetación <1año, un nivel bajo. Sin embargo, de acuerdo a lo establecido por GARRIDO (1993), la vegetación <1, 3, 5 y 10 años presentó un nivel muy de bajo debido a que se encuentra dentro del rango de 0 a 10 meq/100 g, considerado suelos muy pobres; que necesita aporte importante de materia orgánica para elevar el CIC; en cambio la vegetación de 20 y >30 años se halla dentro de los rangos de 10 a 20 meq/100g para el cual el autor expresa como un nivel bajo considerando como un suelo pobre que necesita aporte de materia organica, normalmenete en los suelos suele haber mezclas de arcillas y distintos tipos de materia organica, por lo que es disficil de poder conocer su CIC total.

5.3. De la determinación de los indicadores biológicos

El numero de lombrices (Figura 14), con mayor promedio se obtuvo en el suelo de la vegetacion de 10 años (13.67) y con menores promedios la vegetacion <1, 3, 5 años, pero en la vegetacion de 20 y >30 años no se encontró lombrices. Según la USDA (1999), las poblaciones de lombrices pueden variar con las características del sitio (disponibilidad de nutrientes y condiciones del suelo), con las estaciones de año y las especies involucradas; y el rango puede abarcar desde 10 lombrices por pie cuadrado de suelo o 100 lombrices/m². Por lo cual, se consideraría que

la vegetación de 10 años cumple con los rangos considerados como calidad de suelo; sin embargo, no todas las áreas o suelos mantienen o poseen lombrices como es el caso de la vegetación 20 y >30 años, posiblemente porque no fueron introducidas o porque las condiciones ambientales no son favorables. La temperatura óptima oscila, para lombrices, entre 10° y 20°C; el rango superior, letal, es de 25°C a 35°C, las lombrices usualmente están ausentes en suelo de pH menor de 3.5. La mayoría de las lombrices viven en suelos con pH entre 5 y 7.4 (USDA, 1999).

En la Figura 15 se muestra la numeración o recuento microbiano de las bacteria, hongos y actinomicetos, expresando los mayores promedios en la vegetación >30, 3 y 20 años al respecto, según la prueba de DGC al 5%, en la numeración de hongos y actinomicetos no existen significancia; mientras que, en la numeración de bacterias se encontró significancia estadística. Según ACUÑA *et al.* (2006), la numeración de microorganismos es un indicador que refleja la población potencial de bacterias, hongos y actinomicetos en un determinado suelo (unidades formadoras de colonias por 10 gramo del sustrato), en el caso de la bacteria son favorecidas las que se encuentran en un pH cercano a la neutralidad, una baja acidez, altos contenidos de materia orgánica y alta disponibilidad de algunos elementos necesarios para su metabolismo, en cuanto a los hongos es favorable a un pH del suelo medianamente ácido, una acidez intercambiable intermedia, altos contenidos de materia orgánica y alta disponibilidad de elementos esenciales. En tal sentido, el suelo de las seis unidades de vegetación presentaron un pH fuertemente ácido ya que los

valores son menores a <5.5 (Cuadro 11 y Figura 11); además, presentaron valores altos de materia orgánica (Cuadro 11 y Figura 12). Según ACUÑA *et al.* (2006), los valores de colonias de hongos y actinomicetos en los suelos son mayores que los de bacterias, tal como se observa en la Figura 15, posiblemente porque son microorganismos participantes de la nitrificación y amonificación necesaria para la biota del suelo; sin embargo, por lo que se refiere a lo anterior los suelos de las unidades de vegetación presentaron mayor numeración de actinomicetos.

En la Figura 16 se observa que el mayor promedio de biomasa microbiana del suelo presentó la vegetación de 20 años (118 mg) y >30 años (100.67 mg), pero con menor promedio la vegetación de 5 años (55.33 mg). Según IGLESIAS (2008), la biomasa microbiana es el componente más activo del suelo y forma parte del "pool" de la materia orgánica; entonces se podría decir que es favorable la biomasa microbiana encontrada en las unidades de vegetación debido a que presentan niveles altos de materia orgánica (Figura 12), de acuerdo a la clasificación de BAZAN (1996). ACUÑA *et al.* (2006) afirman que la biomasa microbiana y su actividad en el suelo puede ser empleada como índice de comparación entre sistemas naturales o como indicador de las variaciones sufridas en el equilibrio de un suelo debido a la presencia de agentes nocivos o su manejo productivo; para el cual la prueba de DGC al 5% muestra que las seis unidades evaluadas son iguales. Además, 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 texturas más finas, ya que en estos últimos

