

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**DETERMINACIÓN DE CARBONO, NITRÓGENO Y FÓSFORO DEL SUELO Y
HOJARASCA EN DIFERENTES EDADES DE VEGETACIÓN EN LA
LOCALIDAD DE CARACOL - CORDILLERA CARPISH**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

MENCIÓN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

Presentado por:

BENJAMÍN BAILÓN OBREGÓN

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 31 de Julio de 2017, a horas 8:30 a.m. en la Sala de Sesiones del Departamento Académico de Ciencias en Conservación de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

“CARBONO, NITRÓGENO Y FÓSFORO EN EL SUELO EN DIFERENTES GRADOS DE DEGRADACIÓN EN LA LOCALIDAD DE CARACOL, DISTRITO DE CHINCHAO – CORDILLERA CARPISH”

Presentado por el Bachiller: **BAILON OBREGÓN, Benjamín**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“BUENO”**

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

Tingo María, 18 de Abril de 2018

Dr. LUCIO MANRIQUE DE LARA SUÁREZ
PRESIDENTE

Ing. MSc. SANDRO JUNIO RUIZ CASTRE
VOCAL

Ing. ERLE OTTO J. BUSTAMANTE SCAGLIONI
VOCAL

Ing. JOSÉ D. LÉVANO CRISÓSTOMO
ASESOR

Ing. M.Sc. RONALD HUGO PUERTA TUESTA
ASESOR

DEDICATORIA

La presente investigación se la dedico a mi Dios creador todopoderoso quién me guía por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentan, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A la memoria de mi Sra. madre Juana
Obregón Taquio, Por su amor grande;
y a mi Sr. padre Cesar Bailon
Almaida, por su amor inmenso, sabios
consejos y su apoyo incondicional.

A mis hermanos Isaías, Esther, Cesar,
Pedro, Samuel, Juan, Micaela, Alex y
Brígida; por estar siempre presentes,
acompañándome para poderme
realizar mi tesis:

**¡Sé fuerte y valiente! No temas ni te desanimes, porque el SEÑOR tu
Dios estará contigo dondequiera que vayas (Josué).**

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por haberme forjado como profesional
- Al Blgo. M.Sc. Chuquilín Bustamante, Edilberto por su orientación profesional, durante el trabajo de campo y gabinete, así como también, durante la redacción de tesis, y un ejemplo profesional a seguir.
- Al Proyecto de Investigación Aplicada con financiamiento de 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.
- A María Elena Villanueva Ulpiano; por ser mi compañera, amiga y novia, gracias por tus consejos, por estar en mi lado todo este tiempo.
- Al Ing. Lévano Crisóstomo José y Ing. M.Sc. Ronald Hugo Puerta Tuesta por sus apoyos y sugerencias en la asesoría de mi tesis.
- A los miembros de jurado calificador de la tesis; Dr. Lucio Manrique de Lara Suarez, Ing. M.Sc. Sandro Junior Ruiz Castre, Ing. Erle Otto Javier Bustamante Scaglioni. Por sus oportunas sugerencias.
- A mi prima Ing. Ana Elizabeth Medina Baylon, por su apoyo incondicional brindado, moral y económico.

- A mis tíos (a): Older Mario Vásquez y Anatila Baylon, por su amor fraternal, apoyo incondicional y por estar presente cada instante de mi vida, quedarán guardados en el infinito recuerdo.
- 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 a cabo la ejecución del proyecto en sus terrenos.
- Al señor Gelasio Jáuregui por su apoyo en los trabajos de campo durante la ejecución del proyecto.
- A todos los forjadores de las bases de conocimiento, y a mis amigos que acompañaron y apoyaron de la forma directa e indirectamente en la cristalización de la investigación.
- A todos mis profesores de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, quienes construyeron en mi formación profesional.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. La cobertura del suelo.....	3
2.1.1. Carbono almacenado en suelo y hojarasca.....	4
2.1.2. Materia orgánica del suelo (MOS)	6
2.1.3. Nitrógeno	13
2.1.4. Reacción del suelo o pH	15
2.1.5. Fósforo disponible	15
2.2. Estudios realizados	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1. Lugar de ejecución	21
3.1.1. Ubicación política	21
3.1.2. Ubicación geográfica.....	21
3.1.3. Accesibilidad	23
3.1.4. Antecedentes del bosque de protección de Carpish.....	23
3.2. Materiales y métodos	24

3.2.1.	Materiales y herramientas	24
3.2.2.	Equipos	24
3.3.	Metodología	24
3.3.1.	Selección del área de muestreo	25
3.3.2.	Determinación de carbono, nitrógeno, fósforo, materia orgánica y pH en el suelo	26
3.3.3.	Determinación de carbono, nitrógeno, fósforo, materia orgánica y pH en hojarasca	30
3.4.	Tipo de investigación.....	34
3.3.1.	Variable independiente.....	34
3.3.2.	Variables dependientes.....	34
3.5.	Análisis estadístico.....	35
IV.	RESULTADOS	36
4.1.	Evaluación de las propiedades físicas, químicas y carbono orgánico del suelo, por diferentes edades de vegetación	36
4.1.1	Propiedades físicas de suelos.....	36
4.1.2	Propiedades químicas y carbono almacenado en los suelos	40

4.2. Evaluación de las propiedades químicas y carbono orgánico de la hojarasca por diferentes edades de vegetación.....	44
4.2.1. Propiedades químicas y carbono almacenado en la hojarasca (COH).....	44
V. DISCUSIÓN	48
VI. CONCLUSIONES.....	56
VII. RECOMENDACIONES.....	57
VIII. ABSTRACT	58
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	60
ANEXO	67

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Carbono almacenado en dos sistemas de uso de tierras (SUT) de la provincia de Leoncio Prado.	5
2. Ubicación geográfica de la zona de estudio.....	23
3. Evaluación de la textura de los suelos por edad de vegetación	37
4. Niveles medios de densidad aparente de los suelos en estudio.	39
5. Niveles medios de los indicadores de evaluación con respecto a la edad de la vegetación en estudio.	41
6. Niveles medios de los indicadores de evaluación con respecto a la edad de la vegetación en estudio.	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Mapa de ubicación de la investigación en el distrito de Chinchao.....	22
2. Mapa de ubicación de las parcelas de la investigación.....	22
3. Tamaño recomendado de parcela y sub parcelas para el muestreo de Hojarasca y suelo. Según (STOHLGREN et al. 2000).	25
4. Clases texturales de los suelos evaluados a través de los años de la vegetación situados en la localidad de Caracol – Cordillera Carpish.	38
5. Niveles medios de la variable densidad aparente (g/cm ³) de los suelos evaluados a través de los años de la vegetación.....	40
6. Cantidad de carbono almacenado en el suelo (a), reacción del suelo o pH (b) a través de las edades de la vegetación en estudio.	42
7. Cantidad de materia orgánica (c), nitrógeno (d) evaluado a través de las edades de la vegetación en estudio.	43
8. Cantidad de fósforo (e), potasio (f) a través de las edades de la vegetación en estudio.....	44
9. Cantidad de carbono (a) y nitrógeno (b) almacenado a través de las edades de la vegetación en estudio.	46
10. Cantidad de fósforo (c) y potasio (d) almacenado a través de las edades de la vegetación en estudio.	47

10. Demarcación de la parcela con 01 año con cobertura vegetal.	68
11. Obtención de muestras de hojarasca en la parcela de 03 años con cobertura vegetal.....	68
12. Obtención de muestras de hojarasca en la parcela de 01 años con cobertura vegetal.....	69
13. Obtención de muestras de hojarasca en la parcela de 03 años con cobertura vegetal.....	69
14. Recopilación de información básica de la parcela en estudio.	70
15. Obtención de muestras de hojarasca en la parcela de 05 años con cobertura vegetal.....	70
16. Obtención de muestras de hojarasca en la parcela de 10 años con cobertura vegetal.....	71
17. Obtención de muestras de hojarasca en la parcela de 20 años con cobertura vegetal.....	71

RESUMEN

La investigación se realizó con el objetivo de evaluar las cantidades de carbono, nitrógeno, fósforo del suelo en diferentes edades de vegetación. Para lo cual se evaluó 06 parcelas diferenciadas por la edad de la cobertura vegetal (< 01, 03, 05, 10, 20 y > 30 años) situadas en la “Localidad de Caracol – Cordillera Carpish”, distrito Chinchao - Huánuco. La metodología consistió en el muestreo del suelo para la determinación de las propiedades físicas y químicas. Asimismo, para conocer el contenido de carbono del suelo se utilizó el método del “Cilindro de volumen conocido” descrito por (MARCDICKEN, 1997). Para la hojarasca, se recolectó muestras en cada punto de muestreo de las sub parcelas de 0.25 m², metodología sugerida por Stohlgren et al (2000).

De los resultados para la variable textura del suelo existió mayor predominancia de la fracción arena. Respecto a la densidad aparente existió diferencia estadística, encontrándose menores valores en los suelos de 05 y 30 años, y mayores valores en la parcela con 30 años. Finalmente se concluye que a pesar de existir diferencia significativa para las variables carbono orgánico, pH y nitrógeno en el suelo, estadísticamente a un nivel de confiabilidad del 95 %, se acepta la hipótesis nula, determinándose que las edades de la vegetación no influyen en los niveles de las propiedades físicas, químicas y carbono orgánico en el suelo. Por otra parte, se acepta la hipótesis alternante, al existir diferencia significativa entre los niveles de carbono orgánico, nitrógeno, fósforo y potasio en la hojarasca, concluyéndose que estos son directamente proporcionales a la edad de la vegetación de las parcelas.

I. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es uno de los principales problemas que enfrenta el mundo de hoy. Algunas manifestaciones de dicho cambio son un incremento de cerca de medio grado centígrado desde el siglo pasado y cambios en los regímenes hídricos. La concentración de gases de invernadero (dióxido de carbono, metano y óxidos nitrosos) en la atmósfera ha aumentado.

El dióxido de carbono (CO₂) es el gas que contribuye más al calentamiento global. Una forma de disminuir sus efectos es almacenarlo en la biomasa mediante la fotosíntesis de las plantas y en el suelo a través de la acumulación de materia orgánica.

Las investigaciones recientes indican que el cambio de cobertura y uso de los suelos en el Perú es un problema, y en la actualidad este proceso se ha incrementado significativamente. El incremento de las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera, provenientes de las actividades humanas, podría generar cambios a largo plazo en la estructura, composición y dinámica de los bosques húmedos tropicales. Tal es así que la región Huánuco no escapa de estas actividades y más aún, los bosques de la cordillera Carpish, en donde se presentan procesos de cambio de uso del suelo muy rápidos y existe poca información detallada sobre estos procesos y podrían poner en peligro los servicios ambientales que estos ecosistemas brindan (INRENA, 1995).

Este uso del suelo creó una gran reducción de los bosques primarios, además muchas de las áreas destinadas para cultivo fueron taladas, quemadas y abandonadas debido a la infertilidad de los suelos. La importancia del carbono, nitrógeno, fósforo en el suelo se pone de manifiesto al conocer que los suelos contienen más carbono que la suma existente en la vegetación y en la atmósfera (SWIFT, 2001).

La investigación tuvo como propósito obtener información del almacenamiento de carbono, nitrógeno, fósforo, en el suelo y hojarasca de diferentes edades de vegetación en la Localidad de Caracol, distrito Chinchao - cordillera Carpish.

Objetivo general

- Evaluar la cantidad de carbono, nitrógeno, fósforo del suelo y hojarasca en diferentes edades de vegetación en la Localidad de Caracol - distrito de Chinchao – cordillera Carpish.

Objetivo específicos

- Determinar y evaluar las propiedades físicas, químicas y carbono orgánico del suelo en parcelas con diferentes edades de vegetación
- Determinar y evaluar las propiedades químicas y carbono orgánico de la hojarasca en parcelas con diferentes edades de vegetación.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. La cobertura del suelo

La cobertura del suelo pasa a ser uno de los factores más eficientes en la minimización de los efectos indeseables, que se derivan de la exploración de los suelos agrícolas, debido especialmente a la acción protectora proporcionada por los residuos orgánicos dejados por los cultivos, los cuales actúan interceptando las gotas de lluvia y disipando su energía cinética.

La cobertura es un factor para el éxito de la producción agrícola en la siembra directa, principalmente, en lo referente a la economía de agua. Dentro de las principales características buscadas, las plantas utilizadas deben proteger el suelo y mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas para el cultivo siguiente (FURLANI *et al.*, 2008).

El sistema de labranza del suelo, además de influir en la distribución del residuo depositado en la superficie del suelo, modifica la relación masa-volumen, la cantidad de agua en el suelo, el contenido de materia orgánica, la estructura y la temperatura del suelo, entre otros. Cultivos que fueron desarrollados sobre siembra directa, después de haber sido cultivados con labranza convencional o reducida, presentaron en los primeros

años, después del cambio del sistema de cultivo, un estado de compactación más elevado, comparado con cultivos que continuaron siendo labrados tradicionalmente (GENRO *et al.*, 2004).

2.1.1. Carbono almacenado en suelo y hojarasca

El carbono es el elemento químico fundamental de los compuestos orgánicos, que circula por los océanos, la atmósfera, el suelo, y subsuelo. Estos son considerados depósitos (reservorios) de carbono. El carbono pasa de un depósito a otro por medio de procesos químicos, físicos y biológicos.

La atmósfera es el menor y el más dinámico de los reservorios del ciclo del carbono. Mientras tanto, todos los cambios que ocurren en este reservorio tienen una estrecha relación con los cambios del ciclo global de carbono y del clima. Gran parte del carbono presente en la atmósfera ocurre en la forma de dióxido de carbono (CO_2 , también conocido como gas carbónico). En menor proporción, el carbono atmosférico se presenta en la forma de metano (CH_4), Perfluorocarbonos (PFCs) e Hidrofluorocarbonos (HFC). Todos estos son considerados Gases del Efecto de Invernadero (GEI), que contribuyen con el equilibrio térmico de la Tierra.

