

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS EN CONSERVACIÓN DE**  
**SUELO Y AGUA**



**EFFECTO DE LA QUEMA EN LAS PROPIEDADES QUÍMICAS Y CARBONO  
ORGÁNICO EN EL SUELO, EN CONDICIONES DE SELVA ALTA EN LA  
MICROCUCNCA "LA ALCANTARILLA - TINGO MARÍA"**

**Tesis**

**Para optar el título de:**

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

**JOSE LUIS GASPAR ALEGRE**

**PROMOCIÓN 2010 – II**

**Tingo María – Perú**

**2012**



**P33**

**G27**

**Gaspar Alegre, José Luis**

**Efectos de la quema en las propiedades químicas y carbono orgánico en el suelo, en condiciones de Selva Alta en la Microcuenca "La Alcantarilla - Tingo María" 2012**

77 páginas.; 12 cuadros; 10 figs.; 34 ref.; 30 cm.

Tesis (Ing. Recursos Naturales Renovables Mención: Conservación de Suelos y Agua) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Recursos Naturales Renovables.

**1. CARBONO ORGÁNICO**

**2. SUELOS**

**3. QUEMA**

**4. MICROCUENCA**

**5. SELVA ALTA**

**6. FERTILIDAD**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

## ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 10 de Setiembre del 2012, a horas 5:15 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la tesis titulada:

### EFFECTOS DE LA QUEMA EN LAS PROPIEDADES QUÍMICAS Y CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO, EN CONDICIONES DE SELVA ALTA EN LA MICROCUENCA "LA ALCANTARILLA – TINGO MARÍA"

Presentado por el Bachiller: **JOSÉ LUIS GASPAS ALEGRE**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de "**MUY BUENO**".

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

Tingo María, 10 de octubre del 2012.

.....  
Ing. M.Sc. JOSÉ LÉVANO CRISÓSTOMO  
Presidente

.....  
Ing. M.Sc. YTAVCLERH VARGAS CLEMENTE  
Vocal

.....  
Ing. M.Sc. TANIA GUERRERO VEJARANO  
Vocal

.....  
Ing. M.Sc. NELINO FLORIDA ROFNER  
Asesor

.....  
Ing. M.Sc. RAFAEL ROBLES RODRÍGUEZ  
Asesor



## DEDICATORIA

A Dios nuestro creador todopoderoso, quien no desatiende las humildes suplicas que le dirigamos en nuestras necesidades, antes bien librándonos de todo peligro. Amén

A MERY EDUARDO RETIS, por su amor, comprensión y apoyo incondicional en los momentos buenos y malos.

A mis padres **EUGENIO Y ENA SONIA**, con todo el amor y cariño de siempre, y mi eterno agradecimiento, a quienes con su sacrificio, comprensión y abnegación hicieron posible que cumpla mi sueño de ser profesional.

A mis hermanos **RICHART, ROSALINDA, MARGOT** y mis sobrinos **HELMO, STIFF**, por su cariño y apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTO**

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Recursos Naturales Renovables que contribuyeron en mi formación profesional.
- A los miembros integrantes del jurado de tesis: Ing. M.Sc. José Lévano Crisóstomo, Ing. M.Sc. Ytavclerh Vargas Clemente, Ing. M.Sc. Tania Guerrero Vejarano, Ing. Mg. Wilfredo Alva Valdivieso.
- Al Ing. Nelino Florida Rofner , docente de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, asesor del presente trabajo, por su labor como formador, su amistad, su apoyo desinteresado y supervisión de la presente tesis.
- Al Ing. M.Sc Rafael Robles Rodríguez , docente de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, asesor del presente trabajo, por su amistad, su apoyo desinteresado, su valiosa dirección y supervisión de la presente tesis.
- A mis padrinos, la Sra. Angélica Alegre Argandoña y Don Luis Huayas Leonardo por su apoyo incondicional en momentos tristes y alegres, a lo largo de mi vida.

A mis amigos Romer Bustillos, Wilmar Guisado, Jairo Loayza, Neyson Olivas, Yohany Navarro, Mayra Infantes, Ulises Rivas, Juan Vargas, quienes comparten conmigo una amistad genuina, fueron mi apoyo durante toda la carrera profesional y en la ejecución del presente trabajo.

A mis amigos Luis Egg, Carlos Chavez, Alex Echevarría, Henry Chávez, Brian Loarte, Marvin Guisado, Raúl Meléndez, Luis Rojas, quienes me apoyaron desinteresadamente en el transcurso de mi carrera profesional.

Al personal administrativo que labora en la biblioteca y al personal de los laboratorios de Análisis de Suelos e Ingeniería Agrícola, por su colaboración para la ejecución del presente trabajo.

A todas aquellas personas que en forma directa o indirecta colaboraron en la realización del presente trabajo.

## ÍNDICE

Contenido	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Los bosques naturales en el Perú.....	4
2.2. La tala y quema como alternativa de manejo en la agricultura.	5
2.2.1. Efecto en las propiedades físicas del suelo.....	8
2.2.2. Efecto en las propiedades químicas del suelo.....	11
2.3. Carbono orgánico en el suelo.....	16
2.3.1. El dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ).....	16
2.3.2. Almacenamiento de carbono orgánico en el suelo.....	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1. Lugar de ejecución.....	21
3.1.1. Ubicación política de la microcuenca.....	23
3.1.2. Ubicación geográfica.....	23
3.2. Características del área de estudio.....	23
3.2.1. Antecedentes del Cuadrado Sin Quema (CSQ).....	23
3.2.2. Condiciones climáticas antes y después de realizar la quema.....	24
3.2.3. Precipitación.....	24
3.2.4. Humedad.....	25
3.2.5. Temperatura.....	25

3.2.6.	Características ecológicas.....	25
3.2.7.	Geología.....	25
3.2.8.	Fisiografía.....	26
3.2.9.	Hidrografía.....	26
3.3.	Materiales y equipos.....	26
3.3.1.	Material cartográfico.....	26
3.3.2.	Material satelital.....	26
3.3.3.	Hardware y software.....	27
3.3.4.	Equipos y material de campo.....	27
3.4.	Metodología.....	27
3.4.1.	Unidades exploratorias.....	28
3.4.1.1.	Cuadrado Sin Quema (CSQ).....	28
3.4.1.2.	Cuadrado Quema (CQ).....	28
3.4.2.	Recolección y complementación de información básica.....	28
3.4.3.	Recopilación de datos de campo.....	28
3.4.4.	Determinación de las propiedades físicas y químicas del suelo en laboratorio.....	31
3.4.5.	Estimación del carbono orgánico del suelo.....	32
3.5.	Tipo de investigación.....	33
3.6.	Unidades exploratorias (UE).....	33
3.7.	Variables independientes.....	33
3.8.	Variables dependientes.....	34
3.8.1.	Propiedades químicas del suelo.....	34



3.8.2.	Contenido de carbono orgánico en el suelo.....	34
3.9.	Análisis estadístico.....	34
IV.	RESULTADOS .....	35
4.1.	Perfil edafogenico del suelo de la unidad exploratoria Cuadrado Sin Quema (CSQ).....	35
4.1.1	Cuadrado Sin Quema (CSQ).....	36
4.2.	Análisis de las propiedades químicas y carbono orgánico entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ).....	37
4.3.	Comportamiento de las propiedades químicas y carbono orgánico en el suelo por estratos entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ).....	39
4.3.1.	Reacción del suelo o pH.....	39
4.3.2.	Contenido de Materia Orgánica (%) en el suelo.....	42
4.3.3.	Contenido de Nitrógeno (%) en el suelo.....	45
4.3.4.	Contenido de Fósforo disponible (ppm) en el suelo....	47
4.3.5.	Contenido de Potasio (kg.ha <sup>-1</sup> ) en el suelo.....	49
4.3.6.	Contenido de CIC (meq/100 de suelo) en el suelo.....	51
4.4.	Contenido de Carbono orgánico (t.ha <sup>-1</sup> ) en el suelo.....	53
4.5.	Comportamiento de las propiedades químicas y carbono orgánico por estrato en suelos con cultivo de coca.....	56
V.	DISCUSIÓN.....	59
5.1.	Perfil edafogenico del suelo de la unidad exploratoria Cuadrado Sin Quema (CSQ).....	59