la biomasa microbiana puede ser aislada dentro de los agregados sin acceso al sustrato inter-agregados. Por lo cual, se consideraría a la vegetación <1, 3, 10, 20 y >30 años con mayor actividad de biomasa ya que se encuentra con textura de medio a gruesa.

El mayor promedio en cuanto a la respiración edáfica es la vegetación >30 años y con menor promedio es la vegetación de <1 año (Figura 17). Según la prueba de DGC al 5%, expresa que existen diferencias significativas (Cuadro 15). Además, USDA (1999) considera que la vegetación <1, 3 y 5 años presentan una clase de actividad del suelo moderadamente baja debido a que se encuentra dentro del rango de 10.64 - 17.92 kg CO₂/ha mostrado que esto se debe ya sea, porque el suelo ha perdido parte de materia orgánica disponible y por qué la actividad biológica es baja. Sin embargo, para la vegetación de 5 y 10 años se encuentran dentro del rango de 17.92 - 35.84 kg CO₂/ha considerado la actividad del suelo de clase mediana que está aproximadamente o alejado de un estado ideal de actividad biológica. En cambio, para la vegetación >30 años se podría afirmar que presenta una actividad de suelo de clase ideal ya que está dentro del rango 35.84 - 71.68 kg CO₂/ha, para el cual USDA (1999) considera que se encuentra en un estado ideal de actividad biológica y posee adecuada materia orgánica y activas poblaciones de microorganismos.

VI. CONCLUSIONES

1. Como indicador físico del suelo se concluyó lo siguiente: la textura del suelo en la vegetación <1 año y 3 años es franco; en vegetación de 5 años, 10 años, 20 años como franco arcillo arenoso y en la vegetación >30 años, como franco arenoso. Los suelo que presenta un nivel medio de capacidad de retención de agua se encontraron en la vegetación <1 año (26 %) y la de 3 años (30.67%). Con respecto a la resistencia de la penetración del suelo se encontró que la vegetación <1año, 3 años, 5 años, 10 años y 20 años presentan un nivel de resistencia de suelos suaves. Para la infiltración del suelo se halló que la vegetación de 5 años (14 cm/h), muestra una infiltración moderadamente rápida. En el caso de la densidad aparente se estableció que la vegetación de 5 años (0.83 g/cm³) son suelos porosos y sueltos. En la profundidad efectiva del suelo se concluyó que la vegetación de 20 años (103.33 cm) y >30 años (110 cm) con suelos profundos.
2. Como indicador químico del suelo se concluyó lo siguiente: la concentración del nitrógeno total del suelo en la vegetación de 20 años (0.25%) y >30años (0.21%) presentan niveles altos. Sin embargo en las seis unidades de vegetacion, se encontró que el fósforo disponible del suelo esta dentro del rango medio; para el potasio disponible como nivel bajo y todos con pH fuertemente acidos. Además, se

determino que la materia orgánica de la vegetación de 20 años (5.46%) presenta un nivel muy alto. La vegetación de 3 años, 5 años, 10 años, 20 años y >30 años, presentan niveles medio de CIC.