BRINGAS (2010) determinó el carbono total aéreo almacenado en sistemas de bosques secundarios y SAF de cacao más laurel, de 9,10 y 11 años de edad para ambos sistemas, obteniendo mayor contenido de carbono en los bosques secundarios; además se observa que el incremento de la cantidad de carbono, está relacionado con la edad del sistema, y esto se

cumple para los dos SUT evaluados. También se observa que en el estrato 18 arbóreo se encuentra la mayor cantidad de carbono, seguido de la hojarasca y finalmente el estrato arbustivo-herbáceo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Carbono almacenado en dos sistemas de uso de tierras (SUT) de la provincia de Leoncio Prado.

SUT	Arbórea	Arbustiva / herbácea	Hojarasca	Total (t.C/ha)	FC
Bosque secundario 9 años	21.6	0.87	5.2	50.3	3.1
Bosque secundario 10 años	69.3	0.2	5.3	74.8	7.5
Bosque secundario 11 años	94.7	0.4	6.9	102.1	9.3
Cacao + laurel 9 años	47	0.5	2.8	50.3	5.6
Cacao+ laurel 10 años	62.6	1.7	5.1	69.5	6.9
Cacao + laurel 11 años	80	1	2.6	83.6	7.6

Fuente: BRINGAS (2010)

ARREAGA (2002) refiere que cualquier actividad relacionada al uso del suelo que modifique la cantidad de biomasa en la vegetación tiene el potencial de alterar la cantidad de carbono almacenado y emitido hacia la

atmósfera, lo que influencia directamente en la dinámica del clima de la Tierra. Por su parte RÜGNITZ *et al.* (2009) mencionan que el cambio de carbono entre el reservorio oceánico y el atmosférico ocurre por medio de procesos químicos que establecen un equilibrio entre las camadas superficiales de los océanos y las concentraciones en el aire sobre la superficie. La cantidad de CO₂ que el océano absorbe depende de la temperatura del mismo y de la concentración ya presente, de tal manera que temperaturas más altas del agua pueden causar la emisión de CO₂.

TROUVE *et al.* (1994) obtuvieron un almacenamiento de C de 63 a 76 t/ha en sistemas silvopastoriles con *E. deglupta* en el Congo. El aporte de las pasturas en el almacenamiento de C fue inferior a 2.5 t/ha ANDRADE (1999), obtuvo un almacenamiento de C en las pasturas de 0.35 y 1.5 t/ha para *B. brizantha* asociada a *E. deglupta* o *A. mangium*, respectivamente. Los suelos de los bosques son grandes sumideros de carbono. KANNINEN citando a Boliny Sukamar, (2000), entrega cifras de 123 t/ha de C almacenado en suelo de bosque tropical.

2.1.2. Materia orgánica del suelo (MOS)

HARMAND (2003) define la MOS como la fracción orgánica del suelo que incluye residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, incluyendo tejidos y células de organismos que viven en el suelo, y sustancias orgánicas producidas por los habitantes del mismo (flora y fauna).

El contenido porcentual de materia orgánica en la primera capa del suelo es alto con respecto a las capas subsiguientes, lo que indica una disminución regular del contenido de carbono orgánico a mayor profundidad. En el horizonte B, salvo excepciones como la de los suelos derivados de cenizas volcánicas, la disminución de la materia orgánica es notoria y se debe a que la acumulación de restos orgánicos y la actividad de los microorganismos se da en los primeros decímetros del suelo quedando cantidades menores en el horizonte B.

El ámbito de variación del contenido de materia orgánica en el suelo, ésta sujeto a diversos factores como el clima (Temperatura y precipitación en especial), acidez del suelo (pH), tipos de vegetación que cubren el suelo y su permanencia en el tiempo, población de macro y microorganismos, régimen de humedad del suelo, drenaje, microrelieve y el tipo de uso que se dé al suelo (FASSBENDER, 1993).

2.1.2.1. Importancia de la materia orgánica del suelo (MOS)

El papel de la materia orgánica no es únicamente adicionar nutrientes al suelo, en especial N, ya que la fertilización mineral actúa con mayor precisión y eficiencia. La fertilización mineral por más completa que sea, nunca consigue mantener la productividad del suelo, ya sea en clima templado o tropical.

Entre los beneficios que la materia orgánica aporta al suelo están (PRIMAVESI, 1982).

- Reserva de nutrientes de liberación lenta; ácidos orgánicos y alcoholes; durante su descomposición sirven de fuente de carbono a los microorganismos de vida libre.
- Fijadores de N, posibilitando, así, su fijación; Posibilidad de vida a los microorganismos, especialmente los fijadores de N, que producen sustancias de crecimiento, que tienen un efecto muy positivo sobre el desarrollo vegetal.
- Alimento a los organismos activos en la descomposición, produciendo antibióticos que protegen a las plantas de pestes, contribuyendo así a la salud vegetal.
- Sustancias agregantes del suelo, haciéndolo grumoso, con bioestructura estable a la compactación y acción de las lluvias.
- La MOS favorece la formación de mesoporos y macroporos lo que facilita una mejor porosidad y aireación del suelo.
- Se mejora la infiltración y retención de agua por coloides orgánicos; Incremento de la resistencia del suelo a la erosión.

2.1.2.2. Descomposición de la materia orgánica

La descomposición se define como la desintegración paulatina de materia orgánica muerta (ETHERINGTON, 1982) y es producto de la interacción de dos fuerzas: la reducción mecánica del tamaño de las partículas

y la mineralización del material, ósea la conversión de elementos de su forma orgánica a su forma inorgánica.

La descomposición de residuos vegetales sobre la superficie del suelo es de particular importancia para los procesos de transformación de la materia orgánica y las relaciones tróficas del suelo, las que dependen de las condiciones del suelo, pH, humedad y temperatura y el manejo brindado al suelo. También se mencionan otros factores, como son: la aireación, la acidez y el poder nutricional del suelo. Además es el paso inicial para la consiguiente liberación de nutrientes en el sistema; la cual desempeña dos papeles fundamentales (SWIFT *et al.*, 1981):

- La mineralización de los elementos esenciales contenidos en la fitomasa.
- Ayudar a la formación del suelo (agregados con la formación de ácidos húmicos que sirven como cemento).
- Este proceso de descomposición se regula con el efecto combinado que ejercen el tipo de sustrato y el ambiente sobre las poblaciones de organismos descomponedores.

2.1.2.3. Influencia de las condiciones ambientales

La temperatura y la precipitación modifican marcadamente la naturaleza y la rapidez de la descomposición del follaje. Un cambio en la temperatura puede alterar la composición de la flora activa e igualmente tener

influencia sobre cada organismo vivo en la comunidad, afectando los procesos de descomposición y liberación de nutrientes. Estos dos factores afectan indirectamente la tasa de descomposición y en sí la mineralización de nutrientes (JORDAN, 2008).

ALEXANDER (2007) señala que el nivel óptimo de humedad para los organismos descomponedores que se hallan en el suelo es de 60 -70 %. Sin embargo el nivel óptimo puede variar dependiendo de la temperatura. Generalmente, el ritmo en la descomposición de la materia orgánica sigue siendo igual en las diferentes temperaturas, excepto que la velocidad de su descomposición y la evolución del CO₂ es mayor a altas temperaturas. Inicialmente, el residuo del material orgánico estará formado de células microbianas, sustancias que se parecen a la lignina y minerales; estos productos, a su vez, sufren cambios posteriores de tipo enzimático y químico para así originar sustancias, más bien coloidales, que se conocen bajo el nombre de humus.

2.1.2.4. Acumulación de materia orgánica en el suelo

La acumulación de materia orgánica a través del proceso de fotosíntesis y de la absorción de elementos nutritivos, se refleja en la biomasa de los sistemas de producción agroforestales (FASSBENDER, 1993). El patrón mensual de aporte de residuos al suelo en sistemas agroforestales, depende de las características fisiológicas de las especies involucradas en el sistema y las condiciones climáticas reinantes (COLE y RAPP, 1981), pero puede ser modificada por el manejo de podas.

La materia orgánica que llega al suelo, tras un proceso de descomposición, sufre profundas modificaciones en su composición hasta dar lugar a las llamadas sustancias húmicas, que son propias y exclusivas del suelo, es lo que se conoce como proceso de humificación. En este proceso interviene un gran número de grupos de microorganismos, unos específicos y otros no (PALM, 1995).

2.1.2.5. Propiedades físico - químicas de la materia

La constitución química y propiedades físicas del sustrato son factores que afectan la actividad de organismos descomponedores de la materia orgánica. Una baja disponibilidad del N y un alto contenido de fenoles son factores limitantes en la descomposición de la materia orgánica. La baja concentración de N en tejidos vegetales tiene una relación directamente proporcional con la velocidad de descomposición (ESQUIVEL, 1997).

La resistencia a la descomposición del sustrato, puede estar relacionada con factores como los contenidos de nutrientes, contenido de ligninas, consistencia, tamaño de las partículas (ANDERSON y SWIFT, 1983).

Algunos autores consideran que el factor más importante que regula la descomposición es la relación C/N inicial del sustrato. La cantidad de material vegetal, su composición y propiedades son esenciales dado que controlan los procesos de descomposición, mineralización y humificación y actúa como la fase de transición entre la biomasa viva y el suelo (CUENCA *et al.*, 1983).

La calidad del carbono de un material orgánico depende de las proporciones del carbón soluble, celulosa (hemicelulosa) y lignina; la calidad, en este caso se refiere a la energía disponible para los organismos descomponedores. El carbón soluble que incluye carbón metabólico y de almacenamiento, es de alta calidad y es principalmente responsable de promover el crecimiento y la actividad microbial (SMITH, 1994).

La cantidad de carbón soluble es también quien determina la mineralización de nutrientes o patrones de inmovilización. La celulosa, o estructuras polisacaridas, son de calidad intermedia para la descomposición y son atacados por microbios después que los carbohidratos solubles se han agotado (SWIFT, 2011).

2.1.2.6. Organismos descomponedores de la materia orgánica

El proceso de descomposición, en su fase inicial, es realizado por invertebrados tales como artrópodos, los cuales fragmentan físicamente la hojarasca, mejorando así las condiciones para que la microfauna (microartrópodos y nemátodos) puedan continuar con el proceso. Finalmente la descomposición bioquímica es llevada a cabo por hongos y bacterias del suelo (REYNOLDS y HUNTER 2001).

Algunos autores sostienen que la respiración en la hojarasca no presenta cambios en respuesta al aumento de diversidad de especies. Siendo la descomposición un proceso principalmente microbiológico, la composición y cantidad de microorganismos son los factores edáficos más importantes. Este

proceso se debe fundamentalmente a los requerimientos nutricionales de diversos organismos heterótrofos que utilizan las sustancias contenidas en los sustratos como fuente de energía y de elementos necesarios para la síntesis de su protoplasma (ALEXANDER, 2007).

2.1.3. Nitrógeno

El nitrógeno es uno de los elementos principales para la vida. Es esencial para la vida de las plantas porque estimula el crecimiento por encima del suelo, y contribuye al brillante color verde característico de las plantas saludables. Aunque el nitrógeno molecular (N_2) compone el 78 % de la atmósfera, esta forma de nitrógeno no puede usarse por los animales ni por la mayoría de las plantas en la fabricación de aminoácidos y proteínas esenciales.

Este nitrógeno molecular, primero, ha de "fijarse" (combinado con oxígeno o hidrógeno) para formar compuestos tales como amoníaco (NH_3) o nitrato (NO_3^-), o alguna otra forma orgánica de nitrógeno. Una variedad de bacteria fijadora de nitrógeno vive libre en el suelo, mientras la otra variedad vive dentro de los nódulos de las raíces de las legumbres (la soya, o soja, el maní, las habichuelas, el trébol, la alfalfa). La descomposición de materiales en el suelo de los bosques, también, constituye una fuente de nitrógeno porque el amoníaco o el amonio (NH_4^+) se produce en el proceso de descomposición (BREMNER, 1960); (DIAZ, 1970).

La tasa de crecimiento de las plantas, generalmente, es proporcional a la tasa a la cual se provee el nitrógeno. Si el suelo tiene

deficiencia de nitrógeno, las plantas se vuelven altas y débiles, raquíticas y pálidas. Como suele aparecer en relativamente pequeñas cantidades en el suelo de los bosques, el nitrógeno, junto con el fósforo, a menudo, se convierte en el nutriente que limita el crecimiento de las plantas, y, por consiguiente, limita la productividad de los bosques. La mayor parte del nitrógeno en el suelo se ha de hallar en los horizontes superiores de los suelos, y, como consecuencia, el nitrógeno puede drenarse fácilmente de los suelos cuando ocurre alguna perturbación (BREMNER, 1965).

Existe una relación directa entre la velocidad de degradación de la materia orgánica con el incremento de los nutrientes en el suelo.

BROSS *et al.*, 1995; PALM y SÁNCHEZ (1990) demostraron esta misma relación; sin embargo, mencionan que una rápida liberación, al inicio del proceso de degradación, puede resultar en una pérdida de nutrientes, sobre todo de potasio y nitrógeno por lixiviación durante la lluvia. Sin embargo, con relaciones C:N mayores de 15:1 prácticamente no existe mineralización en el suelo, ya que el poco N presente es utilizado por los microorganismos (SPRENT, 1983). Por tal motivo, es recomendable, cuando se aplica abono verde, utilizar especies con diferentes velocidades de degradación para asegurar un flujo continuo de nutrientes y protección al suelo en el tiempo. La limitación del N en SAF no está definida primordialmente por los factores que afectan la descomposición de las hojas, sino por la cantidad del material depositado (hojarasca) en el suelo y por su distribución en el tiempo (GLOVER y BEER, 1987; IMBACH, 1987).