5.2.	Comportamiento de las propiedades químicas entre las unidades exploratorias y su interacción entre estratos sucesivos entre el CSQ y CQ.....	59
5.2.1.	Reacción del suelo o pH.....	59
5.2.2.	Contenido de Materia Orgánica en el suelo.....	60
5.2.3.	Contenido de Nitrógeno (%) en el suelo.....	61
5.2.4.	Contenido de Fósforo disponible (ppm) en el suelo....	62
5.2.5.	Contenido de Potasio (kg.ha <sup>-1</sup> ) en el suelo.....	62
5.2.6.	Contenido de CIC (meq/100 de suelo) en el suelo.....	63
5.3.	Contenido de Carbono orgánico (t.ha <sup>-1</sup> ) en el suelo en diferentes unidades exploratorias.....	64
5.4.	Comportamiento de las propiedades químicas y carbono orgánico por estrato en suelos con cultivo de coca.....	65
VI.	CONCLUSIONES.....	67
VII.	RECOMENDACIONES.....	69
VIII.	ABSTRACT.....	71
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
X.	ANEXOS.....	78

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
1. Métodos para determinar los Indicadores físicos.....	31
2. Métodos para determinar los Indicadores Químicos.....	32
3. Perfil edafogenico del Cuadrado Sin Quema (CSQ).....	36
4. Comportamiento de las propiedades químicas entre CSQ y CQ.....	37
5. Reacción del suelo o pH por profundidad de horizontes entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ).....	40
6. Contenido de la Materia Orgánica (%) por profundidad de horizontes entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ).....	43
7. Contenido de Nitrógeno por profundidad de horizontes entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ).....	45
8. Contenido de Fósforo por profundidad de horizontes entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ).....	47
9. Contenido de Potasio por profundidad de horizontes entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ).....	50
10. Contenido de CIC por profundidad de horizontes entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ).....	52
11. Contenido de carbono orgánico en el suelo por profundidad de horizontes entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ).....	54
12. Propiedades químicas de un suelo con cultivo de coca, y su comportamiento a través de los estratos sucesivos (0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm).....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. Mapa de ubicación de la microcuenca la Alcantarilla.....	22
2. Croquis de la parcela en estudio.....	29
3. Metodología de muestreo del suelo (según Tropical Soil Biology and Fertility Programme (TSBF, IUBS/UNESCO).....	30
4. Nivel de pH, de los estratos sucesivos (0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm) entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ).....	41
5. Contenido de Materia Orgánica (%) de los estratos sucesivos (0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm) entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ).....	44
6. Contenido de Nitrógeno (%) de los estratos sucesivos (0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm) entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ).....	46
7. Contenido de Fósforo disponible (ppm) de los estratos sucesivos (0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm) entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ).....	48
8. Contenido de Potasio ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) de los estratos sucesivos (0- 10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm) entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ).....	50
9. Capacidad de intercambio cationico (meq/100 gr de suelo) de los estratos sucesivos (0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm) entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ).....	52

10.	Carbono orgánico (t.ha <sup>-1</sup> ) en el suelo de los estratos sucesivos (0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm) entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ).....	55
11.	Área de evaluación.....	92
12.	Delimitación de la unidad a explorar.....	92
13.	Inspección por el jurado de tesis.....	92
14.	Muestreo de suelos del CSQ.....	93
15.	Quema del área a explorar.....	93
16.	Muestreo de suelos con cultivo de coca.....	93
17.	Análisis físico de suelo.....	93

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la microcuenca “La Alcantarilla”, ubicada en el distrito de Mariano Dámaso Beraún – Las Palmas, provincia de Leoncio Prado, con el objetivo de evaluar el efecto de la quema en las propiedades químicas y carbono orgánico en un suelo de bosque secundario (purma), en condiciones de selva alta. La metodología consistió en la recopilación de datos de las propiedades físicas y químicas del suelo. Para el estudio se consideró dos unidades exploratorias: Cuadrado sin quema (CSQ) y Cuadrado quema (CQ). Para la estimación del carbono orgánico del suelo se utilizó la fórmula sugerida por Mac Dicken (1997). Los resultados obtenidos después de realizar la quema, muestra un efecto negativo en el pH (4.54 a 4.29) y Fósforo (5.82 a 4.32 ppm), manteniéndose constante el Nitrógeno (0.05%), mientras que se produce un efecto positivo en la incorporación de la Materia Orgánica (1.01 a 1.14%), Potasio (164.46 a 176.46 kg.ha<sup>-1</sup>), CIC (2.69 a 3.36 meq/100 gr de suelo) y Carbono Orgánico del suelo (0.49 a 0.60 t.ha<sup>-1</sup>).

## I. INTRODUCCIÓN

La quema ha sido utilizada históricamente como herramienta de trabajo agrícola, forestal y/o como práctica de preparación de terreno, ó simplemente, para el manejo de residuos de cosecha. A pesar de que son actividades controladas, esto no se convierte en una práctica adecuada de manejo del suelo, pues sin lugar a duda los cambios en las propiedades físicas y químicas podrían no siempre ser benéficos.

El incremento en la disponibilidad de nutrientes que se detecta tras el fuego se debe a la incorporación (óxidos) de las cenizas, al calentamiento y a los cambios post-fuego que incrementan las tasas de mineralización. Así mismo, se puede esperar que con la tala y quema se destruya la materia orgánica, disminuyendo la concentración de carbono orgánico en el suelo, trayendo como resultado la erosión por la exposición del suelo a las lluvias. El efecto del fuego en las propiedades físicas de los suelos puede variar en diferentes grados dependiendo del tipo de suelo, del contenido de humedad del mismo, y de la cantidad de material vegetal consumido.

Además la acumulación de carbono orgánico en el suelo (COS) es un proceso importante para mitigar los efectos del cambio climático, ya que el

suelo, además de ser un sumidero, es un reservorio de carbono estabilizado (ETCHEVERS *et al.*, 2006).

La microcuenca La Alcantarilla, no es ajena a esta alarmante problemática, ya que se evidencia la deforestación y quema de áreas de bosque para la introducción del cultivo de coca y una agricultura migratoria constante y agresiva sin ningún sistema conservacionista, todo esto sumado a las condiciones propias de selva alta, como son pendientes pronunciadas, altas e intensas precipitaciones y suelos ácidos con bajo contenido de materia orgánica, esto generan la necesidad de evaluar el efecto de la quema en las propiedades químicas y carbono orgánico en el suelo.

Debido a la problemática mencionada, se plantea la siguiente hipótesis: La quema afecta positivamente las propiedades químicas y el carbono orgánico en el suelo.

**Objetivo General:**

- Evaluar el efecto de la quema en las propiedades químicas y carbono orgánico en un suelo de bosque secundario (purma), en condiciones de selva alta.



**Objetivos específicos:**

- Determinar el perfil edafogenico del suelo de la unidad exploratoria Cuadrado Sin Quema (CSQ).
- Realizar el análisis de las propiedades químicas en dos unidades exploratorias (Cuadrado Sin Quema, Cuadrado Quema).
- Evaluar el comportamiento de las propiedades químicas y carbono orgánico del suelo, por estratos de 0 – 10 cm, 10 - 20 cm, 20 - 30 cm en dos unidades exploratorias (Cuadrado Sin Quema, Cuadrado Quema).
- Determinar el carbono orgánico almacenado en el suelo en dos unidades exploratorias (Cuadrado Sin Quema, Cuadrado Quema).
- Evaluar el comportamiento de las propiedades químicas y carbono orgánico del suelo, por estratos de 0 – 10 cm, 10 - 20 cm, 20 - 30 cm de un suelo con cultivo de coca.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Los bosques naturales en el Perú**

Los bosques naturales del Perú cubren más del 50% del territorio nacional. El Perú, con una superficie de bosques de 68 millones de hectáreas, ocupa el segundo lugar en extensión boscosa de América del Sur y el séptimo lugar en el mundo. La casi totalidad de estos bosques corresponde a la formación bosque húmedo subtropical y tropical, es decir, bosques con una composición florística muy compleja, con más de 2,500 especies diferentes (MINAM, 2000).