3. Como indicador biológico del suelo se concluyó lo siguiente: El mayor número de lombrices del suelo se obtuvo en la vegetación de 10 años. En el recuento de bacterias se encontró que la vegetación >30 años obtuvo mayor número; en hongos fue la vegetación de 3 años y en actinomicetos la vegetación de 20 años. El mayor promedio de la biomasa microbiana se encontró en la vegetación de 20 años (118 mg). En el caso de la respiración edáfica se encontró en la vegetación la vegetación >30 años (57.2 kg CO₂/ha).
4. Los efectos que tienen relación sobre la calidad de los suelos en base a los indicadores son los siguientes: los suelos de la vegetación <1 y 3 años tienen efectos positivos en base a los indicadores de pH, materia orgánica y temperatura; la de 5 años tiene efectos en base de la capacidad de retención de agua, temperatura, nitrógeno total y materia orgánica; la de 10 años tiene efectos en cuanto a la temperatura, fósforo disponible, pH, materia orgánica y número de lombrices; la vegetación de 20 años en base a la capacidad de retención de agua, profundidad efectiva, temperatura, nitrógeno total, fósforo disponible, pH y materia orgánica y en la vegetación >30 años tiene efectos en base a su densidad aparente, profundidad efectiva, nitrógeno total, fósforo disponible y respiración edáfica.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones que deben considerarse el tipo de suelo, signos de erosión, historia de manejo, pendiente y aspectos topográficos, información climática y ubicación de áreas sensible.
- Realizar los muestreos para la investigación en un periodo en el que el clima es más estable y durante el cual el suelo no fue perturbado.
- Realizar mediciones periódicas, a lo largo del tiempo en un mismo sitio, para así monitorear cambios o tendencias del uso del suelo.
- Tener muy en cuenta la profundidad necesaria del muestreo, puesto que ello dependerá la variación de los valores de los indicadores.
- Realizar estudios de macroinvertebrados teniendo en cuenta su interacción con la vegetación, flujo de exudados, humedad del suelo, biomasa de raíces, relaciones con circulación de nutrientes, mesofauna del suelo.

VIII. ABSTRACT

The present research was conducted between June and December 2014, in the Caracol town, politically located in the department and province of Huanuco, district Chinchao, at an altitude ranging from 1480 to 1835 m. The objective of the research was to evaluate the soil quality vegetation of different ages to which randomly selected six strata based on the different successional stages and in relation to soil characteristics, achieving to identifying the age of each vegetation (<1 year, 3 years , 5 years, 10 years, 20 years ,> 30 years), classifying it according to the dominant species of each layer of vegetation. In evaluating the analysis of physical, chemical and biological indicators were done.

In the physical indicators identified: Texture, structure, water holding capacity, resistance to penetration, infiltration, apparent density, soil temperature and effective depth; finding statistical difference in the vegetation of different ages, using DGC test 5% significance level. In chemical indicators identified: total nitrogen, available phosphorus, available potassium, soil reaction, organic material and cation exchange capacity; according DGC test at 5% significance level in the vegetation of different ages, no statistical difference was found in available potassium and soil organic matter. In biological indicators identified: the number of earthworms, microbial numbering, microbial biomass and soil respiration. For which there

was only statistically significant with the DGC 5% test, in the number of earthworms and microbial respiration.