2.1.4. Reacción del suelo o pH

La reacción del suelo o pH es un índice de la acidez, neutralidad o alcalinidad del suelo. Se representa mediante el logaritmo negativo de la concentración de H^+ expresada en moles por litro. El pH genera una escala numérica que va desde el 0 al 14. Cuando en una solución predominan los cationes de H^+ sobre los aniones OH^- , se dice que es ácida, es básica cuando predominan los OH^- (MARTÍNEZ, 2003).

2.1.5. Fósforo disponible

La disponibilidad de nutrientes del suelo afecta la composición, estructura y funcionamiento de los ecosistemas terrestres (RICHARDSON *et al.*, 2004). En particular, las concentraciones de fósforo (P) inorgánico en el suelo son determinantes de la productividad primaria neta de los ecosistemas terrestres y limitan el proceso de fijación de carbono por las plantas. En una sucesión primaria, la disponibilidad de P varía considerablemente durante el desarrollo del suelo (WALKER y SYERS, 1976). Aunque los factores que regulan la disponibilidad de nutrientes a corto plazo son bien conocidos (RICHARDSON *et al.*, 2005), existen escasos estudios que exploren cómo el macronutriente P varía en el largo plazo durante la sucesión forestal y cuáles son los factores que determinan la variación de estos elementos en el suelo y las plantas en escalas de siglos o milenios.

Durante los estados sucesiones tardíos, en la mayoría de las crono secuencias de largo plazo (CREWS *et al.*, 1995). RICHARDSON *et al.* (2004)

se ha documentado un decaimiento en los contenidos totales de P, una fase regresiva de la sucesión que solo es posible de discernir en crono secuencias de muy largo plazo en las que la productividad primaria neta y la acumulación de biomasa tenderían a disminuir (PELTZER *et al.*, 2004).

JACKSON (1964) refiere que en los suelos ácidos, la deficiencia de fósforo ha sido reconocida como una de las limitaciones más importantes para la producción vegetal y se genera por la alta reactividad de los fosfatos inorgánicos con los oxihidróxidos de hierro y aluminio bajo estas condiciones, el P orgánico puede constituir una fuente importante de P disponible para las plantas que usualmente no es considerado en los análisis de fertilidad.

Se ha demostrado que los cambios en el uso de la tierra pueden provocar modificaciones en la materia orgánica y nutrimentos, y por lo tanto en la disponibilidad del fósforo para las plantas. En el caso del P, el uso de métodos de fraccionamiento es una herramienta útil para determinar el capital, pero especialmente la cuantía de diferentes reservorios con disponibilidad inmediata, a mediano y a largo plazo para las plantas. El fósforo es un elemento esencial para la vida. Las plantas lo necesitan para crecer y desarrollar su potencial genético. Lamentablemente, el fósforo no es abundante en el suelo. Y lo que es peor, mucho del fósforo presente en el suelo no está en formas disponibles para la planta. La disponibilidad de este elemento depende del tipo de suelo, según este, una pequeña o gran parte del fósforo total puede estar “fijado” en los minerales del suelo. Esto significa que la planta no puede absorberlo.

En la naturaleza, el fósforo forma parte de las rocas y los minerales del suelo. Las fuentes de fósforo como nutrimento para las plantas son los fertilizantes minerales y los fertilizantes orgánicos. Los fertilizantes minerales son compuestos inorgánicos de fósforo que se extraen de los grandes yacimientos de “roca fosfórica”. Estos compuestos minerales, son tratados para hacerlos más solubles para que así, sean disponibles para las plantas y puedan ser utilizados por estas en la formación de tejidos y órganos vegetal.

El fósforo (P_4) es un elemento esencial para los seres vivos, y los procesos de la fotosíntesis de las plantas, como otros procesos químicos de los seres vivos, no se pueden realizar sin ciertos compuestos en base a fósforo. Sin la intervención del fósforo no es posible que un ser vivo pueda sobrevivir. Asimismo, el fósforo se encuentra en la naturaleza en forma de compuestos de calcio (apatita), hierro, manganeso y aluminio conocidos como fosfatos, que son poco solubles en el agua. En los buenos suelos agrícolas el fósforo está disponible en forma de iones de fosfato (P_2O_5). Las plantas absorben los iones de fosfato y los integran a su estructura en diversos compuestos. Sin fósforo las plantas no logran desarrollarse adecuadamente. Los animales herbívoros toman los compuestos de fósforo de las plantas y los absorben mediante el proceso de la digestión, y los integran a su organismo, donde juegan un rol decisivo en el metabolismo. Los carnívoros toman el fósforo de la materia viva que consumen y lo integran a su estructura orgánica. En ciertas zonas de la Tierra se han formado acumulaciones de compuestos fosforados y que son ampliamente explotados para fertilizar los suelos agrícolas y mejorar su contenido en fósforo (RICHARDSON *et al.*, 2004).

Los seres vivos (plantas y animales) al morir restituyen los compuestos de fósforo al suelo y al agua por el proceso de descomposición. Los compuestos liberados son otra vez aprovechados por las plantas para reiniciar el ciclo. En la naturaleza la disponibilidad de fósforo se produce por la descomposición de rocas, que contienen fosfatos, y mediante la erosión natural llegan a los suelos y a las aguas (ríos, lagos y mares). En las zonas de erupciones volcánicas, los compuestos de fósforo son depositados por las cenizas (RICHARDSON *et al.*, 2005).

2.2. Estudios realizados

ROMERO (2010) investigó que si la presencia de árboles en sistemas silvopastoriles afecta las características del suelo superficial comparado con la pastura abierta; para cada árbol se tomó de forma apareada (bajo la copa y en la pastura abierta) y en cada posición, una muestra compuesta de 10 submuestras de los primeros 10 cm del suelo. Encontró que la presencia del árbol aumenta el contenido de carbono orgánico y potasio en los suelos por debajo de los árboles, y de nitrógeno por debajo de dos de las cuatro especies. También aumenta ligeramente el pH por debajo de tres especies de árboles y lo reduce ligeramente por debajo de *Tabebuia rosea*, se argumenta que las diferencias en carbono orgánico y nitrógeno observadas probablemente se deben a diferencias en la calidad de la hojarasca y posibles diferencias en los procesos de descomposición dentro y fuera de la copa. El mayor contenido de potasio por debajo de las copas probablemente se debe a un mayor contenido de éste en la hojarasca arbórea y a la presencia de lavado

de potasio de la copa de los árboles. El contenido de fósforo podría estar influenciado por la preferencia del ganado a descansar por debajo de árboles.

ENCINA (2006) al evaluar el comportamiento de los suelos bajo diferentes coberturas y el efecto del tiempo de uso en algunas de sus propiedades físicas y químicas observo que suelos con textura fina, como ser franco-arcillosa y arcillosa, presentaron mayor materia orgánica que suelos con textura gruesa, areno-franca, la variación también fue clara. Suelos bajo cobertura de bosque, con textura fina, franco-arcillosa, poseen mayor materia orgánica, calcio y magnesio que suelos utilizados en actividades agrícolas que también presentaron textura fina franco-arcillosa y arcillosa y/o suelos bajo cobertura de bosque pero con textura gruesa, areno franca. El contenido de P y K^+ fue mayor en suelos con uso agrícola. Suelos con un tiempo de uso mayor a cinco años comparados con los de menor a 5 años de uso presentaron niveles más bajos de M.O, (Ca^{++}), (Mg^{++}), (K^+) y (Na^+), aunque se observó una leve diferencia del elemento fósforo, el cual fue mayor en los suelos con uso mayor a cinco años. La densidad aparente fue mayor en suelos con textura arcillosa, así como la densidad fue mayor en suelos bajo uso agrícola.

GAYOSO (2006) indica que el carbono acumulado por unidad de superficie es muy variable según el tipo y estado del bosque. Destacan los bosques siempre verdes adultos, donde el carbono total es 606.80 t/ha, con la siguiente distribución: 283.75 t/ha en biomasa aérea; 79.92 t/ha en raíces (diámetro > 5 mm); 2.79 t/ha en sotobosque; 53.56 t/ha en necromasa; 5.87 t/ha en hojarasca; y 180.91 t/ha en los primeros 30 cm de suelo. El carbono

acumulado en los suelos supera en todos los casos estudiados 140 t/ha tomando en cuenta que se consideraron los primeros 30 centímetros de profundidad de suelo ya que aunque se encuentra materia orgánica hasta los 120 cm se estima que los cambios que se puedan producir más allá de los 30 cm no son significativos.

SEGURA y KANNINEN (2002) refiere que los sistemas forestales y agroforestales pueden funcionar como sumideros de CO₂ almacenando en promedio 95 t/ha en zonas tropicales, para un total de 2,1 billones de toneladas de C por año en estas áreas. Mientras que ANDRADE (1999) indica que en sistemas con pastos, el C almacenado fue mayor en los sistemas silvopastoriles (95 t/ha), con respecto a las pasturas en monocultivo (68 t/ha para *Brachiaria* y 84 t/ha para ratana).

INGRAM y FERNÁNDEZ (1999), citado por la FAO (2000) y ACUÑA y OVIEDO (2001) indican que el secuestro de carbono estará controlado por un número de factores (composición mineral del suelo, su textura, profundidad, densidad aparente y la aireación). La magnitud a la que el nivel potencial del carbono del suelo puede llegar, será controlado por factores limitantes como la producción de biomasa aérea y subterránea, por los efectos directos del clima en los procesos del suelo y por los efectos indirectos del clima en la producción de biomasa. Los niveles actuales del almacenamiento de carbono serán controlados por factores de reducción entre los cuales están las pérdidas directas por erosión, lixiviación y por las causas del manejo de residuos de las cosechas que puedan limitar el carbono que entran en el suelo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se realizó en 06 parcelas diferenciadas por la edad de la cobertura vegetal (< 01, 03, 05, 10, 20 y > 30 años) ubicadas en la “Localidad de Caracol – Cordillera Carpish” situado políticamente en el distrito Chinchao, provincia Huánuco. Así mismo, el trabajo de gabinete se llevó a cabo en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

3.1.1. Ubicación política

Región	:	Huánuco
Provincia	:	Huánuco
Distrito	:	Chinchao
Localidad	:	“Caracol – Cordillera Carpish”

3.1.2. Ubicación geográfica

El distrito Chinchao se encuentra entre los 825 y 3690 m.s.n.m. Latitud Sur: 09° 46' 15”, Longitud Oeste: 76° 05' 17” (BRACK, 1987).



Figura 1. Mapa de ubicación de la investigación en el distrito de Chinchoa



Figura 2. Mapa de ubicación de las parcelas de la investigación

Cuadro 2. 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

3.1.3. Accesibilidad

La vía de acceso principal a la zona de la investigación es por la Carretera Central, tramo Tingo María - Huánuco a una 1 hora en vehículo de transporte motorizado con una distancia de 65 km a la Localidad de Caracol.

3.1.4. Antecedentes del bosque de protección de Carpish

Los bosques de protección de Carpish a escasos kilómetros de la ciudad de Huánuco y Tingo María, es una parte de la cordillera oriental, que alcanza los 2 891 msnm, cubierto por una densa neblina la mayor parte del año y una vasta comunidad de especies florísticas que varían en su composición estos bosques gozan de fama internacional, como nicho de una gran diversidad de aves, orquídeas, entre otros respectivamente. Presenta dos zonas

claramente definidas: La zona de Sierra hasta el paso de Carpish y la zona ceja de selva desde Carpish se encuentra a 29.1 Km de la ciudad de Huánuco (Carretera Central), y aproximadamente 50 km de Tingo María (PRONAMACHCS-INRENA, 1997).

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Materiales y herramientas

Machetes, bolsas plásticas, marcadores, lápices y formularios, cuaderno de campo, papel kraf, bolsa ziploc, rafia, marco metálico 50 x 50 cm, impermeables, lima, rotuladores.

3.2.2. Equipos

GPS (Sistema de posicionamiento global) Navegador Garmin, brújula Suunto, clinómetro Suunto, balanza digital, computadora portátil, cámara fotográfica, estufa.

3.3. Metodología

Para la determinación de las parcelas a evaluar se estableció la coordinación con la Alcaldía Municipal del Distrito de Chinchao y los agentes municipales de los caseríos del mismo distrito. Para identificar la edad de la vegetación se realizó un transecto y el diagnóstico mediante la modalidad de entrevistas a los propietarios de los medios aledaños.

3.3.1. Selección del área de muestreo

Los sitios para realizar el estudio se seleccionaron con base en los siguientes criterios:

- Áreas con diferentes edades de vegetación.
- El área de muestreo estará en función a las edades de la vegetación que existe en el bosque de Carpish.

Las parcelas fueron marcadas con rafia de color rojo para facilitar la ubicación del muestreo dentro de las mismas, fueron ubicados mediante el método aleatorio.