Los bosques representa un enorme y valioso potencial que adecuadamente aprovechado puede significar un gran aporte al desarrollo socioeconómico del país. Sin embargo, este recurso no ha recibido la debida importancia en lo referente a su manejo, administración y protección; por el contrario, en las últimas décadas, tal como sucede en toda la región tropical y subtropical, el bosque natural está siendo víctima de un proceso acelerado de destrucción indiscriminada por un proceso de talas y quemas, principalmente por la agricultura migratoria (MINAM, 2000).

Por otro lado, el mayor potencial de emisiones de gases de efecto invernadero del sector USCUS (uso de suelo, cambio de uso de suelo y

silvicultura) se debe, principalmente, a la emisión de dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono por conversión de bosques y pastizales. Este cambio de uso de la tierra está específicamente referido a la agricultura migratoria, que en el Perú convierte actualmente enormes extensiones de ecosistemas forestales en tierras de cultivo y pasturas. Se estima que la mitad de la biomasa es quemada *in situ* y 5% *ex situ* el resto se descompone en el lugar (MINAM, 2000).

Según FLORES (2003), en la provincia de Leoncio Prado de 494,982 ha se han deforestado 105,611 ha, es decir el 21% del territorio, observándose los impactos en la agricultura y el ambiente; además, los principales causantes de la alarmante situación que se vive en nuestros bosques, son los cultivos de hoja de coca ilegal en un 40% y la agricultura migratoria en un 60%. La deforestación con fines de uso agropecuario, en zonas con condiciones topográficas severas especialmente en Selva Alta, traen como consecuencia serios problemas de erosión (IIAP, 1995).

## **2.2. La tala y quema como alternativa de manejo en la agricultura**

La tala y quema de la vegetación constituyen un método de cultivo empleado desde hace miles de años por su eficacia en limpiar el terreno y dejarlo apto para cultivar rápidamente especies forestales o agrícolas. Esto, junto a la alta fertilidad inicial del suelo inmediatamente después de la quema, permite un rápido establecimiento del cultivo. La técnica es muy común en

sistemas de agricultura migratoria, que involucra la tumba de un área nueva cada vez que termina un ciclo de producción (FERNÁNDEZ *et al.*, 2002).

Estudios realizados indican que el periodo crítico que más puede incidir sobre la calidad del suelo se encuentra entre la cosecha y el establecimiento de la nueva plantación. La aplicación de sistemas intensivos (quema de residuos) puede llevar a importantes pérdidas de suelo por erosión, además de producir compactación, mezcla o inversión de horizontes, exportación, lixiviación y volatilización de nutrientes, mayores tasas de mineralización, disminución en los niveles de materia orgánica (MO) y cambios en su calidad (FERNÁNDEZ *et al.*, 2002).

El suelo es el recurso básico para la agricultura y la silvicultura. La forma en que el hombre maneja este recurso determina en gran parte la productividad del mismo. Desafortunadamente, la necesidad inmediata tiene prioridad sobre el mañana y lo que es conveniente, hoy puede ser perjudicial y dañino a largo plazo, especialmente en lo que se refiere a las quemas. Sin embargo, el fuego no es siempre dañino para el suelo y su efecto depende de ciertos factores específicos. El factor principal a tomar en cuenta cuando nos referimos al fuego es la pendiente del terreno. La posibilidad de daños físicos que la quema puede ocasionar al suelo aumentan con la pendiente (SMITH, 1962).

COOPER (1971), menciona que las quemas no deben practicarse en laderas con pendientes fuertes y largos debido al riesgo de erosión. En pendientes moderadas el desplazamiento del suelo después de un incendio o quema es insignificante. En suelos planos, la quema presenta pocos peligros de erosión (MOBLEY *et al.*, 1973).

STRANG (1970), manifiesta que la repetición de las quemas es otro factor importante. En Canadá, reportó que las quemas repetidas degradaron el suelo en las áreas rocosas del oeste de la Provincia de Nueva Escocia. Las quemas repetidas en pendientes fuertes también causan erosión (STONE, 1971).

Según PELÁEZ (1995), en quemas experimentales en el Caldenal, registró temperaturas máximas entre 500-600 °C cuando la paja fue el combustible fino predominante, mientras que BÓO *et al.* (1996) detectaron que el tiempo de permanencia a altas temperaturas fue de pocos minutos. La combinación de temperatura máxima y tiempo de exposición producirán un impacto térmico sobre el suelo que además dependerá del contenido de humedad del mismo y de factores intrínsecos como la textura, los que condicionan la transmisión del calor en el cuerpo del suelo.

En condiciones naturales los suelos rojos profundos arcillosos de regiones tropicales y subtropicales, presentan buenas características físicas y químicas, pero se tornan sumamente frágiles cuando se altera el equilibrio. La

eliminación del bosque acelera los procesos de degradación debido a los mayores índices de erosión, por la alta intensidad y cantidad de precipitaciones y a las altas temperaturas que aumentan las mencionadas tasas de mineralización de la MO al descubierto. A pesar de los beneficios inmediatos que en un principio puede generar la práctica de tala y quema, a través del tiempo causa efectos dañinos e irreversibles al suelo (VON WALLIS *et al.*, 2008).

### **2.2.1. Efecto en las propiedades físicas del suelo**

Entre los cambios físicos se han reportado disminución de la fracción arcilla lo que sumado a disminuciones en el contenido de compuestos orgánicos puede afectar la micro agregación y conducir a la degradación de la microestructura del suelo (ANDREU *et al.*, 2001).

La textura del suelo también determina la influencia del fuego sobre la erosión. Los suelos arenosos son altamente erodables durante lluvias fuertes, aún en pendientes leves, después de haber sido descubiertos por el arado o por quemas. En sitios planos o casi planos las quemas no producen daños cuando las lluvias no son fuertes porque las arenas permiten la penetración rápida del agua (SMITH, 1962).

Los suelos arcillosos, especialmente los suelos compactados por el ganado, son susceptibles a la erosión superficial después de las lluvias, debido a su menor capacidad de absorción de agua y debido a una mayor cantidad de

escorrentía. El efecto de la escorrentía del agua sobre suelos arcillosos en pendientes es producir cárcavas. La quema de desperdicios agrícolas tiende a dañar los suelos arcillosos en pendiente fuertes (MOBLEY *et al.*, 1973).

KETTERINGS *et al.* (2000), en experiencias a campo, encontraron un drástico aumento del contenido de arena, disminución de limo y principalmente de arcilla, cuando el suelo fue expuesto a temperaturas extremas (mayores a 600 °C) y a bajas temperaturas encontraron un aumento de la fracción arena en los primeros 5 cm del perfil.

En suelos de la Región Semiárida Pampeana Argentina que han recibido aportes de ceniza volcánica, predominan los minerales amorfos y esmectitas. En estos suelos, la capacidad de intercambio catiónico aumenta principalmente con el contenido de la fracción arcilla (HEPPER *et al.*, 2006), por lo que la quema del suelo a altas temperaturas, al ocasionar disminuciones de la fracción arcilla, podría disminuir la capacidad de intercambio catiónico y, en consecuencia, afectar la fertilidad de los suelos.

BUSCHIAZZO *et al.* (1991), encontraron que suelos de esta región con altos contenidos de fracciones arcilla y limo tienen asociados altos contenidos de materia orgánica, atribuible a la formación de complejos organominerales. La pérdida de materia orgánica por efecto del fuego podría destruir estos complejos, lo que produciría efectos no deseados sobre el suelo,

como la disminución de la estabilidad estructural, parámetro directamente relacionado con la susceptibilidad a erosionarse.