The soil quality vegetation of different ages are determined according to their physical, chemical and biological indicators. Soil vegetation < 1 and 3 years has positive effects based on pH, organic matter and temperature; in 5 years has effects based on the water holding capacity, temperature, total nitrogen and organic matter; in 10 years has effects in terms of temperature, available phosphorus, pH, organic matter and number of earthworms; in 20 years has positive effects based on the water holding capacity, effective depth, temperature, total nitrogen, available phosphorus, pH and organic matter; and vegetation > 30 years has positive effects based on its bulk density, effective depth, total nitrogen, available phosphorus and soil respiration.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO, E., CARRASCO, A., LEON, O., SILVA, P., CASTILLO, G., BORIE, G., MARTINEZ E., GONZALES, S., AHUMADA, I. 2005. Criterios de calidad del suelo agrícola [En línea]: USDA, (<http://soils.usda.gov/sqi/informe>, 22 Feb. 2015).
- ACUÑA, O., PENA, W., SERRANO, E., POCASANGRE, L., ROSALES, F., DELGADO, E., TREJOS J., SEGURA, A., 2006. La importancia de los microorganismos en la calidad y salud de suelos. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica.
- ANDERSON, J.P.E., 1982. Soil respiration In: Page, A.L. (Ed.), Methods of soil Analysis: Part 2: Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy-Soil Science Society of America, Madison, W.I., pp. 831-871.
- ARDENSON, D. 1995. La caña de azúcar y el fósforo. Inf. Agronómicas. No. 18. INPOFOS. 6 p.
- ARZUAGA, S., LOPEZ, DALURZO, C., VAQUEZ, S., 2005. Fósforo total, fósforo orgánico y fósforo ácido, en entisoles, alfisoles y vertisoles de corrientes con diferentes usos agrícolas. Universidad nacional del nordeste. Cátedra de edafología. A – 066.
- AOKI, 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.revistaecosistemas.net/articulo.asp/>, 14 jun. 2015).
- BAZAN, R. 1996. Manual para el Análisis Químico Suelos Aguas Plantas. Universidad Nacional Agraria la Molina, Fundación Perú. Fundación para el Desarrollo Agrario. Lima-Perú.
- BUDD, W.W. 1992. ¿Qué capacidad de la tierra? J. Suelo de Conservación del Agua 47: 28-31.
- BUOI, S.W. 1995. Sostenibilidad del Uso del Suelo. Revisión Anual de Ecología y Sistemática 26: 25-44p
- CALDERON, F., 1999. Metodologías para análisis químico del suelo. Labs. 6 Junio. 1999.
- CALZADA, J., 1970. Métodos estadísticos para la investigación. Cornell. 3 era. Ed. Editorial Jurídica. 643 p.
- CHEN, Z. 2000. Relationship between heavy metal concentrations in soils of Taiwan and uptake by crops. [En línea]: ([http:// www.fftc.agnet.org/](http://www.fftc.agnet.org/), 12 feb. 2015).
- CISNEROS A. R. 2003. Materia de Riego y Drenaje. Universidad Autónoma de San Luis Potosí del Centro de Investigación y Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería [En línea]: (<http://ingenieria.uaslp.mx/web2010/Estudiantes/apuntes/ApuntesdeRiego yDrenaje.pdf>, 16 jul. 2015)
- 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.
- DE LOS ÁNGELES MEGÍA PJ. 2007. Diseño de parque municipal en Santa Cruz de Cáñamos. Tesis. Pedro José De Los Ángeles Megía. Disponible. [En línea]: (http://www.uclm.es/area/ing_rural/proyecto, Agos.2015)
- DORAN, J., LINCOLN, N. 1999. Guía para la evaluación de la calidad del suelo. [En línea]: USDA, (<http://soils.usda.gov/sqi/informe>, informe12 ene. 2015).
- GEORGE, A. 2006. Estudio comparativo de indicadores de calidad de suelo en fincas de café orgánico y convencional en Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- FAO, 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Boletín de tierras y aguas. Roma, Italia. 234 p.
- FAO ,1997. Indicadores de calidad de la tierra y su uso en la sostenibilidad de la Agricultura y Desarrollo Rural. Tierra y agua Bull.5. FAO, Roma, Italia.
- FIGUEROA, D. 2004. Estrategias de recuperación de suelos degradados. Horticultura.175: 36-39p.
- GARRIDO V. S.M. 1993. Interpretación de análisis de suelo. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario. España [En línea]: (www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_05.pdf, 20 Agos.2015).
- GONZALEZ, A.*et al.*2004. Laboratorio de microbiología - Instrumentación y

Principios básicos. Edit. Ciencias médicas. La Habana. Cuba. pag. 256.

HÜNNEMEYER, J.A., DE CAMINO, R. y MÜLLER, S. 1997. Análisis del desarrollo sostenible en Centroamérica: Indicadores para la agricultura y los recursos naturales. IICA/GTZ. San José, Costa Rica.

IGLESIAS M. T. 2008. Estudio del carbono de la biomasa microbiana en suelos alterados. Universidad Francisco de Vitoria, Madrid [En línea]: (<http://revistas.ucm.es/index.php/LAZA/article/viewFile/LAZA0808110117A/8858>, 20 Agos. 2015).

INGARAMO, O. E., PAZ G. A., DUGO P. M., 2003. Evaluación de la densidad aparente en diferentes sistemas de laboreo de suelo, en el NO de la Península Ibérica. Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas.

INRENA. 1995 a. Mapa ecológico del Perú. Guía explicativa. Lima, Perú

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES, 2004. Manual de método de laboratorio análisis de suelo.

KARLEN, L., MAUSBACH, M., DORAN, J., CLINE, F., HARRIS, E., 1997. La calidad del suelo: Un concepto, definición, y un marco para la evaluación. Ciencia del suelo. Soc. . Am. J. 61: 4 - 10.