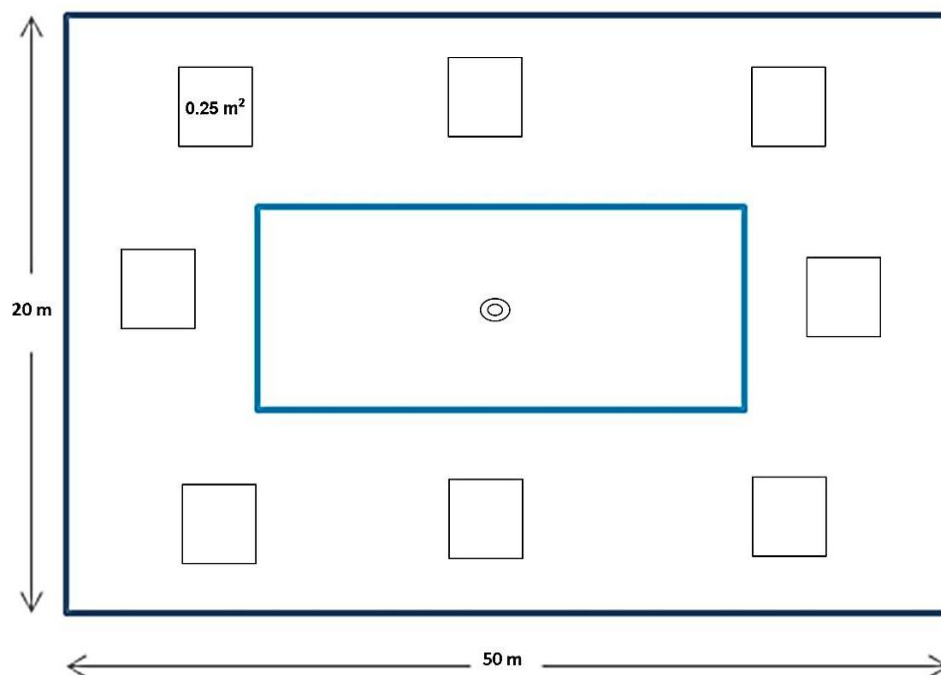


Figura 3.. Tamaño recomendado de parcela y sub parcelas para el muestreo de Hojarasca y suelo. Según (STOHLGREN *et al.* 2000).

El tipo de muestreo que se realizó en esta investigación fue sistemático esto es una herramienta que nos permitir a reducir la variabilidad de las muestras. Este método consiste en ubicar las muestras en un patrón regular en toda la zona de estudio.

Para el suelo, se colecto una muestra de este en el centro de las subparcela haciendo un hoyo de 0 - 15 y 15 - 30 cm de profundidad. Se extrajo una muestra con una pala pequeña que contenga suelo de las diferentes profundidades. Luego se mezcló hasta que el color sea uniforme y se tamizará la muestra por una malla de 5 mm de diámetro, de ello, se escogió aleatoriamente una muestra de 100 g.

Para la hojarasca, se recolecto muestras en cada punto de muestreo de las sub parcelas de 0.25 m² donde se ubicaron en forma sistemática distanciados de 50 m de largo y 20 m ancho. La delimitación de cada sub parcela se realizó con un marco metálico de 50x50 cm (RÜGNITZ *et al.*, 2009). Se recolecto cuidadosamente toda la muestra de hojarasca que quedó dentro del marco metálico y se colocó en una bolsa ziploc. Luego se etiqueto y transporte al laboratorio (MAGURRAN, 1988).

3.3.2. Determinación de carbono, nitrógeno, fósforo, materia orgánica y pH en el suelo

- Carbono y densidad aparente en el suelo

Para conocer el contenido de carbono por unidad de volumen del suelo fue necesario tener la densidad aparente del suelo. Para esto se utilizó el

método del “Cilindro de volumen conocido” descrito por (MARCDICKEN, 1997) como se presenta a continuación. Con la ayuda de un cilindro de volumen conocido, introducir el cilindro en el suelo sin comprimir (utilizar aceite mineral si ocurre adhesión del suelo con el metal). En cada profundidad de evaluación (0 -15 y 15 - 30 cm). Posteriormente la muestra extraída se colocó en una bolsa de papel numerada y con la ayuda de la balanza se determinó el peso húmedo (P1), consecuentemente fue llevada al laboratorio y secado en horno a 105°C hasta obtener un peso constante (P2).

Para calcular la densidad aparente se utilizó la siguiente formula:

$$DA \text{ (g/cm}^3\text{)} = \frac{(P2 - \text{Bolsa})}{(\text{Vol. del Cilindro})}$$

Para determinar el carbono del suelo se usó la fórmula del método de (WALKLEY – BLACK, 1938). Con valores de porcentaje de C y densidad aparente con la siguiente fórmula:

$$CS = CC \times DA \times P \quad (1)$$

Dónde:

CS = Carbono en suelo (tC/ha)

CC = Contenido de C (%) en el suelo

DA = Densidad aparente (g/cm³)

P = Profundidad de muestreo (se utilizó una profundidad de 0 - 30 cm).

El contenido de carbono fue reportado en kg/ha y transformado a tC/ha.

- **Reacción del suelo**

Para la reacción del suelo se utilizó el método del potenciómetro, metodología descrita por DORAN y LINCOLN, (1999); MOSCATELLI *et al.* (2000). Para ello se pesó 30 g de suelo en pasta saturada y se agregó 60 ml de agua destilada, el cual se agito con una varita de vidrio durante una hora y se realizará la lectura directa con el potenciómetro.

- **Materia orgánica en el suelo**

Para determinar la materia orgánica se utilizó el método de Walkley y Black descrita por DORAN y LINCOLN (1999). Se pesó dos muestras de suelo 2 g de suelo en cada crisoles, se registró el peso y se introdujo en la mufla a 600°C por 2 horas, terminada la calcinación, se trasladó los crisoles al desecador, para ser pesados y registrados nuevamente.

Para calcular el contenido de materia orgánica se utilizó la siguiente formula:

$$\text{Materia orgánica} = \frac{A - B \times 100}{A} \quad (2)$$

Dónde:

A = peso muestra

B = Peso de muestra calcinada a 600°C

- **Nitrógeno (N)**

Para la determinación del nitrógeno se utilizó el método de Kjendahl, descrita por DORAN y LINCOLN, (1999); MOSCATELLI *et al.* (2000); ACEVEDO *et al.* (2005). Para ello se pesó 5 g de suelo en un matraz de Kjendahl, y se enrazo la muestra con 20 ml de agua destilada y se añadió 20 ml de H₂SO₄, 2 pastillas de catalizador Kjendahl y unas bolitas de vidrio (para evitar que la ebullición sea violenta), para proceder al ataque de la muestra.

Consecutivamente se tituló hasta que la disolución quede blanca; el nitrógeno se transformó en sulfato de amónico, luego se hizo la destilación. Una vez fría la destilación, se añadió 25 ml de agua destilada, unas gotas de fenolftaleína y se agregó solución concentrada de NaOH hasta que el contenido del matraz tome color rosa persistente, es decir, hasta que se neutralice, con cuidado de que no haya pérdidas de amonio por evaporación. Luego se procedió a destilar, recogiendo los gases desprendidos, sobre un Erlenmeyer de 500 ml que contiene 15 cc de HCl 0.1 y 5 gotas de indicador shiro-tashiro, hasta obtener unos 300 ml de disolución y se valoró por retroceso la disolución obtenida, con NaOH 0.1N exactamente valorada, hasta viraje del indicador de violeta a verde, anotando los ml gastados (V).

Cálculos:

$$\% N_2 = (V'' - V) \times 0,028$$

V = ml de NaOH gastados por la muestra

V'' = ml de NaOH gastados por el blanco

- **Fósforo disponible en el suelo**

Para determinar el fósforo en el suelo se usó el método de Olsen, metodología descrita por DORAN y LINCOLN, (1999); MOSCATELLI *et al.* (2000); ACEVEDO *et al.* (2005).

Consintiendo en un patrón de 120 ppm de fósforo (P), diluyéndose 6 ml de la solución anterior a 50 ml, usando CO_3HNa 0.5N. el patrón de 12 ppm de fósforo (P) se diluyo la solución anterior 10 veces usando CO_3HNa . Los patrones contienen 0.15, 0.30, 0.45, 0.6 ppm de fósforo (P). Luego se tomaron 5 ml de filtrado, colocarlos en un Erlenmeyer de 50 ml, se añadió 15 ml de reactivo (Molibdato antimónico). Finalmente se agito para expulsar el CO_2 y se realizará la lectura al cabo de 15 minutos en el espectrofotómetro de absorción atómica, el cual nos da en ppm.

3.3.3. Determinación de carbono, nitrógeno, fósforo, materia orgánica y pH en hojarasca

- **Carbono almacenado en la hojarasca**

Para calcular el carbono en la hojarasca se tomaron 8 submuestra de la parcela utilizando el marco metálico de 50x50 cm de lo cual se extrajeron 3 muestras, siguiendo la metodología propuesta por (MACDIKEN, 1997). La

cual consiste en ubicar cuatro puntos en dirección Norte, Sur; Este o Este y a distancia diferentes de las cuales se tomaron muestras correspondiente, se homogenizarán para obtener una muestra compuesta por subparcela. Esta fue llevada al laboratorio para determinar la fracción de carbono.

Para el cálculo de la biomasa en esta fuente se obtuvo el peso total húmedo proveniente de una área de 0.25 m² de cada subparcela. Esto se llevó al laboratorio para su secado y determinación del contenido de humedad.

El porcentaje de humedad se estimó en la muestra en condiciones húmeda donde se obtuvo un peso y luego se extrajo el agua libre a capilaridad en un horno a 60°C, hasta alcanzar un peso constante y por medio de la siguiente fórmula se obtuvo el porcentaje de humedad:

$$CH = ((Phs - Pss)/Pss) * 100$$

Dónde:

CH : Contenido de humedad (%)

Phs : Peso húmedo submuestra (g)

Pss : Peso seco submuestra (g)

Con el contenido de humedad se calculó la proporción del peso húmedo que corresponde a biomasa:

Para determinar el porcentaje de materia seca, se tomó el peso seco de la hojarasca, luego se trituró en un molino, posteriormente se tamizó

para después homogenizar la muestra. Se pesó la cápsula de aluminio e introdujo 10 g de muestra, colocándose posteriormente en un horno a 105 °C hasta alcanzar un peso constante. El porcentaje de materia seca se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Materia seca} = (C_m - P_c) / P_m * 100$$

Dónde:

C_m : Cápsula más la muestra seca (g)

P_c : Peso de la cápsula (g)

P_m : Peso fresco de la muestra (g)

Para obtener biomasa seca se utilizó la siguiente fórmula:

$$B = [(P \times MS (\%)] / 100$$

Dónde:

B : Biomasa Seca

P : Peso total húmedo

MS : Materia seca (%)

Para el cálculo del contenido de carbono almacenado en el componente hojarasca se obtuvo multiplicando la biomasa seca por la fracción de carbono mediante la ecuación que se presenta a continuación:

$$CA = Bs * Fc$$

Dónde:

CA : Carbono almacenado

Bs : Biomasa seca

Fc : Fracción de carbono

Los valores obtenidos se dividieron por 1, 000, 000 para obtener toneladas. Estos valores se multiplicaron por la proporción de carbono del componente. Los valores carbono se expandieron a la hectárea y se expresa en t/ha de C.

- **Determinación de nitrógeno**

Para determinar el nitrógeno en la hojarasca se utilizará el Método de Kjendahl, descrita por DORAN y LINCOLN, (1999); MOSCATELLI *et al.* (2000); BREMNER (1960).

- **Determinación de fósforo**

Para determinar el fósforo en la hojarasca se utilizará el método de Olsen, metodología descrita por MOSCATELLI *et al.* (2000); (JACKSON, 1976).

- **Determinación de la materia orgánica**

Para determinar la materia orgánica se utilizó el Método de Walkley y Black descrita por DORAN y LINCOLN (1999); MOSCATELLI *et al.* (2000).

- **Reacción del suelo**

Para el reacción del suelo (pH) se realizará por el método del potenciómetro, descrita por DORAN y LINCOLN, (1999).

3.4. Tipo de investigación

El trabajo correspondió al tipo de diseño de investigación descriptivo.

3.4.1. Variable independiente

Las variables independientes son las cinco unidades en estudio:

- Parcela con cobertura vegetal menor a 01 año.
- Parcela con cobertura vegetal menor a 03 años.
- Parcela con cobertura vegetal menor a 05 años.
- Parcela con cobertura vegetal menor a 10 años.
- Parcela con cobertura vegetal menor a 20 años.
- Parcela con cobertura vegetal menor a 30 años.

3.4.2. Variables dependientes

Las variables independientes son las cinco unidades en estudio:

- Textura y densidad aparente del suelo
- Propiedades químicas y carbono orgánico en el suelo
- Propiedades químicas y carbono orgánico en la hojarasca

3.5. Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se analizaron aplicando estadística descriptiva en un inicio para evaluar su comportamiento entre las parcelas diferenciadas por la edad de la vegetación.

. Para encontrar diferencias estadísticas entre las parcelas con respecto a las variables dependientes se utilizó la prueba Duncan. Para describir los resultados se utilizaron cuadros y graficas de distribución.

IV. RESULTADOS

4.1. Evaluación de las propiedades físicas, químicas y carbono orgánico del suelo, por diferentes edades de vegetación

4.1.1 Propiedades físicas de suelos

- Textura de suelos

En el Cuadro 3, se detalla el análisis físico de suelos de acuerdo a su textura. De ello se observa que el componente de estudio menor a 01 año con cobertura vegetal, se caracteriza en ostentar suelos de textura franca, existiendo predominancia de la fracción arena (49.68%), seguido por el limo y la fracción arcilla. Por otra parte, pasado los 3 años de edad de la vegetación, se observa la presencia y/o predominancia de la textura franco arenoso. Sin embargo, a los 5 años la textura del suelo varia a franco arcillo arenoso.

Consecuentemente a los 10 años, los suelos presentan una variabilidad de la textura, siendo franco arcillo arenoso, franco arenoso y franco. Es indispensable mencionar que en las tres texturas determinadas, existe la predominancia de la fracción arena. Finalmente los suelos de 20 años a más con cobertura vegetal, presentan una homogenización, siendo estos de textura franco arenoso (Cuadro 3).