Otros efectos negativos en las propiedades físicas del suelo son la pérdida de la esponjosidad que disminuye la aireación, y la formación de capas ladrillosas endurecidas al calentarse a gran temperatura suelos arcillosos (BUSCHIAZZO *et al.*, 1991).

El fuego tiene efectos diferentes sobre el suelo dependiendo de la pendiente, por ejemplo en terrenos llanos o de escasa pendiente, el efecto erosivo prácticamente no se produce, pero es notable en terrenos con alguna pendiente superior al 12%. La erosión es proporcional a la pendiente, pues el fuego favorece la escorrentía al eliminar la vegetación (BUSCHIAZZO *et al.*, 1991).

Según CAVELIER *et al.* (1999), la deforestación del bosque tropical húmedo y el uso frecuente del fuego han causado una severa erosión y reducción en la fertilidad (aunque se dan incrementos del fósforo extraíble), y ha conducido a la conversión de bosque húmedo a sabanas.

Las quemadas afectan al suelo de diferentes maneras según su frecuencia, duración e intensidad, también influyen las características del suelo. Las quemadas controladas que se presentan en el sur de estados unidos apenas ocasionan cambios perceptibles en la cantidad de materia orgánica superficial.



En realidad se conocen casos en los que aumento; tampoco se producen cambios en la estructura mineral porque su exposición a temperaturas elevadas es muy breve. No obstante cuando se pone fuego a montones o en hileras de ramaje, o cuando hay poca humedad, puede ocurrir que la temperatura se mantenga alta en el tiempo suficiente para que se prenda la materia orgánica o para que se altere la estructura de las arcillas del suelo (WADE, 1990).

### **2.2.2. Efecto en las propiedades químicas del suelo**

SMITH *et al.* (2001), indican incrementos en la concentración de fósforo total y de calcio total debido a una reducción física de las capas superficiales del suelo, mientras que atribuyen la disminución de nitrógeno total y carbono total a la volatilización de los mismos.

AROCENA y OPIO (2003), encontraron aumentos de pH y de calcio, magnesio, potasio y sodio intercambiables, mientras que no detectaron cambios en el contenido de nitrógeno total y disponible.

GIARDINA *et al.* (2000), menciona que las pérdidas de nutrientes en suelos afectados por el fuego podrían deberse a volatilización, lavado, arrastre de las cenizas por corrientes de convección durante la quema o por erosión eólica posterior a las mismas; mientras que el enriquecimiento se puede atribuir a la mineralización de la materia orgánica del suelo y de la ceniza dejada por la biomasa aérea (ALBANESI y ANRIQUEZ, 2003).

Según SEUBERT (1974), el interrogante sobre la quema y los suelos es su efecto sobre los niveles de nutrientes. En la selva amazónica de Perú, se condujo un estudio sobre la agricultura migratoria y el efecto de la quema del monte en la productividad del suelo. Se comparó el sistema tradicional de tala y quema con el sistema de eliminación del material vegetal con buldózer, apilando los desperdicios. Los resultados de la prueba fueron los siguientes:

- El estado de las bases aumentó marcadamente con las quemas.
- El contenido de calcio, magnesio y potasio intercambiable se triplicó después de la quema mientras que en el área aclarada con el buldózer permaneció igual.
- El fósforo disponible aumentó dramáticamente con la quema.
- El contenido de materia orgánica no disminuyó con la quema pero el carbón orgánico y el nitrógeno disminuyeron en el área aclarada con buldózer porque se arrastró la capa superior del suelo (humus) a las pilas de desperdicio.

MOBLEY y OTROS (1973), han hablado sobre la quema controlada en bosques de coníferas en los Estados Unidos, y han concluido que la quema prescrita en el sur normalmente causa poco o ningún cambio en el contenido de materia orgánica en los suelos superficiales. Tampoco se ven muy afectadas las cantidades de bases y nutrientes minerales en los bosques por las quemas controladas (STONE, 1971).

En algunas condiciones la quema incrementa la fijación de nitrógeno en el suelo, el nivel de fósforo disponible aumenta en los suelo arenosos (WADE, 1990).

CORREA *et al.* (1987), afirma que el efecto de las quemas sobre el suelo depende de las condiciones de humedad de este, si la quema se realiza al final del verano cuando llegan las primeras lluvias, se mejora la disponibilidad de nutrientes para las plantas, estos mismos autores no reportaron cambios en la estabilidad del suelo luego de ser sometido a una quema; de igual manera, MARTÍNEZ (2001) afirma que la degradación del suelo se presenta cuando se da la pérdida de la materia orgánica y esta pérdida depende de la humedad del suelo al momento de la quema.

En estudios de quema y mantenimiento de residuos en superficie, transcurridos 24 meses, se observaron menores concentraciones de carbono orgánico y nitrógeno total por acción de la quema. En cuanto al fósforo y potasio no muestran diferencias significativas. Sin embargo el calcio y magnesio intercambiables aumentaron cuando los residuos fueron quemados, sobre todo en los primeros 10 cm de suelo (FERNÁNDEZ, 1999).

En trabajos de investigación a los 4 años detectaron que el nivel de CO en preparación intensiva del terreno (quema y rastra) fue un 13 % menor que en el bosque nativo. Cuando se analizaron los cambios entre el tercer y cuarto año en este sistema concluyeron que la quema de residuos y laboreo

indujo a una caída del CO de  $2,5 \text{ t.ha}^{-1}$  en los primeros 5 cm de suelo. Estos resultados remarcan la necesidad del aporte continuo y la conservación del material vegetal para mantener los niveles de CO, debido a la baja estabilidad que presenta la MO en ambientes subtropicales (LUPI, 2002).

El carbono liviano es un estado de transición de la MO entre los residuos frescos y el humus del suelo. La quema de los residuos de la cosecha o MO fresca podría llevar a un incremento o caída en los niveles de carbono liviano (CL) y en consecuencia esto puede traducirse en incrementos o pérdidas de MO o humus del suelo. Este comportamiento se observó a los 4 años de la preparación de terreno. La quema de residuos y laboreo provocó una caída importante en el CL, mientras que la conservación de los residuos llevó al CL hasta un nivel que fue inclusive mayor al bosque nativo. En tratamientos con quema, entre el tercer y cuarto año se perdió el 26 % del CL, mientras que la conservación de residuos mostró cambios aún mayores dado que en este periodo aumentó cerca del 45% (LUPI, 2002).

En contraste, en otros estudios detectaron que luego de 12 meses desde la quema, se evidencia un aumento significativo de la concentración de P disponible en el suelo hasta los 30 cm de profundidad. La concentración de Mg aumentó luego de 12 meses de aplicados los tratamientos en la profundidad de 0-10 cm. La quema generó un aumento significativo del pH en el horizonte superficial. El N, Ca, K, CO. y CIC, no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos de quema y no quema de los residuos

forestales en ninguna de las profundidades. Después de los 30 cm de profundidad no se presentan cambios en las propiedades químicas del suelo entre los tratamientos de quema y no quema en el sitio estudiado (VON WALLIS *et al.*, 2008).

Según BATISTA (2005), en discrepancia con estos estudios realizados de quema y no quema de residuos forestales, en Brasil los resultados obtenidos indican que el tenor de los nutrientes de los restos forestales antes y después de la quema no mostró alteraciones significativas. No hubo alteraciones en la acidez del suelo debido a la quema, y no fue detectada una variación de los elementos,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ , P,  $\text{K}^+$ , en las capas superficiales del suelo, después de la quema

El impacto de la quema en la productividad del sitio está relacionado con la intensidad del fuego. Cuando el fuego es muy intenso, provoca una pérdida severa de nutrientes y tiende a decrecer la productividad del sitio, sin embargo cuando las intensidades de fuego son bajas, la quema puede incluso hasta aumentar la productividad (CARTER y FOSTER, 2003).