LARSON, WE y PIERCE, FJ 1994. Conservación y Mejora de la Calidad del Suelo. En la evaluación de la gestión sostenible de la tierra en el mundo en desarrollo. Vol.2: Documento técnico. Consejo Internacional para la Investigación y Gestión, Bangkok, Tailandia. IBSRAM Procedimiento Nº 12 (2) 175-203p.

- LOPEZ, A., RODRIGUEZ, f. 2002, microzonificación del cultivo de myrciariadubia hkb me vaugh “camu camu” en suelo aluviales de la región Ucayali, Folia amazonia vol.13 (1-2)-2002.
- LOPEZ R. J., LOPEZ M. J. 1990. El diagnóstico de suelos y plantas (Método de campo y laboratorio). Ediciones Mundi- Prensa. Madrid, España. 363p.
- 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.
- MALLEUX, J. 1975. Mapa Forestal del Perú. Memoria Explicativa. Lima, Perú.
- MARTINEZ, L., J., 2006.SUELO, FETRLIZACION Y MANEJO DE AGUAS. Modelo para evaluar la calidad de las tierras: caso del cultivo de papa, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia.
- MENDOZA C. R. B., 2011. Guía Técnica de Manejo de suelos utilizando indicadores de calidad de suelo. Desarrollo Participativo Integral Rural (DEPARTIR) de la Universidad Nacional Agraria. Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Nicaragua.
- 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 Feb. 2015).
- STOHLGREN, T.J., OWEN, A.J., LEE, M. 2000. Monitoring shifts in plant diversity in response to climate change: a method for landscapes. Biodiversity and Conservation. 9: 65-86.

- SUELO DE CONSERVACIÓN DE RECURSOS NACIONALES (NRCS) de 2004. Cuál es la calidad del suelo. [En línea]: USDA (<http://soils.usda.gov/sqi/> document calidad del suelo, 15 Ene. 2015).
- PARR, J. F., PAPENDICK, R.I., HORNICK, S.B. y MEYER, R. E. 1992. La calidad del suelo: atributos y relaciones con la agricultura alternativa y sostenible. *Estadounidense J. de Agricultura Alternativa* 7: 5-11.
- 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., 2003. La materia orgánica del suelo. Notas. Técnicas N° 16. Facultad de Agronomía. Uruguay. 1992. 16 p.
- TERRADAS, J. 2001. *Ecología de la vegetación: de la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes*. Barcelona, España, Ediciones Omega, S.A.
- DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMÉRICA (USDA), 1999. *Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo*.
- WALSH PERÚ S.A. 2010. *Modificación del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Central Hidroeléctrica Chaglla. Volumen I EIA*. Lima, Perú.

X. ANEXO

Anexo 1. Datos de los indicadores físicos, químicos y biológicos

Cuadro 18. Datos de la capacidad de retención de agua, resistencia a la penetración, infiltración, densidad aparente, temperatura y profundidad del suelo.

	Reten.	R.P.	Inf	D.a.	T°C	P.E
Vegetación	Agua (%)	kg/cm ²	(cm/h)	(g/cm ³)	(día)	(cm)
Menor de 1 año	24.00	1.80	20.41	1.44	32.03	5
	26.00	1.50	22.50	1.35	34.50	2
	28.00	2.00	22.96	1.50	29.90	3
3 años	32.00	2.00	85.22	1.41	20.53	18
	34.00	2.10	176.84	1.81	23.07	15
	26.00	1.90	146.13	1.50	23.17	20
5 años	46.00	1.80	14.75	0.80	21.26	20
	48.00	2.35	15.70	0.76	20.53	27
	46.00	1.85	11.54	0.94	22.73	30
10 años	34.00	1.00	24.06	1.18	22.00	75
	36.00	1.20	18.45	1.42	25.07	90
	24.00	0.90	30.14	1.46	21.67	88
20 años	38.00	1.20	1538.36	1.69	20.50	90
	36.00	1.30	270.27	2.04	17.23	100
	38.00	1.00	360.17	1.65	17.77	120
Mayor 30 años	36.00	0.90	99.27	1.22	16.27	100
	32.00	0.80	277.51	1.10	16.73	110
	36.00	0.85	1306.29	0.75	16.47	120

Fuente: Elaboración propia 2015.