Cuadro 3. Evaluación de la textura de los suelos por edad de vegetación

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

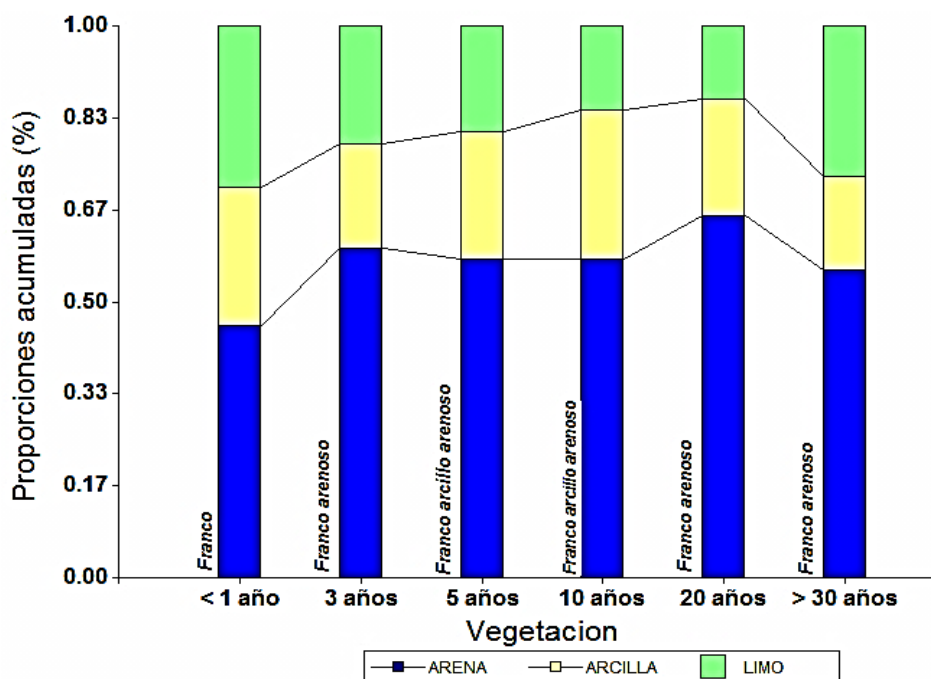


Figura 4. Clases texturales de los suelos evaluados a través de los años de la vegetación situados en la localidad de Caracol – Cordillera Carpath.

En la Figura 4, se observa que para la variable textura del suelo existe mayor predominancia de la fracción arena, seguido por las fracciones arcilla y limo, este comportamiento se da en todos los suelos de las parcelas en evaluación.

- Densidad aparente del suelo

En el Cuadro 4 y Figura 5 se observa los niveles medios de densidad aparente en el suelo de las parcelas evaluadas respecto a la edad de vegetación. Evidenciándose que estadísticamente, los menores valores obtenidos de la variable en estudio ocurren en las parcelas con 05 y 30 años de vegetación, con valores encontrados en el rango de 0.83 a 1.02 g/cm³. Sin

embargo, se observa estadísticamente valores medios de densidad aparente en las parcelas con 01, 03 y 10 años de vegetación, con valores que fluctúan en un rango de 1.35 a 1.57 g/cm³.

Finalmente de la parcelas evaluadas en la presente investigación, estadísticamente se determinó un tercer grupo con mayores valores de la variable densidad aparente (1.79 g/cm³). Por lo que de acuerdo a los resultados obtenidos no se observa una relación directa del año de la vegetación respecto a la densidad aparente del suelo.

Cuadro 4. Niveles medios de densidad aparente de los suelos en estudio.

Edad de la vegetación	Densidad aparente del suelo (g/cm ³)
< 01 año	1.43 ± 0.04 b
03 años	1.57 ± 0.12 b
05 años	0.83 ± 0.06 a
10 años	1.35 ± 0.09 b
20 años	1.79 ± 0.12 c
> 30 años	1.02 ± 0.14 a
p – valor	0.0002
C.V. (%)	13.17

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$), según prueba de Duncan.

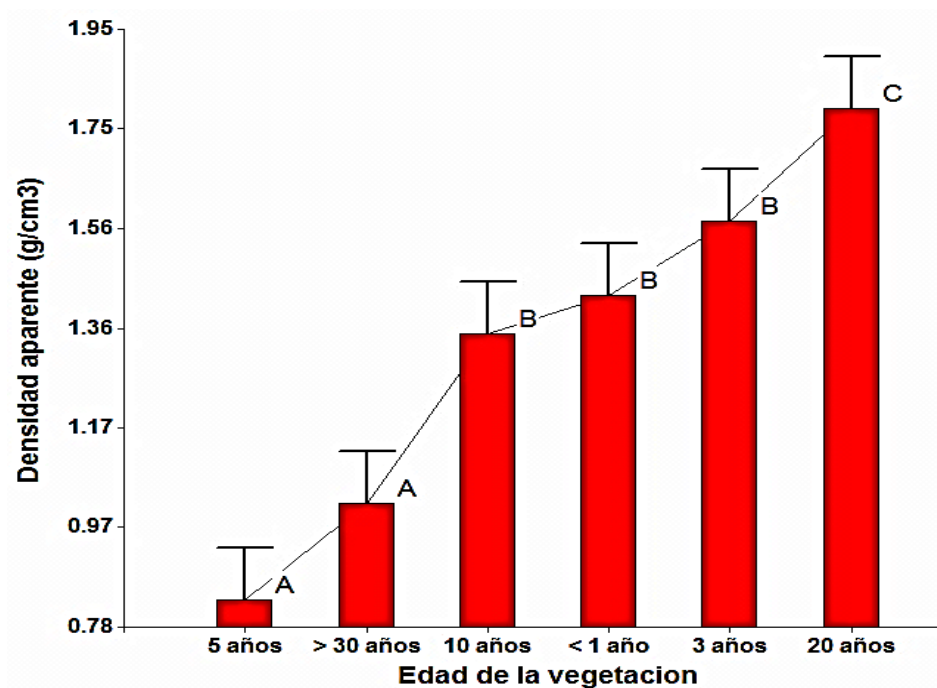


Figura 5. Niveles medios de la variable densidad aparente (g/cm^3) de los suelos evaluados a través de los años de la vegetación.

4.1.2 Propiedades químicas y carbono almacenado en los suelos

Estadísticamente solo existió diferencia significativa para las variables dependientes: Carbono orgánico (COS), reacción del suelo o pH y nitrógeno en el suelo. Respecto al carbono almacenado en el suelo, existió alta diferencia significativa ($p\text{-valor} < 0.0016$) entre las medias de las tasas de almacenamiento de carbono en los suelos con diferentes edades de cobertura. Siendo mayor el almacenamiento en los suelos de 03 y 20 años de cobertura vegetal, con valores que van de 1.36 t/ha a 1.72 t/ha de COS respectivamente. Sin embargo se evidencia menores tasas de almacenamiento en los suelos con 01, 05 y mayores de 30 años de cobertura vegetal, con valores que van de 0.50 a 0.95 t/ha de COS (Cuadro 5).

Cuadro 5. Niveles medios de los indicadores de evaluación con respecto a la edad de la vegetación en estudio.

Edad de la vegetación	Indicadores estadísticos de evaluación					
	COS (t/ha)	pH	M. O. (%)	N. (%)	P (ppm)	K ₂ O (kg/ha)
< 01 año	0.95 ± 0.16 a	5.30 ± 0.17 a	3.85 ± 0.71 a	0.17 ± 0.7 a	7.23 ± 1.52 a	318.01± 29.82 a
03 años	1.36 ± 0.09 b	5.08 ± 0.12 a	3.42 ± 0.13 a	0.15 ± 0.01 a	10.91 ± 1.86 a	321.99 ± 9.55 a
05 años	0.50 ± 0.05 a	4.95 ± 0.23 a	4.98 ± 0.33 a	0.21 ± 0.02 b	10.18 ± 0.83 a	196.55 ± 7.66 a
10 años	1.01 ± 0.03 a	5.22 ± 0.07 a	4.30 ± 0.25 a	0.19 ± 0.01 b	12.51 ± 1.42 a	356.44 ± 95.52 a
20 años	1.72 ± 0.28 b	5.53 ± 0.39 a	5.46 ± 0.65 a	0.25 ± 0.03 b	11.88 ± 0.02 a	195.23 ± 60.59 a
> 30 años	0.84 ± 0.13 a	3.78 ± 0.16 b	4.70 ± 0.11 a	0.21 ± 0.01 b	12.65 ± 2.57 a	291.96 ± 7.70 a
p – valor	0.0016	0.0015	0.0573	0.0445	0.3294	0.1483
C.V. (%)	24.58	7.56	16.97	16.68	28.37	29.76

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$), según prueba de Duncan.

En el Cuadro 5, se observa que estadísticamente existió diferencia significativa entre las medias de pH; existiendo menores rangos en los suelos de 30 años con cobertura (3.78). Sin embargo se evidencia mayores rangos en los demás suelos en estudio, con valores que van de 4.95 a 5.53.

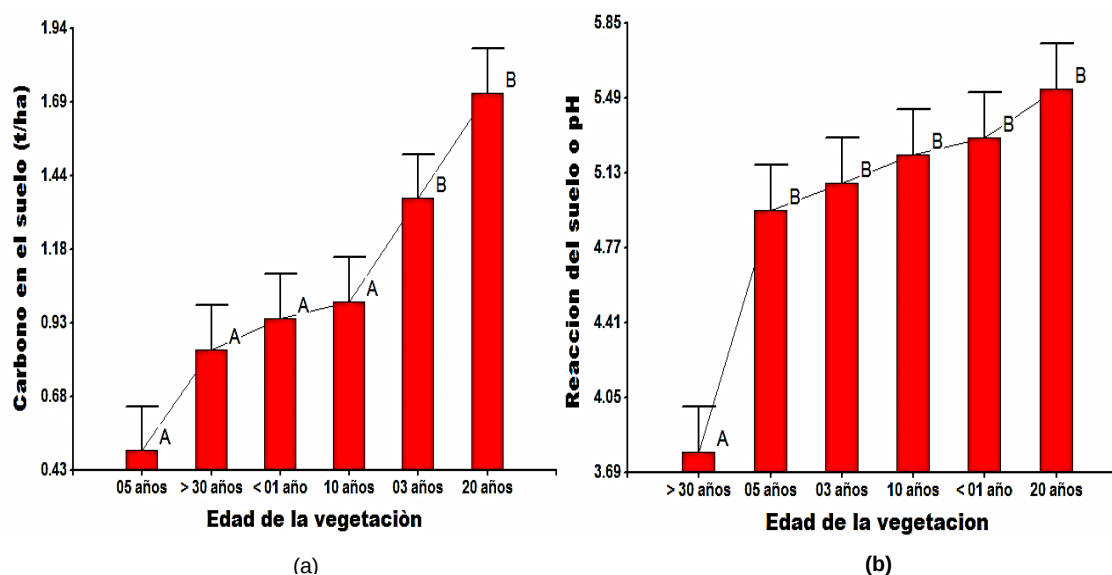


Figura 6. Cantidad de carbono almacenado en el suelo (a), reacción del suelo o pH (b) a través de las edades de la vegetación en estudio.

En las Figuras 6a y 6b, se muestra que existe diferencia estadística para las cantidades de carbono almacenado en el suelo y la reacción del suelo o pH. Sin embargo se puede apreciar que no existe un comportamiento directo o indirecto de los niveles medios de estas variables dependientes en relación a los diferentes años de cobertura del suelo.

En la Figura 7c se aprecia que a pesar de no existir diferencia estadística entre los niveles medios de materia orgánica en los suelos evaluados, se observa que los tenores se encuentran en el rango de 3.42 % a

4.46 %, caracterizando a los suelos en contenidos altos de materia orgánica. Por otra parte, en la Figura 6d se observa que para el comparador de medias encontró diferencia significativa entre los datos observados respecto al nitrógeno en el suelo. Evidenciándose dos grupos: el primero conformado por los suelos con mayores tenores, con valores que van de 0.19 a 0.25 %. (Suelos con 05, 10, 20 y mayores de 30 años de cobertura vegetal), y un segundo grupo con menores tenores, conformado por los suelos de 01 y 05 años con cobertura vegetal, con valores observados que van de 0.15 a 0.17%.

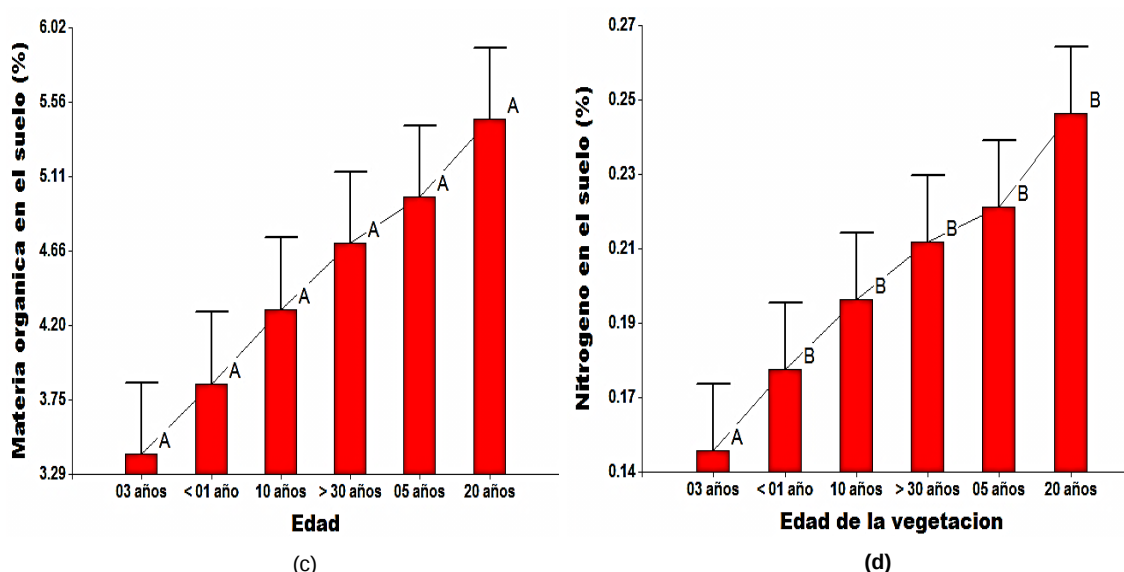


Figura 7. Cantidad de materia orgánica (c), nitrógeno (d) evaluado a través de las edades de la vegetación en estudio.