Según BINKLEY (1992), en un estudio sobre quemaduras en *Pinus taeda* encontraron que el fuego solo afecta la capa orgánica del suelo en forma superficial, cuando se compararon con parcelas no quemadas observaron que los tenores P, Mg, S, K no fueron afectados, el Ca aumentó levemente y N y CO decreció levemente.

### **2.3. Carbono orgánico en el suelo**

El carbono orgánico del suelo se encuentra en forma de residuos orgánicos poco alterados de vegetales, animales y microorganismos, en forma de humus y en formas muy condensadas de composición próxima al carbono elemental (JACKSON, 1964; citado por MARTINEZ *et al.*, 2008).

#### **2.3.1. El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)**

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es el gas que más contribuye al calentamiento global y es el principal gas de efecto invernadero. Este gas incrementó su concentración de 280 ppm en 1750 a 360 ppm en el 2000, y el uso de combustibles fósiles genera en la actualidad del 80 al 85% del CO<sub>2</sub> emitido (GÓMEZ y ECHEVERRI, 2000).

Una forma de mitigar el calentamiento global y sus efectos es almacenarlos en la biomasa (mediante la fotosíntesis) y en el suelo (a través de la acumulación de materia orgánica). Los sistemas agroforestales (SAF) representan sumideros importantes de carbono (ANDRADE, 1999).

Una forma de mitigar los problemas de CO<sub>2</sub> además de reducir las emisiones, es "secuestrarlo", o sea capturarlo y mantenerlo el mayor tiempo posible en la biomasa, el suelo y los océanos. En el primero; se logra a través de la fotosíntesis y en el segundo a través de la descomposición y mineralización de la materia orgánica. Los bosques son el principal sumidero

de CO<sub>2</sub>, sin embargo, según algunos estudios la capacidad de absorción y almacenamiento de carbono varía de un bosque a otro, principalmente por la influencia de factores como: temperatura, precipitación, densidad de masa, tipo de suelo, pendiente, altura, condiciones topográficas, índices de crecimiento y edad. Los bosques del mundo capturan y conservan más carbono que cualquier otro ecosistema terrestre y participan con el 90% del flujo anual de carbono entre la atmósfera y la superficie de la tierra. (ALBRECHT y KANDJI, 2003).

PINEDA, ORTIZ y SÁNCHEZ (2005), indican que los bosques almacenan una importante cantidad de carbono, tanto al nivel de la vegetación como de los suelos, jugando así un papel importante en el intercambio de CO<sub>2</sub> entre la biosfera y la atmósfera. Estos ecosistemas funcionan como sumideros si capturan CO<sub>2</sub> y lo convierten en carbohidratos (mediante el proceso de la fotosíntesis), o como una fuente emisora de CO si es liberado a la atmósfera a través de su quema.

### **2.3.2. Almacenamiento de carbono orgánico en el suelo**

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 alcanza 606,80 t.ha<sup>-1</sup>, con la siguiente distribución: 283,75 t.ha<sup>-1</sup> en la biomasa aérea; 79,92 t.ha<sup>-1</sup> en raíces (diámetro > 5 mm); 2,79 t.ha<sup>-1</sup> en el sotobosque; 53,56 t.ha<sup>-1</sup> en la necromasa; 5,87 t.ha<sup>-1</sup> en la hojarasca; y 180,91 t.ha<sup>-1</sup> en los primeros 30 cm de

suelo. El carbono acumulado en los suelos supera en todos los casos estudiados  $140 \text{ t.ha}^{-1}$  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.

GAYOSO (2006), Sostiene que los principales almacenes de Carbono en los ecosistemas forestales son el suelo, la vegetación y el mantillo. La vegetación es la encargada de incorporar el C atmosférico al ciclo biológico por medio de la fotosíntesis. Los bosques del mundo (templados y tropicales) capturan y conservan más carbono que cualquier otro ecosistema terrestre y participan con el 90% del flujo anual de carbono entre la atmósfera y el suelo.

SEGURA y KANNINEN (2002), refiere que los sistemas forestales y agroforestales (SAF) pueden funcionar como sumideros de  $\text{CO}_2$  almacenando en promedio  $95 \text{ t.ha}^{-1}$  en zonas tropicales, para un total de 2,1 billones de toneladas de C por año en estas áreas.

Según ANDRADE (1999), en sistemas con pastos, el C almacenado fue mayor en los sistemas silvopastoriles ( $95 \text{ t.ha}^{-1}$ ), con respecto a las pasturas en monocultivo ( $68 \text{ t.ha}^{-1}$  para *Brachiaria* y  $84 \text{ t.ha}^{-1}$  para ratana).

TROUVE *et al.* (1994), obtuvieron un almacenamiento de C de 63 a  $76 \text{ t.ha}^{-1}$  en sistemas silvopastoriles con *E. deglupta* en el Congo. El aporte de



las pasturas en el almacenamiento de C fue inferior a  $2.5 \text{ t.ha}^{-1}$ . ANDRADE (1999), obtuvo un almacenamiento de C en las pasturas de  $0,35$  y  $1,5 \text{ t.ha}^{-1}$  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 Sukumar, (2000), entrega cifras de  $123 \text{ t.ha}^{-1}$  de C almacenado en suelo de bosque tropical.

ÁVILA *et al.* (2001), los bosques y los pastizales son dos grandes potenciales en el almacenamiento de C en el suelo. Reporta C almacenado (0-25 cm) en pasto brachiaria a pleno sol por la cantidad de  $66 \text{ t.ha}^{-1}$  de C pasto retana a pleno sol  $84 \text{ t.ha}^{-1}$  de C y Brachiaria-eucalipto (3 años)  $87 \text{ t.ha}^{-1}$  de C.

ÁVILA *et al.* (2001), al realizar estudios en diferentes sistemas agroforestales o monocultivo de café en Costa Rica, encontró valores de almacenamiento de C en cantidad de  $139 \text{ t.ha}^{-1}$ . Para el sistema Café-eucalipto (4 años),  $161 \text{ t.ha}^{-1}$ . Para Café-eucalipto (6 años),  $184 \text{ t.ha}^{-1}$ . Para Café-poró (más de 10 años) y  $153.9 \text{ t.ha}^{-1}$  para café a pleno sol (0-25 cm). Obviamente estos resultados dependen de las condiciones de cada sitio (clima, suelo, tipología de cafeto, manejo, etc.). Al comparar sus datos encontrados en Costa Rica, indica que fueron semejantes a los reportados en la literatura respecto a sistemas agroforestales con café en varios lugares de América Central (FASSBENDER *et al.*, 1985), FOURNIER (1996), MÁRQUEZ (1997), (ALVARADO *et al.*, 1999), en Turrialba, Costa Rica, se encontraron  $164 \text{ t.ha}^{-1}$  de C almacenado en el suelo (0-45 cm) de Sistema Agroforestal de Café (SAF).

Al efectuarse comparaciones sobre el almacenamiento de carbono en el suelo, indica que los efectos de almacenamiento de carbono se deben a varios factores: edad de las especies, textura de suelo, cambio de uso de suelo, manejo del cultivo, entre otros (ÁVILA *et al.*, 2001).

ANACAFE (1998), menciona que en Guatemala, un estudio realizado sobre la cuantificación estimada del dióxido de carbono fijado por el agrosistema Café, encontró valores similares a lo nuestro donde reporta cantidades de C orgánico en el suelo que oscilan de 47.18 a 67.60 t.ha<sup>-1</sup> de C en diferentes niveles altitudinales y se observa el incremento de almacenamiento de C en el suelo conforme aumenta la altitud.

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 como la 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 en el suelo 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 la cantidad de carbono que entran en el suelo.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de ejecución**

El presente trabajo de investigación se realizó en la microcuenca La Alcantarilla, ubicada en el distrito de Mariano Dámaso Beraún - Las Palmas, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, aproximadamente 12 kilómetros de la ciudad de Tingo María. El área a explotar se encuentra en las coordenadas UTM (Zona 18 L, Datum WGS 84), Este: 393578 m., Norte: 8966248; Altitud: 835 msnm.