Cuadro 19. Datos de la textura del suelo (arena%, limo%, arcilla%).

Vegetación	Análisis Mecánico			
	Arena%	Arcilla %	Limo%	Textura
	45.68	25.04	29.28	Franco
Menor de 1 año	39.68	25.04	35.28	Franco
	49.68	21.04	29.28	franco
	59.68	19.04	21.28	Franco Arenoso
3 años	45.68	25.04	29.28	Franco
	53.68	19.04	27.28	Franco Arenoso
	57.68	23.04	19.28	franco Arcillo Arenoso
5 años	65.68	21.04	13.28	franco Arcillo Arenoso
	47.68	23.04	29.28	franco
	57.68	27.04	15.28	franco Arcillo Arenoso
10 años	65.68	15.04	19.28	Franco Arcillo Arenoso
	51.68	19.04	29.28	Franco arenoso
	65.68	21.04	13.28	franco Arcillo Arenoso
20 años	59.68	21.04	19.28	franco Arcillo Arenoso
	59.68	17.04	23.28	Franco Arenoso
	55.68	17.04	27.28	Franco Arenoso
Mayor 30 años	65.68	15.04	19.28	Franco Arenoso
	61.68	13.04	25.28	Franco Arenoso

Fuente: Facultad de Agronomía, laboratorio de análisis de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, recibo N°392560

Cuadro 20. Datos de la reacción del suelo, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo disponible y potasio disponible.

Vegetación	Reacción	Materia	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
	de suelo	orgánica	total	disponible	disponible
	(1:1)	%	%	%	K ₂ O (Kg/ha)
	5.57	4.77	0.21	8.55	364.39
Menor de 1 año	5.34	4.33	0.2	8.94	327.29
	4.98	2.44	0.11	4.2	262.36
	5.32	3.38	0.15	12.86	308.74
3 años	4.95	3.21	0.14	12.67	316.69
	4.97	3.66	0.16	7.2	340.54
	5.2	4.77	0.21	11.69	209.36
5 años	4.48	4.55	0.2	10.02	182.86
	5.16	5.63	0.25	8.84	197.43
	5.22	4.77	0.21	13.89	443.9
10 años	5.34	3.9	0.18	13.96	459.8
	5.09	4.23	0.19	9.68	165.63
	6.22	6.15	0.28	13.94	250.44
20 años	4.86	6.07	0.27	13.85	261.04
	5.52	4.15	0.19	7.84	174.20
	3.64	4.85	0.22	15.02	279.59
Mayor 30 años	4.1	4.77	0.21	15.41	290.19
	3.61	4.48	0.2	7.52	306.09

Fuente: Facultad de Agronomía, laboratorio de análisis de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, recibo N°392560

Cuadro 21. Datos de la capacidad de intercambio catiónico del suelo.

Vegetación	CIC	Cambiabiles Cmol (+)/Kg						CiCe
		Ca	Mg	K	Na	Al	H	
Menor de 1 año		5.38	1.53			1.53	0.14	7.31
		3.92	0.91			0.91	0.77	6.6
		4.38	0.63			0.92	1.05	6.98
3 años		3.55	0.47			0.47	0.97	5.99
		3.73	0.48			0.48	0.13	4.51
		3.61	0.18			0.59	0.99	5.37
5 años	-	3.12	0.36			0.67	0.51	4.66
	-	2.74	0.28			0.75	0.72	4.5
	-	2.63	0.26			0.84	0.84	4.56
10 años		6.14	1.75			1	0.77	9.66
		6.21	1.98			0.42	0.86	9.47
		6.7	1.04			1	0.47	9.22
	12.76	11.57	0.78	0.06	0.35	-	-	-
20 años		8.14	0.65			0.67	0.41	9.88
		12.35	2.43			0.17	0.13	15.1
Mayor 30 años		2.94	0.37			7.37	2.19	12.9
		2.36	0.23			5.19	1.7	9.48
		3.7	0.18			6.7	2.17	12.8

Fuente: Facultad de Agronomía, laboratorio de análisis de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, recibo N°392560

Cuadro 22. Datos de las propiedades biológicas del suelo.