En la Figura 8e se aprecia que a pesar de no existir diferencia estadística entre los niveles medios de fósforo en los suelos evaluados, se observa que los tenores se encuentran en el rango de 7.23 ppm a 12.65 ppm, caracterizando a los suelos en contenidos bajos de fósforo. Por otra parte, en la Figura 7f se observa que aun 95 % de nivel de significancia no existe diferencia

estadística entre los niveles medios de potasio en los suelos evaluados, encontrándose valores en un rango que va de 195.23 kg/ha a 356.44 kg/ha característico de suelos con niveles de muy bajo y bajo contenido de potasio.

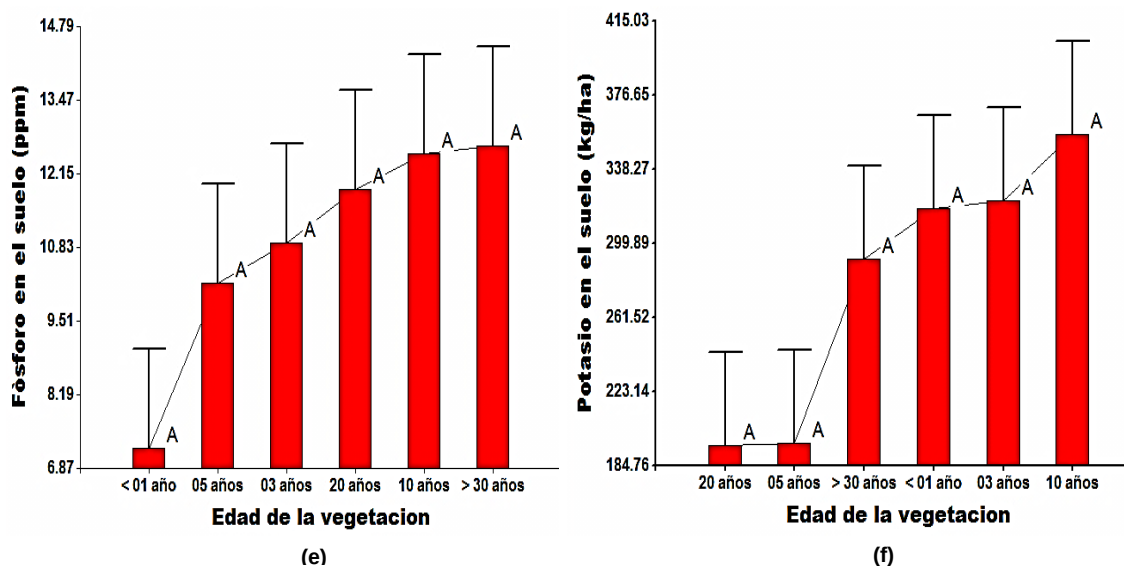


Figura 8. Cantidad de fósforo (e), potasio (f) a través de las edades de la vegetación en estudio.

4.2. Evaluación de las propiedades químicas y carbono orgánico de la hojarasca por diferentes edades de vegetación

4.2.1. Propiedades químicas y carbono almacenado en la hojarasca (COH)

Estadísticamente a un 95% de nivel de significancia, existió diferencia significativa entre las medias ajustadas de los niveles carbono orgánico almacenado en la hojarasca (COH), nitrógeno, fósforo y potasio en la hojarasca de las diferentes parcelas en estudio (Cuadro 6).

Cuadro 6. Niveles medios de los indicadores de evaluación con respecto a la edad de la vegetación en estudio.

Edad de la vegetación	Indicadores estadísticos de evaluación			
	COH (t/ha)	N. (%)	P (ppm)	K ₂ O (kg/ha)
< 01 año	1.31 ± 0.0 a	0.87 ± 0.05 a	0.03 ± 0.017 a	0.05 ± 0.021 b
03 años	4.84 ± 0.35 b	0.75 ± 0.09 a	0.02 ± 0.01 a	0.04 ± 0.001 b
05 años	9.63 ± 0.30 c	0.59 ± 0.001 a	0.01 ± 0.01 a	0.02 ± 0.001 a
10 años	6.84 ± 0.08 d	0.81 ± 0.10 a	0.02 ± 0.01 a	0.05 ± 0.01 b
20 años	10.64 ± 0.45 e	1.32 ± 0.33 b	0.06 ± 0.01 b	0.05 ± 0.0004 b
> 30 años	15.23 ± 0.32 f	1.94 ± 0.13 c	0.05 ± 0.01 b	0.07 ± 0.01 c
p – valor	<0.0001	0.0005	0.0123	0.0007
C.V. (%)	6.38	26.01	38.47	21.34

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$), según prueba de Duncan.

En las Figuras 9a se observa que respecto a las cantidades de carbono orgánico almacenado en la hojarasca, se determinó un mayor almacenamiento de este componente (15.23 t/ha) en los suelos mayores de 30 años con cobertura vegetal, descendiendo la tasa de almacenamiento a medida que decrece el tiempo de cobertura del suelo (1.31 t/ha). Por otra parte, en la Figura 9b para la variable nitrógeno en la hojarasca, se observa que los menores niveles ocurre en las parcelas de 01, 03, 05 y 10 años con cobertura vegetal, cuyos valores oscilan en el rango de 0.59 % a 0.87 %. Sin embargo

para la parcela de 20 años se observa un nivel intermedio de nitrógeno en la hojarasca (1.32 %). Finalmente de las parcelas evaluadas, se determinó mayores valores de nitrógeno en la hojarasca a 30 años de cobertura vegetal (1.94 %).

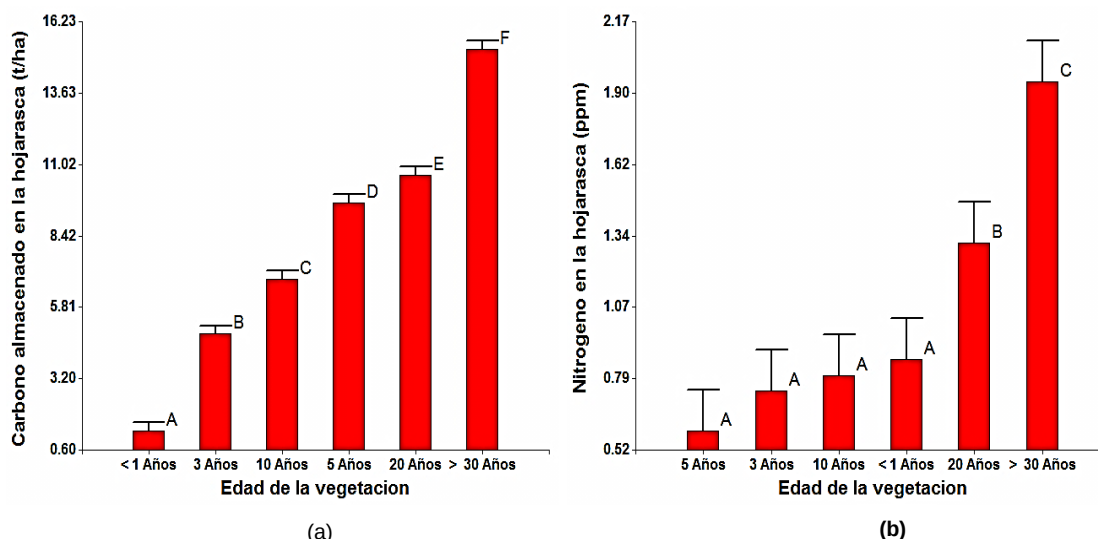


Figura 9. Cantidad de carbono (a) y nitrógeno (b) almacenado a través de las edades de la vegetación en estudio.

En la Figura 10c se observa que estadísticamente existen dos grupos diferenciados de acuerdo a los niveles de fósforo en la hojarasca. Un primer grupo con menores niveles de fósforo en la hojarasca conformado por las parcelas con 01, 03, 05 y 10 años con cobertura vegetal, cuyos valores fluctúan en el rango de 0.01 ppm a 0.03 ppm. Sin embargo el segundo grupo con mayores niveles conformado por las parcelas de 20 y 30 años con cobertura, cuyos valores medios se encuentran en el rango de 0.05 ppm a 0.07 ppm de fósforo en la hojarasca. Finalmente para la variable potasio en la hojarasca (Figura 10d), estadísticamente se determinó tres grupos

diferenciados: Un primero grupo conformado por la parcela de 05 años, cuyo valor promedio es 0.02 kg/ha. Seguido por el grupo conformado por las parcelas con 1, 3, 10 y 20 años, cuyos valores intermedios se encuentran en el rango de 0.04 ppm a 0.05 ppm. Sin embargo, se evidencia mayores niveles de potasio en la parcela de 30 años (0.07 ppm).

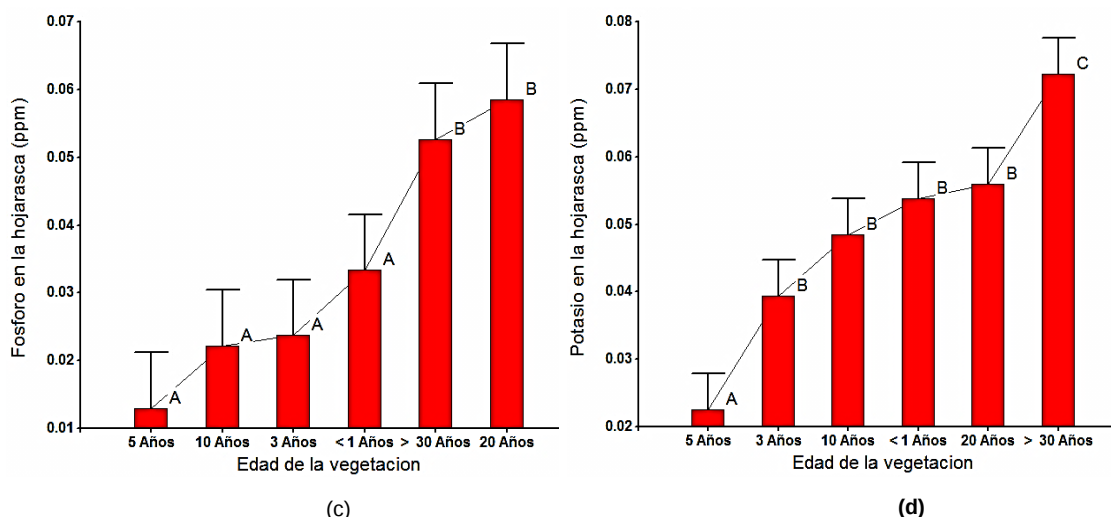


Figura 10. Cantidad de fósforo (c) y potasio (d) almacenado a través de las edades de la vegetación en estudio.

V. DISCUSIÓN

En el Cuadro 3, se observa que para la variable textura del suelo, existe mayor predominancia de la fracción arena, seguido por las fracciones arcilla y limo, este comportamiento sucede en todos los suelos de las parcelas evaluadas. Siendo la textura franca para los suelos de 01 año con cobertura, franco arenoso para la parcela de 3 años, franco arcillo arenoso para la parcela de 05 años. Mientras que a 10 años se evidencia la presencia de las texturas: franco arcillo arenoso, franco arenoso y franco. Finalmente los suelos de 20 y 30 años con cobertura vegetal, presentan la textura franco arenoso. Por otra parte, el Cuadro 4 muestra que existe diferencia estadística respecto a la densidad aparente, encontrándose menores valores en los suelos de 05 y 30 años (0.83 a 1.02 g/cm^3). Asimismo, se determinó valores intermedios en los suelos con 01, 03 y 10 años (1.35 a 1.57 g/cm^3). Sin embargo se encontró mayores valores (1.79 g/cm^3) en los suelos de la parcela con 30 años.

ENCINA (2006) al evaluar el comportamiento de los suelos bajo diferentes coberturas y el efecto del tiempo de uso, observo que la densidad aparente fue mayor en suelos con textura arcillosa, así como la densidad fue mayor en suelos bajo uso agrícola. Coincidimos con lo mencionado por el autor, ya que nuestros resultados indican que existe mayor densidad aparente en los suelos con textura suelta, asimismo, se evidencia que en ambas

propiedades físicas no se observó una relación directa de sus valores respecto a las edades de las diferentes parcelas evaluadas.

En el Cuadro 5, se observa que existió diferencia significativa para las tasas de almacenamiento de carbono en los suelos, siendo mayor en las parcelas con 03 y 20 años de cobertura, con valores que van de 1.36 t/ha a 1.72 t/ha de COS. Sin embargo se evidencia menores promedios en los suelos con 01, 05 y mayores de 30 años, con valores que fluctúan de 0.50 a 0.95 t/ha de COS. De ello, se puede apreciar que no existe un comportamiento directo o indirecto de los niveles medios en relación a los diferentes años de cobertura del suelo. Nuestros resultados difieren de los obtenidos por GAYOSO (2006) quien indica que el carbono acumulado por unidad de superficie es muy variable según el tipo y estado del bosque. Destacando los bosques siempre verdes adultos, donde el carbono almacenado en los primeros 30 cm de suelo alcanza 180.91 t/ha. Mientras que para ANDRADE (1999) en los sistemas con pastos, el C almacenado fue mayor en los sistemas silvopastoriles (95 t/ha), con respecto a las pasturas en monocultivo (68 t/ha para *Brachiaria* y 84 t/ha para ratana).