La Microcuenca en estudio, presenta una extensión aproximada de 840 ha y una altitud que va desde los 667 hasta los 1570 m.s.n.m. Su ubicación le confiere una fisiografía principalmente montañosa y colinosa, con una vegetación natural de bosques muy vistosa (Figura 1).

Así mismo, el trabajo de gabinete se llevó a cabo en los laboratorios de Conservación de Suelos de la Facultad de Recursos Naturales Renovables y la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS).

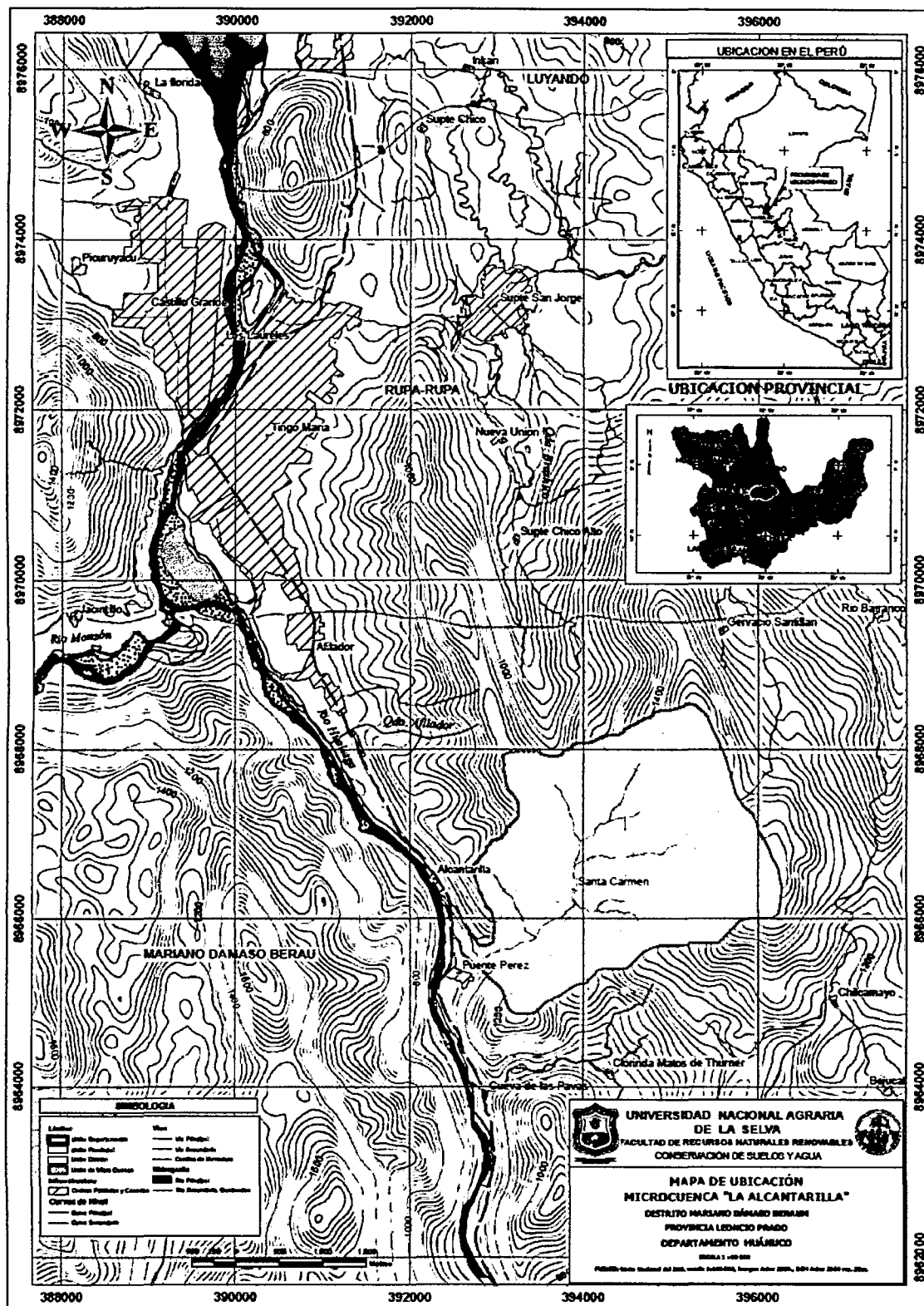


Figura 1. Mapa de ubicación de la Microcuenca La Alcantarilla.

### 3.1.1. Ubicación política de la microcuenca

Departamento	:	Huánuco.
Región	:	Huánuco
Provincia	:	Leoncio Prado
Distrito	:	Mariano Dámaso Beraún.- Las Palmas

### 3.1.2. Ubicación geográfica

Su ubicación corresponde a las Coordenadas UTM (Zona 18 L, Datum WGS 84):

Este	:	392474 m	395313 m
Norte	:	8966192m	8968512 m
Altitud	:	667 msnm	1570 msnm

## 3.2. Características del área de estudio

### 3.2.1. Antecedentes del Cuadrado Sin Quema (CSQ)

El área destinada para realizar el trabajo de campo (Quema), como antecedente cronológico hasta el año 1999 fue destinado para albergar el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), cuyo sembrío se realizaba a favor de la pendiente, ocasionando pérdida de suelo por erosión hídrica. En tal sentido hasta este periodo no recibió ningún tipo de manejo de conservación de suelo.

Desde el año 2001 hasta la fecha en que se inició el trabajo de campo del presente proyecto de tesis, el área destinada para el estudio no tuvo influencia antropogénica alguna. Por lo que en el transcurso del tiempo creció especies vegetales endémicas como malezas, arboles, etc. convirtiéndose en un bosque secundario denominado purma.

El cultivo de la coca por ser una especie vegetal resistente, se adecua al crecimiento tanto en los sistemas de cultivos en limpio como el de cultivo en sombra. En tal sentido cabe resaltar que se encontró plantas de coca en el área en estudio.

### **3.2.2. Condiciones climáticas antes y después de realizar la quema**

El experimento se ejecutó el mes de diciembre del 2011, siendo éste el último mes de la estación de verano, en tal sentido el día 3 se procedió a realizar la tala del bosque secundario. Para poder efectuar la quema de los residuos vegetales, se dejó secar al ambiente los residuos vegetales por un lapso de 6 días, ejecutándose la quema el día 9 de diciembre a horas 11.30 am.

En el Anexo B se detalla los datos meteorológicos con respecto a la precipitación, temperatura (mínima y máxima) y la humedad. Registrada en el periodo de ejecución del experimento.

### **3.2.3. Precipitación**

La estación Meteorológica José Abelardo Quiñonez de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, registra una precipitación promedio anual de 3,400 mm y varía en intensidad, duración y frecuencia; muchas veces se manifiestan violentamente en forma de gotas gruesas, de poca duración y en pleno sol.

### **3.2.4. Humedad**

La estación Meteorológica José Abelardo Quiñonez de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, registra una humedad relativa media anual de 80%.

### **3.2.5. Temperatura**

Se registra una temperatura máxima de 30 °C, temperatura mínima de 20,3 °C y una temperatura promedio de 25,2 °C.

### **3.2.6. Características ecológicas**

Según Holdrige (1993) citado por Mapa Ecológico del Perú – INRENA (1995), el área estudiada corresponde a la zona de vida de transición: bosque muy húmedo – Pre montano Tropical (bmh-PT) a bosque muy húmedo – Subtropical (bmh-S).

### **3.2.7. Geología**

El área en estudio geológicamente está constituida, casi en su totalidad, por rocas calizas y en menor grado de limonitas y lutitas suaves en proceso de edafización avanzada. Los suelos son, por lo general, ácidos y las partes de laderas empinadas y escarpadas expuestas a una fuerte erosión por la alta pluviosidad.