Vegetación	N° de Lombrices	Numeración			Biomasa microbiana			Respiración edáfica kg CO ₂ /Ha
		microbiana/10 g de suelo						
		Bacterias x10 ⁴	Hongos x10 ⁴	Actinomicetos x10 ⁴	Bacterias (mg)	Hongos (mg)	Actinomicetos (mg)	
Menor de 1 año	5	5	1	25	12	7	6	15.25
	5	4	3	12	12	36	9	12.1
	3	6	5	5	24	40	20	10.4
3 años	2	4	15	49	26	28	4	20.25
	4	10	7	10	16	2	4	15.5
	9	3	12	13	72	40	3	16.2
5 años	1	5	4	17	8	2	20	15.7
	1	4	3	11	12	4	20	17.2
	1	3	18	12	24	47	12	12.57
10 años	9	5	6	20	16	4	52	36.22
	10	5	7	12	20	6	24	30.12
	22	6	8	9	95	40	4	28.25
20 años	0	3	6	39	10	8	10	35.2
	0	5	7	22	6	4	6	38.6
	0	14	15	16	90	210	10	33.2
Mayor 30 años	0	11	6	10	8	8	10	57.2
	0	13	8	7	4	16	6	52.8
	0	19	10	11	25	200	25	61.6

Fuente: Elaboración propia 2015.

Anexo 2. Panel fotográfico



Figura 19. Coordinando con la autoridad y encargado de las áreas en estudio.



Figura 20. Realizando el muestreo de suelo para el respectivo análisis.



Figura 21. Realizando el peso la muestra húmeda en el campo, para determinar la Da. Del suelo.



Figura 22. Monitoreando la temperatura del suelo.



Figura 23. Realizando la infiltración del suelo.

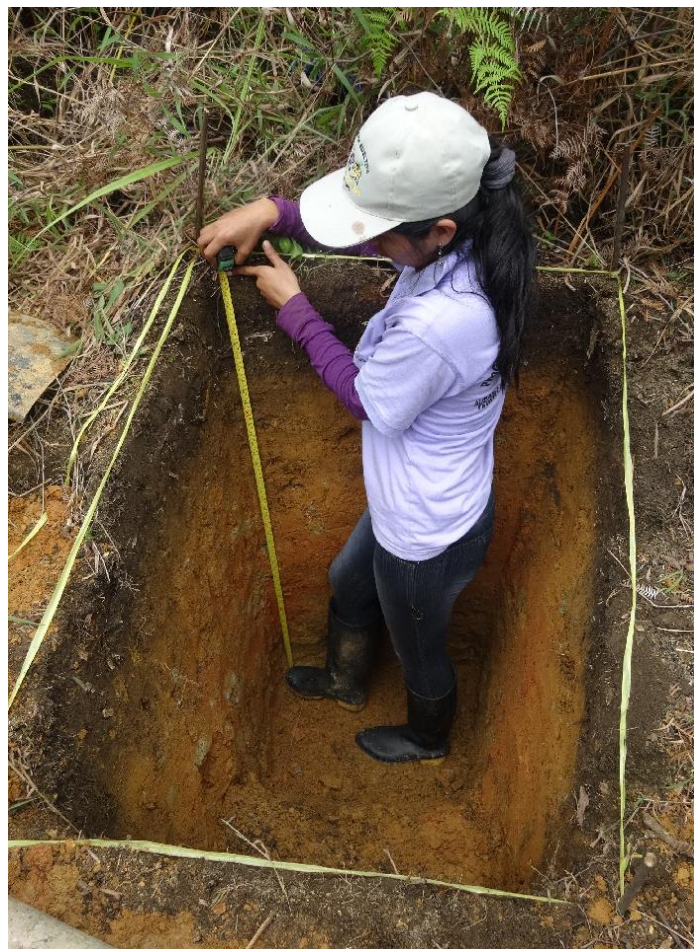


Figura 24. Realizando la calita del suelo.



Figura 25. Realizando el conteo de lombrices del suelo.



Figura 26. Realizando pruebas de capacidad máxima de retención de agua del suelo.



Figura 27. Determinando la respiración edáfica.



Figura 28. Realizando ensayos de la biomasa microbiana del suelo.