La variabilidad existente respecto a la cantidad de carbono orgánico en el suelo se atribuye a factores como la formación del suelo, tipo y edad de cobertura vegetal, condiciones climáticas, entre otras. Tal como lo indica INGRAM y FERNÁNDEZ (1999), citado por la FAO (2000), y ACUÑA y OVIEDO, (2001) quien manifiestan que el secuestro de carbono estará controlado por un número de factores como la composición mineral del suelo,

su textura, profundidad, densidad aparente y la aireación. Por lo que concordamos con el autor ya que nuestros resultados evidencian tenores medios y bajos de materia orgánica y nitrógeno en el suelo, causado por factores de reducción entre los cuales están las pérdidas directas por erosión y lixiviación que puedan limitar la cantidad de carbono que entran en el suelo. Aunado a ello, refiere que la magnitud a la que el nivel potencial del carbono del suelo puede llegar, será controlado por factores limitantes como la producción de biomasa aérea y subterránea, por los efectos directos del clima en los procesos del suelo y por los efectos indirectos del clima en la producción de biomasa.

Estadísticamente existió diferencia significativa entre las medias de los niveles de pH o reacción del suelo de pH (Cuadro 5); evidenciándose menores rangos en los suelos de 30 años con cobertura (3.78 – extremadamente ácido), y mayores rangos en los demás suelos en estudio, con valores que van de 4.95 a 5.53 (fuertemente ácido). ROMERO (2010) investigó que si la presencia de árboles en sistemas silvopastoriles afecta las características del suelo superficial comparado con la pastura abierta; de sus resultados concluyo que el pH aumente ligeramente por debajo de la copa de los árboles. Argumentando que ocurra debido a la cantidad del material orgánico en el suelo, probablemente se deben a diferencias en la calidad de la hojarasca y posibles diferencias en los procesos de descomposición dentro y fuera de la copa. De nuestros resultados se observa que la materia orgánica tiene efecto nulo sobre el nivel del pH del suelo, donde la materia orgánica debería generar acidez por efecto de la generación del ácido carbónico. Ya que

en suelos ácidos, con un pH menor que 5, se produce una acumulación de la materia orgánica, esto se debe a diferentes razones; por un lado el pH incide en el contenido y composición de los microorganismos de los suelos: en condiciones ácidas se limita la acción bacteriana y de la macroflora y se favorece la reproducción de hongos, lo que da por resultado una menor eficiencia en la mineralización y humificación con la consecuente acumulación de la materia orgánica

En la Figura 7c se aprecia que a pesar de no existir diferencia estadística entre los niveles medios de materia orgánica en los suelos evaluados, se observa que los tenores se encuentran en el rango de 3.42 % a 4.46 %, caracterizando a los suelos en contenidos altos de materia orgánica. ENCINA (2006) observó que suelos con textura fina (franco-arcillosa y arcillosa) presentaron mayor contenido de materia orgánica que los suelos con textura gruesa (areno-franca). Por otra parte, los suelos con un tiempo de uso mayor a cinco años comparados con los de menor a 5 años de uso presentaron niveles más bajos de M.O. Nuestros resultados difieren lo determinado por el autor, debido a que los suelos de las parcelas evaluadas presentan textura de naturaleza franca con predominio de la fracción arena, existiendo niveles de altos de materia orgánica. Aunado a ello, estadísticamente no se observó una relación directa de los niveles medios de materia orgánica en relación a la edad de cobertura vegetal de la parcela

BROSS *et al.*, 1995; PALM Y SÁNCHEZ (1990) refieren que existe una relación directa entre la velocidad de degradación de la materia orgánica

con el incremento de los nutrientes en el suelo; sin embargo, una rápida liberación, al inicio del proceso de degradación, puede resultar en una pérdida de nutrientes, sobre todo de potasio y nitrógeno por lixiviación durante la lluvia.

De nuestros resultados, en la Figura 7d se observa que existe diferencia significativa respecto al nitrógeno en el suelo. Evidenciándose dos grupos: Suelos con mayores tenores (Suelos con 05, 10, 20 y mayores de 30 años de cobertura vegetal) con valores que van de 0.19 % (nivel medio) a 0.25 % (nivel alto), y suelos con menores tenores (Suelos de 01 y 05 años) con valores que van de 0.15 % a 0.17 % (nivel medio). Sin embargo a pesar de ello no existe un comportamiento directo o indirecto de los niveles de nitrógeno en relación a los diferentes años de cobertura del suelo. Por lo que corroboramos lo mencionado por el autor, al existir una relación directa (niveles medios y altos) de los tenores de materia orgánica y nitrógeno

En la Figura 8e se aprecia que a pesar de no existir diferencia estadística entre los niveles medios de fósforo en los suelos evaluados, se observa que los tenores se encuentran en el rango de 7.23 ppm a 12.65 ppm, siendo este último valores encontrados en la parcela con 30 años de cobertura). ENCINA (2006) refiere que el contenido de fósforo en suelos con un tiempo de uso mayor a cinco años comparados con los de menor a 5 años de uso presentó niveles más altos. Coincidimos con lo mencionado por el autor, al haberse determinado mayores promedios de fósforo en el suelo de las parcelas con mayor edad. Sin embargo de acuerdo a la clasificación de fertilidad, los suelos en estudio se encuentran en el rango de bajos tenores de fósforo.

En la Figura 8f se observa que no existe diferencia estadística entre los niveles medios de potasio en los suelos evaluados, encontrándose valores en un rango que va de 195.23 kg/ha a 356.44 kg/ha característico de suelos con niveles de muy bajo y bajo contenido de potasio. ROMERO (2010) al investigar que si la presencia de árboles en sistemas silvopastoriles afecta las características del suelo superficial comparado con la pastura abierta. Encontró que la presencia del árbol aumenta el contenido potasio en los suelos por debajo de los árboles, atribuyendo a que el mayor contenido de potasio por debajo de las copas probablemente se debe a un mayor contenido de éste en la hojarasca arbórea y a la presencia de lavado de potasio de la copa de los árboles. Sin embargo es preciso indicar que a pesar de evidenciarse un ligero incremento de los tenores de potasio en el suelo, es mínimo el aporte del material vegetal (cobertura) respecto a este nutriente en el suelo.

En las Figuras 9a se observa que respecto a las cantidades de carbono orgánico almacenado en la hojarasca, se determinó un mayor almacenamiento de este componente (15.23 t/ha) en los suelos mayores de 30 años con cobertura vegetal, descendiendo la tasa de almacenamiento a medida que decrece el tiempo de cobertura del suelo (1.31 t/ha).

Al respecto, GAYOSO (2006) discrepa con nuestros resultados al indicar que en los bosques siempre verdes adultos, se almacena 5.87 t/ha en carbono orgánico en la hojarasca. La variabilidad del almacenamiento respecto a la edad de la vegetación se atribuye a factores como el tipo de vegetación, nivel altitudinal y la fisiografía de las parcelas en estudio.

Para la variable nitrógeno en la hojarasca (Figura 9b) se observa que los menores niveles ocurren en las parcelas de 01, 03, 05 y 10 años con cobertura vegetal, cuyos valores oscilan en el rango de 0.59 % a 0.87 %. Sin embargo para la parcela de 20 años se observa un nivel intermedio de nitrógeno en la hojarasca (1.32 %). Finalmente de las parcelas evaluadas, se determinó mayores valores de nitrógeno en la hojarasca a 30 años de cobertura vegetal (1.94 %). Siendo directamente proporcional el incremento de los niveles de nitrógeno respecto a la edad de vegetación de la parcela. Por su parte SPRENT (1983) indica que con relaciones de C:N mayores de 15:1 prácticamente no existe mineralización en el suelo, debido a que el escaso nitrógeno presente es utilizado por los microorganismos. Por lo que el nivel de nitrógeno está relacionado directamente a la cantidad del material depositado (hojarasca) en el suelo y por su distribución en el tiempo (GLOVER Y BEER, 1987; IMBACH, 1987).

En la Figura 10c se observa que estadísticamente existen dos grupos diferenciados de acuerdo a los niveles de fósforo en la hojarasca. Un primer grupo con menores niveles de fósforo en la hojarasca conformado por las parcelas con 01, 03, 05 y 10 años con cobertura vegetal, cuyos valores fluctúan en el rango de 0.01 ppm a 0.03 ppm. Sin embargo el segundo grupo con mayores niveles conformado por las parcelas de 20 y 30 años con cobertura, cuyos valores medios se encuentran en el rango de 0.05 ppm a 0.07 ppm. Determinándose que el incremento o disminución de los niveles de potasio está en función de la edad de vegetación de la parcela. Por otra parte, para la variable potasio en la hojarasca, estadísticamente se determinó tres

grupos diferenciados: Un primero grupo conformado por la parcela de 05 años, cuyo valor promedio es 0.02 kg/ha. Seguido por el grupo conformado por las parcelas con 1, 3, 10 y 20 años, cuyos valores intermedios se encuentran en el rango de 0.04 ppm a 0.05 ppm. Sin embargo, se evidencia mayores niveles de potasio en la parcela de 30 años (0.07 ppm). Siendo directamente proporcional el incremento o disminución de los niveles de potasio en la hojarasca respecto a la edad de la vegetación de la parcela.

ROMERO (2010) al investigar que si la presencia de árboles en sistemas silvopastoriles afecta las características del suelo. Encontró que la presencia del árbol aumenta el contenido de carbono orgánico y potasio en los suelos por debajo de los árboles, asimismo aumenta ligeramente el pH, argumentando que las diferencias observadas probablemente se deben a diferencias en la calidad de la hojarasca y posibles diferencias en los procesos de descomposición dentro y fuera de la copa. Indicando que el mayor contenido de potasio por debajo de las copas probablemente se debe a un mayor contenido de éste en la hojarasca arbórea y a la presencia de lavado de potasio de la copa de los árboles.

VI. CONCLUSIONES

1. Se concluye que estadísticamente a un nivel de significancia del 95 % solo existió diferencia significativa para las variables dependientes: Carbono orgánico (COS), pH y nitrógeno en el suelo de las parcelas con diferentes edades de cobertura vegetal. Asimismo a pesar de ser estadísticamente diferentes no se evidenció un comportamiento directo e indirecto de los niveles medios de las variables en estudio en relación a los diferentes años de cobertura de las parcelas evaluadas. Por lo que se acepta la hipótesis nula, concluyéndose finalmente que las edades de la vegetación no influyen en los niveles medios de las propiedades físicas, químicas y carbono orgánico en el suelo.
2. Estadísticamente a un nivel de confiabilidad del 95 %, se acepta la hipótesis alternante, debido a que existió diferencia significativa entre las medias ajustadas de los niveles carbono orgánico almacenado en la hojarasca (COH), nitrógeno, fósforo y potasio en la hojarasca de las diferentes parcelas en estudio. Finalmente concluyéndose que las variables dependientes son directamente proporcional a la edad de la vegetación de la parcela.

VII. RECOMENDACIONES

1. Continuar en el monitoreo de esta investigación, para determinar la variabilidad de las propiedades físicas, químicas y carbono orgánico en el suelo por décadas sucesivas.
2. Realizar estudio del almacenamiento de carbono orgánico en el suelo, con variables de evaluación concernientes a parámetros ambientales (temperatura, precipitación, intensidad de luz, etc) con la finalidad de proponer alternativas por bonos ambientales por captura de carbono.
3. Evaluar el efecto de la erosión e infiltración en las propiedades químicas y carbono orgánico de la hojarasca en parcelas con diferentes edades de vegetación.

**DETERMINATION OF THE AMOUNT OF CARBON, NITROGEN,
PHOSPHORUS SOIL IN DIFFERENT AGES OF VEGETATION IN THE
LOCALITY OF SNAIL - CORDILLERA CARPISH**

VIII. ABSTRACT

The research was carried out with the objective of evaluating the amounts of carbon, nitrogen and phosphorus of the soil in different ages of vegetation. For that, 06 plots differentiated by the age of the vegetation cover (<01, 03, 05, 10, 20 and > 30 years) located in the "Caracol - Cordillera Carpish", district, Chinchao - Huánuco. The methodology consisted in the sampling of the soil for the determination of the physical and chemical properties. Also, to know the carbon content of the soil was used the method of "Cylinder of known volume" described by (MARCDICKEN, 1997). For leaf litter, samples were collected at each sampling point of 0.25 m² subplots, a methodology suggested by RÜGNITZ *et al.* (2009).

From the results for the variable texture of the soil there was greater predominance of the sand fraction. Regarding the apparent density there was statistical difference, being lower values in the soils of 05 and 30 years. And higher values in the plot with 30 years. Finally, it is concluded that although there is a significant difference for the variables organic carbon, pH and nitrogen in the soil, statistically at a reliability level of 95%, the null hypothesis is accepted, being determined that the ages of the vegetation do not influence the Levels of physical, chemical and organic carbon properties in the soil. On the other hand, the alternative hypothesis is accepted, since there is a significant

difference between the levels of organic carbon, nitrogen, phosphorus and potassium in the litter, concluding that these are directly proportional to the age of the vegetation of the plots.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ACUÑA, R; OVIEDO, P. 2001. Temporal changes in soil aggregates and water erosion after a wild-fire in a Mediterranean pine forest. *Catena*. 44 p.
- ALEXANDER, R. 2007. Differences in phosphorus and nitrogen delivery to the Gulf of Mexico from the Mississippi River Basin. *Environ. Sci. Technol.* Universidad de Cuba, San Cristobal, Cuba. 122 p.
- ARREAGA, W. 2002. Estudios de almacenamiento de datos de carbono en los bosques con gestión forestal Sostenible en la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. Tesis Mag Sc. CATIE. Turrialba, CR. 73 p.
- BREMNER, J. 1960. Determinación de nitrógeno en el suelo por el método de Kjeldahl. *Agrícola J. Ciencia*. 55 p.
- BREMNER, J. 1965. Total de nitrógeno. Métodos de análisis de suelos, *agronomía 9*, Am. Soc. De Agron. Inc. Madison, Wisconsin 1178 p.
- BRINGAS, H. 2010. Estimación de carbono almacenado en un sistema agroforestal de cacao (*Theobroma cacao* L.) comparado con un 56

bosque secundario de tres edades. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 100p.