### **3.2.8. Fisiografía**

De manera general el valle del Alto Huallaga y en especial la zona de estudio, presentan dos paisajes bien diferenciados según Blanco *et al.* (1977) citado por MANRIQUE DE LARA y CHÁVEZ (1996), que son el paisaje aluvial y el paisaje de lomadas y colinas.

### **3.2.9. Hidrografía**

La Microcuenca presenta como afluentes quebradas que forman el cauce principal que lleva por nombre "La Alcantarilla", el cual desemboca en el Río Huallaga.

## **3.3. Materiales y equipos**

### **3.3.1. Material cartográfico**

Carta Nacional a escala 1:100,000 elaborado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN).



### **3.3.2. Material satelital**

Imagen de satélite QUICKBIRD. Fecha: 15 de junio del 2007.

Sector: Tingo María – microcuenca la alcantarilla.

### **3.3.3. Hardware y software**

01 Laptop COMPAQ C405LA.

Software vectorial Arcgis 9.3.

Otros: Windows 7, Office 2007 (Word, Excel), etc.

### **3.3.4. Equipo y material de campo**

GPS (Sistema de Posicionamiento Global) marca Garmin

Cámara digital marca Kodak

Flexómetro de 5 m.

Machetes

Lima (para afilar machetes)

Libreta de apuntes

Palana recta

Martillo

Wincha de 50 m

Cilindro de densidad aparente

Bolsas plásticas de 10x20 cm

### **3.4. Metodología**

La metodología del proyecto de investigación, consistió en la recopilación de datos de las propiedades físicas y químicas del suelo. Para el estudio se consideró dos unidades exploratorias (UE) a las que se denominó Cuadrado Sin Quema (CSQ) y Cuadrado Quema (CQ). Estos sistemas son:

#### **3.4.1. Unidades exploratorias (UE)**

##### **3.4.1.1. Cuadrado sin quema (csq)**

Se identificó un suelo con características de un bosque secundario o purma, donde se procedió a realizar el muestreo del suelo por el método de transectos.

##### **3.4.1.2. Cuadrado Quema (CQ)**

Después de de ejecutar las actividades en el Cuadrado Sin Quema (CSQ) se procedió a realizar la actividad de la quema del bosque secundario, posteriormente después de un lapso de tres días, se realizó el muestreo del suelo, esta actividad también se realizó por el método de transectos.

#### **3.4.2. Recolección y complementación de información básica**

Se obtuvo información de documentación básica y cartográfica existente, referida fundamentalmente a los aspectos, climáticos, hidrográficos,

topográficos de la microcuenca y los antecedentes de la unidad a explorar (cuadrado sin quema).

### 3.4.3. Recopilación de datos de campo

Se realizó la identificación de la unidad exploratoria Cuadrado Sin Quema (CSQ). Posteriormente se ejecuto la demarcación del área a explorar, el cual fue de 25 m de largo x 25 m de ancho para cada tipo de SUT (Figura 2).

El método de muestreo del suelo a evaluar es similar al recomendado por Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF), (ANDERSON y INGRAM, 1993), el área de la unidad básica de muestreo es un monolito de 25 cm x 25 cm x 30 cm de profundidad, a lo largo de un transecto para cada uno de las unidades exploratorias (Cuadrado Sin Quema y Cuadrado Quema).

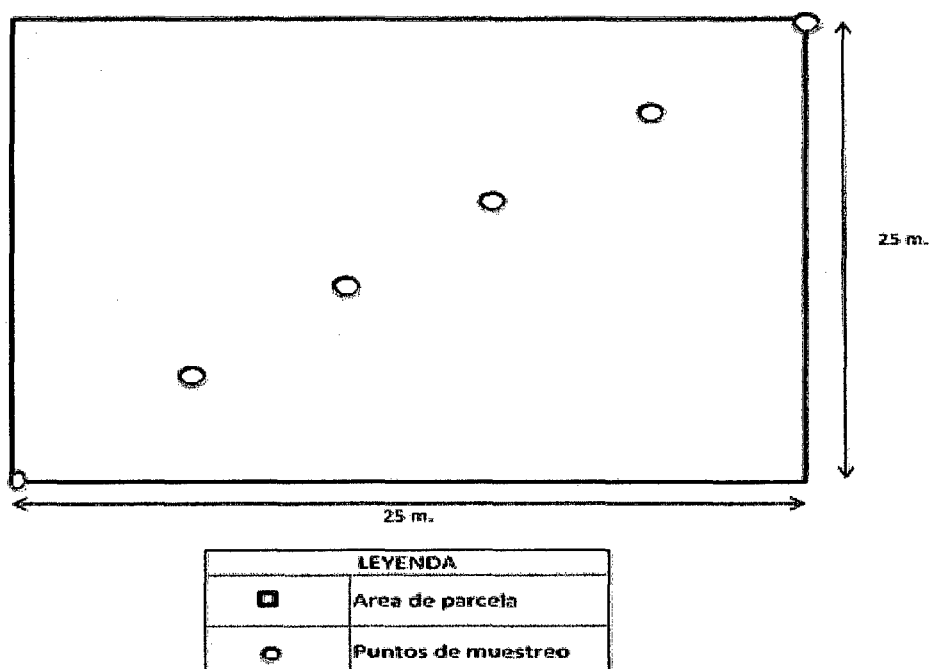


Figura 2. Croquis de la parcela en estudio

Por cada unidad exploratoria descrita, se tomó seis muestras (monolitos) entre cada siete metros aproximadamente entre la longitud del transepto; por lo cual, se realizó doce puntos de muestreo en total. En cada muestra que representa un monolito se separaron en tres estratos sucesivos (0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm), extrayéndose un total de treinta y seis muestras, para ser analizadas en el laboratorio (Figura 3).

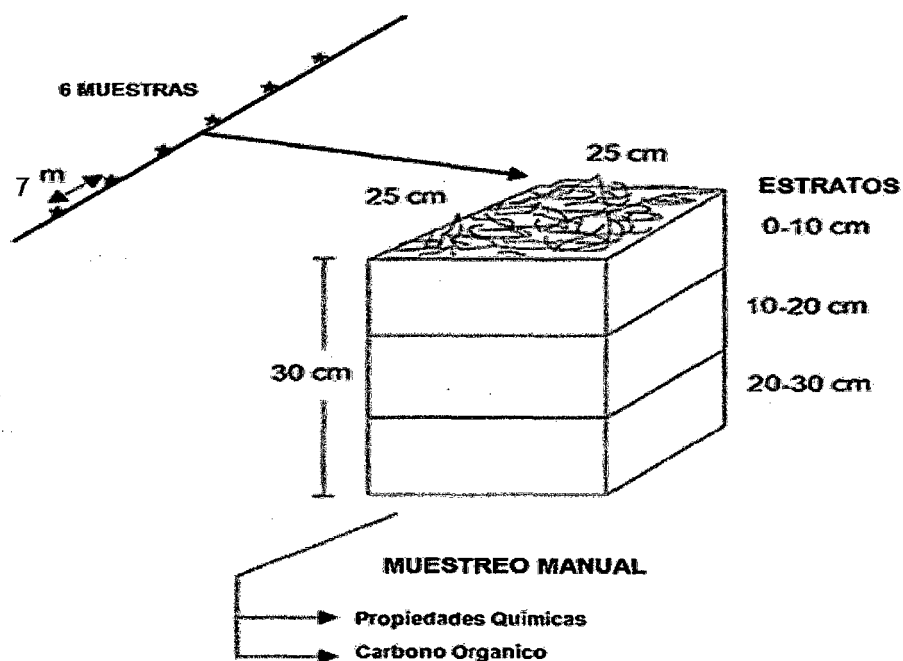


Figura 3. Metodología de muestreo del suelo (según Tropical Soil Biolog y and Fertility Programme (TSBF, IUBS/UNESCO)

Se realizó una calicata con una dimensión de 80 cm X 80 cm X 100 cm, de largo, ancho y profundidad respectivamente. A fin de permitir una adecuada inspección de las paredes, El material excavado se depositó en la

superficie en forma ordenada, separado de acuerdo a la profundidad y horizonte correspondiente.