BROSS, Q; HOYOS, P; GARCÍA, M; TORRES, L.1995. Manejo y utilización de pasturas en suelos ácidos de Colombia. Fascículo 4 de la Serie “Capacitación en Tecnología de Producción de Pastos”. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali. 120 p.

COLE, W; RAPP, W. 1981. Manejo, secuestro de carbono e ingresos de tres especies forestales de sombra en cafetales de tres regiones contrastantes. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 114 p.

CREWS, T; KITAYAMA, J; FOWNES, R; RILEY, D; HERBERT, D; MUELLER-DOMBOIS y VITOUSEK, P. 1995. Los cambios en las fracciones de fósforo del suelo y la dinámica de los ecosistemas a través de un largo cronosecuencia en Hawai - Ecology 76: 1424 p.

DIAZ, R. 1970. Materia Orgánica y Nitrógeno en suelos de América Central. Turrialba, Costa Rica. 257 p.

DORAN, J., LINCOLN, N. 1999. Guía para la evaluación de la calidad del suelo. [En línea].(<http://www.nrcs.usda.gov/Internet>. Documento, 22 Nov. 2005).

ENCINA, J. 2006. Adopción de abonos verdes y cultivos de cobertura. Rehabilitación de tierras degradadas. LEISA 19(4):113 p.

- ESQUIVEL, J. 1997. Distribución de Nutrientes en el suelo en asociaciones de poró (*Erythrina berteroana*), madero negro (*Gliricidia sepium*) o *Arachis pinto* con *Brachiaria brizantha*. Agroforestería en las Américas. 43 p.
- ETHERINGTON, L. 1982. Condición química de un suelo rojo de misiones en situación de quema y no quema de residuos forestales. INTA EEA Montecarlo. Argentina. 32 p.
- FAO. 2000. Captura de carbono en suelos para un mejor manejo de la Tierra. Informes sobre recursos mundiales de suelos. Roma, Italia. 60 p.
- FAO. 2001. Secuestro de carbono del suelo a la gestión territorial improved. Informa suelo Mundial 96. Roma. 58 p.
- FASSBENDER, A. 2003. A guide to prescribed fire in southern forests. USDA. España. 250 p.
- FURLANI, T; ALBRECHT, A; KANDJI, S. 2008. Carbon sequestration in tropical agroforestry system. In: Agriculture in the Ecosystem and Environment. 3 ed. Avila, España. Mc Graw-hill. 99 p.
- GAYOSO, J. 2006. Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques nativos y plantaciones de Chile. In: Revista Forestal Iberoamericana Vol 1, Nº 1. Universidad Austral de Chile. 132 p.
- GENRO, E; AROCENA, J; OPIO, C. 2004. Prescribed fire-induced changes in properties of sub-boreal forest soils. Geoderma. 113 p.

- GLOVER, N; BEER, J. 1987. Nutrient cycling in two traditional Central American agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 4(2):77 p.
- HARMAND, F. 2003. Effects of prescribed burning on the ecosystem. USDA Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station. Prescribed Burning Symposium proceedings. 160 p.
- INRENA. 1995. Mapa ecológico del Perú. Guía explicativa. Lima, Perú.
- JACKSON, M. 1964. Análisis químico de suelos (Traducido por J. Beltrán). Ediciones Omega, S. A. Barcelona, España. 662 p.
- JACKSON, M. 1976. Determinaciones del fósforo para suelos P. En Análisis Químico de Suelos. Ediciones Omega, S. A. Barcelona. 190 p.
- JORDAN, Q. 2008. Corteza, desecho reciclable de la industria forestal como formador de sustratos para la producción vegetal. *Bosque* 16(1):105 p.
- MACDICKEN, K. 1997. A guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects. Arlington, VA: Winrock International Institute for Agricultural Development. 43 p.
- MAGURRAN, A. 1988. Diversidad ecológica y su medición. Princeton University Press, Nueva Jersey. 179 p.
- MARTÍNEZ, E. 2003. Reacción del suelo (pH). *Rev. Batuco*. Universidad de Chile: 34 p.

- MOSCATELLI, G., SOBRAL, R., NAKAMA, V. 2000. Nueva tendencia para conocer el estado de los suelos. [En línea]. ([Http://www.inta.gov.art](http://www.inta.gov.art), articulo, 07 Dic. 2005).
- PALM, 1995. Contribution of agroforestry trees to nutrient requeriments of intercropped plants. *Agroforestry Systems* 30 p.
- PALM, V. SANCHEZ, L. 1990. Chemical and biological indicators of decline/degradation of *Brachiaria* pastures in the Brazilian Cerrado. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 103 p.
- PELTZER, D. A., ALLEN, R. B & MS McGlon. 2004. La reabsorción a lo largo de una cronosecuencia: Las respuestas entre las comunidades y dentro de las especies. *Ecología*. 86 p.
- PRIMAVESI, R. 1982. The ecology of the rock heathlands of Western Nova Scotia. *Proc. 10 th Tall Timbers Fire Ecology Conference*, Tallahassee, Florida. 265 p.
- PRONAMACHCS-INRENA, 1997. Caracterización de los Recursos Naturales Renovables de la Microcuenca Acomayo – Huánuco. 132 p.
- REYNOLDS, J; HUNTER, N. 2001. Relaciones suelo-planta-animal en sistema silvopastoriles. Maracay, Aragua, Venezuela. Disponible en línea: (www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n9/arti/gil_l/arti/gil_l.htm. Consultado septiembre-diciembre 2014).

- RICHARDSON, S. J., PELTZER, D.A., ALLEN, R. B., MCGLONE, M. S., PARFITT, R. L. 2004. El rápido desarrollo de la limitación de fósforo en los bosques templados a lo largo de la cronosecuencia de suelos Franz Josef. *Ecología*. 276 p.
- ROMERO, L. 2010. Producción ganadera en un contexto agroforestal: Sistemas Silvopastoriles. CATIE. Turrialba Costa Rica. 154 p.
- RÜGNITZ, M.T., CHACON, M.L., PORRO, R. 2009. Guía para al determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Lima, Perú. Centro Mundial Agroforestal (ICRAF) / Consorcio Iniciativa Amazónica (IA). 154 p.
- SEGURA, M., KANNINEN, M. 2002. Inventario para estimar carbono en ecosistemas forestales tropicales. In Orozco, L; Brumer, C. eds. *Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central*. CATIE. p. 202-212. (Serie Técnica, Manual Técnico N° 50).
- SMITH, D. 1979. Preparation and treatment of the site, in the practice of silviculture. New York. 350 p.
- SPRENT, F. 1983. Carbon and nitrogen mineralization in cultivated and grasslands soils in subtropical Queensland. *Aust. J. Agric. Res.*, Melbourne. 619 p.
- SWIFT, R. 2001. El secuestro de carbono por el suelo. *Ciencia del Suelo*. 166 p.

WALKER, T; SYERS, J. 1976. El destino de fósforo durante la pedogénesis.

Geoderma. 19 p.

WALKLEY, A; BLACK, C. 1938. An examination of the Degtajareff's method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science. 38 p.

ANEXO

Anexo 1. Panel fotográfico



Figura 11. Demarcación de la parcela con 01 año con cobertura vegetal.



Figura 12. Obtención de muestras de hojarasca en la parcela de 03 años con cobertura vegetal.



Figura 13. Obtención de muestras de hojarasca en la parcela de 01 años con cobertura vegetal.



Figura 14. Obtención de muestras de hojarasca en la parcela de 03 años con cobertura vegetal.



Figura 15. Recopilación de información básica de la parcela en estudio.



Figura 16. Obtención de muestras de hojarasca en la parcela de 05 años con cobertura vegetal.



Figura 17. Obtención de muestras de hojarasca en la parcela de 10 años con cobertura vegetal.



Figura 18. Obtención de muestras de hojarasca en la parcela de 20 años con cobertura vegetal.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo Maria
Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos
Av. Universidad s/n Telef. 562342 - Fax 561156 Apdo. 155
analisis@suelos.unas.edu.pe



ANÁLISIS ESPECIAL

Solicitante: BAILON OBREGON BENJAMIN

PROCEDENCIA: CHINCHAO - HUANUCO

N° de Muestra de Laboratorio		Porcentaje (%)					Porcentaje (%)										ppm			
		Materia Seca	Humedad	Ceniza en base Húmeda	Materia Orgánica en base Húmeda	Ceniza en base seca	Materia Orgánica en base seca	C	N	P	Ca	Mg	K	Na	Fe	Mn	Zn	Cu		
M180	hojarasca 0 años	P1	94.80	5.20	10.52	84.28	11.10	88.90	39.63	0.767	0.030	2.27	0.179	0.056	0.079	589.81	105.49	23.23	7.47	
M181	vegetación bosque	P2	93.25	6.75	10.52	82.74	11.28	88.72	38.98	0.897	0.033	2.26	0.181	0.049	0.043	391.70	81.26	16.81	5.43	
M182		P3	95.44	4.56	15.15	80.30	15.87	84.13	39.90	0.938	0.036	0.35	0.180	0.051	0.073	338.10	143.14	18.24	10.83	
M183	hojarasca 1-2 años	P1	93.09	6.91	6.75	86.35	7.25	92.75	38.91	0.779	0.022	0.29	0.142	0.040	0.075	158.77	475.78	9.49	1.72	
M184	vegetación bosque	P2	96.00	4.00	5.93	90.07	6.18	93.82	40.13	0.581	0.015	0.31	0.130	0.031	0.046	164.57	170.30	9.43	3.70	
M185		P3	84.44	5.56	11.88	82.57	12.58	87.42	39.48	0.884	0.036	0.32	0.156	0.039	0.086	121.63	158.91	16.42	3.12	
M186	hojarasca 3-5 años	P1	94.85	5.35	8.41	86.24	8.88	91.12	39.56	0.588	0.018	0.20	0.113	0.021	0.058	352.69	133.05	15.50	1.61	
M187	vegetación bosque	P2	93.38	6.62	9.14	84.24	9.79	90.21	39.03	0.600	0.019	0.20	0.148	0.019	0.069	228.86	77.37	14.83	1.28	
M188		P3	94.20	5.80	2.37	91.82	2.52	97.48	39.37	0.590	0.007	0.16	0.193	0.016	0.051	266.78	59.02	15.32	1.69	
M189	hojarasca 10 años	P1	94.69	6.31	6.18	86.51	6.64	91.36	39.59	0.993	0.033	0.53	0.162	0.035	0.077	136.66	63.85	16.52	3.01	
M190	vegetación bosque	P2	94.32	5.68	7.20	87.12	7.63	92.37	39.43	0.767	0.023	0.47	0.153	0.044	0.064	127.07	116.77	11.60	2.09	
M191		P3	92.99	7.01	7.25	85.74	7.80	92.20	38.97	0.680	0.013	0.63	0.172	0.060	0.072	131.40	141.05	12.17	2.09	
M192	bosque secundario	P1	93.65	6.35	9.97	89.68	10.65	89.35	39.15	0.649	0.074	0.96	0.289	0.063	0.073	101.57	189.32	28.13	7.31	
M193		P2	92.34	7.66	10.28	82.07	11.13	88.87	38.60	1.628	0.059	0.95	0.262	0.048	0.069	157.15	186.05	23.28	6.37	
M194		P3	93.22	6.78	12.11	81.12	12.99	87.01	38.97	1.675	0.034	0.93	0.264	0.052	0.064	163.50	183.57	19.80	6.80	
M195	bosque primario	P1	91.63	8.37	3.69	87.95	4.02	95.98	38.30	1.818	0.071	0.29	0.137	0.055	0.060	239.44	85.17	12.90	6.88	
M196		P2	91.86	8.14	3.69	88.17	4.01	95.99	38.40	1.809	0.040	0.58	0.161	0.069	0.063	174.95	87.61	12.12	6.75	
M197		P3	93.60	6.40	4.05	89.54	4.33	95.67	39.12	2.190	0.040	0.34	0.158	0.091	0.075	200.01	61.44	13.47	6.59	

Recibo N° 00392485
02/12/2014
MAESTREANDO POR EL SOLICITANTE



Bto. M. Sc. Miguel Ángel Huamán Rojas - 62
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

TINGO MARIA

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos
analisadesuelosnaa@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: PROYECTO SUCESION ECOLOGICA

PROCEDENCIA: CHALLANA - CHINCHAO - HUAYUCO

Cod. Lab	DATOS	ANÁLISIS MECÁNICO				pH	M.O.	N	P	K ₂ O	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%
		Arena	Arcilla	Limo								Textura	Ca	Mg	K	Na	Al				
				%	%	%	%	%	%	%	%							%	%	%	%
M1814	BOSQUE PRIMARIO	61.68	13.04	25.28	Franco Arenoso	3.61	4.48	0.20	7.52	306.09	---	3.70	0.18	---	---	6.70	2.17	12.76	30.47	69.53	52.84
M1815		59.68	17.04	23.28		Franco Arenoso	5.52	4.15	0.19	7.84	74.20	---	12.35	2.43	---	---	0.17	0.13	16.07	98.04	1.96
M1816	P 10/2005	51.68	19.04	29.28	Franco	5.09	4.23	0.19	9.68	165.63	---	6.70	1.04	---	---	1.00	0.47	9.22	83.98	16.02	10.90
M1817	P 1.2/2005	53.68	19.04	27.28	Franco Arenoso	4.97	3.68	0.16	7.20	340.54	---	3.61	0.18	---	---	0.59	0.99	8.37	70.65	29.35	10.91
M1818	P 0.1/2005	49.68	21.04	29.28	Franco	4.98	2.44	0.11	4.20	262.36	---	4.38	0.63	---	---	0.92	1.05	8.98	71.78	28.21	13.19

Fecha: Martes, 21 de Octubre de 2014

RECIBO N° Depósito Bancario

Muestreado por: El solicitante

[Firma]
Bigo M.Sc. Miguel Angel Huayra Rojas
JEFE DE LABORATORIO