Se identificó un suelo con cultivo de coca, teniendo en consideración la homogeneidad de la fisiografía con respecto a la unidad exploratoria Cuadrado Sin Quema (CSQ) en estudio, adicional a esta actividad se procedió al muestreo del suelo obteniéndose tres sub muestras en un área de 625 m<sup>2</sup>, siendo mezcladas para obtener una mezcla compuesta y ser llevada al laboratorio de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva para su posterior análisis físico y químico.

#### **3.4.4. Determinación de las propiedades físicas y químicas del suelo en laboratorio**

La determinación de las propiedades físicas y químicas del suelo fue de acuerdo a los siguientes cuadros:

Cuadro 1. Métodos para determinar los Indicadores físicos

INDICADORES FÍSICOS	MÉTODO
Textura del suelo	Método del hidrómetro de Bouyoucos
Densidad aparente	Volumen, peso húmedo y seco del suelo

Fuente: (MOSCATELLI *et al.*, 2005); (ACEVEDO *et al.*, 2005)

La estimación de la densidad aparente fue determinada por el método del cilindro, que consistió en introducir un cilindro metálico en las paredes del monolito, diferenciándolos por estratos (0-10cm.; 10-20cm.; y 20-30cm.) para lo cual cada cilindro poseía un volumen definido, luego estas muestras fueron secadas al horno a 105°C por 72 horas, para determinar su peso seco (ms). Posteriormente, el peso seco se dividió entre el volumen del suelo (volumen interno del cilindro).

Cuadro 2. Métodos para determinar los Indicadores Químicos

INDICADORES QUÍMICOS	MÉTODO
Materia orgánica (C y N orgánico)	Método de Walkley y Black
Reacción del suelo o pH	Método del potenciómetro
Nitrógeno Total	Método de Kjeldahl
Fósforo disponible	Método de Olsen
Potasio disponible	Método del Ácido sulfúrico
C.I.C	Método del Acetato

Fuente: (MOSCATELLI *et al.*, 2005); (ACEVEDO *et al.*, 2005)

### 3.4.5. Estimación del carbono orgánico del suelo

Para la estimación del carbono orgánico del suelo en cada estrato de evaluación (0-10 cm, 10-20 cm, y 20-30 cm), se utilizó la fórmula sugerida por MacDicken (1997)

$$\text{COS (t ha}^{-1}\text{)} = \sum_{i=1}^{i=n} ([\text{CO}/100] * \text{Dap} * \text{Ps} * 10000)_{\text{profundidad}}$$

Dónde:

COS (t.ha<sup>-1</sup>): Carbono orgánico del suelo

i: Profundidad evaluada.

n: Tres profundidades

D. ap. (t.m<sup>-3</sup>): Densidad aparente de la profundidad evaluada (t m<sup>-3</sup>)

Ps (m) : Profundidad de muestreo (m)

10000 : área m<sup>-2</sup>

Para estimar el contenido de carbono orgánico, se utilizó la conversión sugerida por Walkley y Black (1938), citada por RÜGNTZ *et al.* (2009).

### 3.5. Tipo de investigación

El trabajo correspondió al tipo de investigación exploratorio.

### 3.6. Unidades exploratorias (UE)

Para el estudio se consideraron dos unidades exploratorias, Cuadrado Sin Quema (CSQ) y Cuadrado Quema (CQ).

### **3.7. Variables independientes**

Las variables independientes son las dos unidades exploratorias en estudio:

- Cuadrado Sin Quema (CSQ)
- Cuadrado Quema (CQ).

### **3.8. Variables dependientes**

Las variables en el presente trabajo de investigación son:

#### **3.8.1. Propiedades químicas del suelo**

Materia orgánica (C y N orgánico)

Reacción del suelo o pH

Nitrógeno total

Fosforo disponible

Potasio Disponible

C.I.C

#### **3.8.2. Contenido de carbono orgánico en el suelo**

Textura del suelo

Densidad aparente



### **3.9. Análisis estadístico**

Los resultados obtenidos se analizaron aplicando estadística descriptiva en un inicio para evaluar su comportamiento entre las dos unidades exploratorias, Cuadrado Sin Quema (CSQ) y Cuadrado Quema (CQ). Para encontrar diferencias estadísticas entre las dos unidades exploratorias CSQ y CQ con respecto a las variables dependientes se utilizó la prueba t para la inferencia basadas en dos muestras. Para describir los resultados se utilizaron cuadros y graficas de barras descriptivas.

## **IV. RESULTADOS**

### **4.1. Perfil edafogenico del suelo de la unidad exploratoria cuadrado sin quema (csq)**

En cumplimiento con el primer objetivo específico, se realizó la identificación y descripción de los horizontes del suelo de la unidad exploratoria Cuadrado Sin Quema (CSQ) en estudio.

#### **4.1.1. Cuadrado Sin Quema (CSQ)**

- Región : Huánuco
- Provincia : Leoncio Prado
- Distrito : Mariano Damazo B.
- Microcuenca : La Alcantarilla
- Clasificación Soil Taxonomy: Typic Eutrochrepts
- Pendiente : 39 %
- Zona de vida : Bosque muy húmedo – Pre montano Tropical
- Drenaje : Moderado a bueno
- Nivel freático : No visible
- Material parental : Residual calcáreo
- Vegetación : Café, especies herbáceas, arbóreas.

El Cuadro 3 muestra los tres horizontes del suelo, identificados de acuerdo a sus características físicas y químicas.

Cuadro 3. Perfil edafogenico del Cuadrado Sin Quema (CSQ)

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A	0 - 10	Franco Arcilloso Arenoso, marrón oscuro (10 YR 3/3) en húmedo, cubico subangular gruesa moderadamente y firme, fuertemente acido (pH 4.61), bajo contenido de materia orgánica, (1.27%), bajo contenido de fosforo (6.26 ppm), muy bajo contenido de potasio (168 kg/ha), CIC bajo (2.63 meq/100 g suelo), raíces abundantes finas y gruesas, permeabilidad moderada, limite gradual.
B	10 - 40	Franco Arcilloso, pardo amarillento oscuro (10 YR 3/4) en húmedo, cubico subangular gruesa y fuerte, muy firme, extremadamente acido (pH 4.5), bajo contenido de materia orgánica (0,88%), bajo contenido de fosforo (5.6 ppm), muy bajo contenido de potasio (161.5 kg/ha), CIC bajo (2.73meq/100 g suelo), raíces abundantes, pocas raíces y finas, permeabilidad gradual.
Bt1	40 - 120	Arcilloso, pardo amarillento oscuro (10 YR 6/8) en húmedo, cubico subangular gruesa y firme, extremadamente acido (pH: 4.5), contenido bajo de materia orgánica (0,80%), CIC bajo (2.71 meq/100 g suelo), sin raíces y permeabilidad moderada, gradual.

#### 4.2. Análisis de las propiedades químicas y carbono orgánico entre las unidades exploratorias (csq y cq)

El Cuadro 4, muestra los resultados obtenidos de la prueba T a un 5% de nivel de significancia para las distintas propiedades químicas, evaluadas entre las unidades exploratorias:

Cuadro 4. Comportamiento de las propiedades químicas entre CSQ y CQ

Propiedades Químicas	CSQ	CQ	p - valor
pH	4.54 ± 0.37 a	4.29 ± 0.3 b	0.0346
M.O (%)	1.01 ± 0.32 a	1.14 ± 0.66 a	0.4689
N (%)	0.05 ± 0.01 a	0.05 ± 0.03 a	0.5674
P (ppm)	5.82 ± 2.07 a	4.32 ± 2.51 a	0.0588
K <sub>2</sub> O (kg.ha <sup>-1</sup> )	164.46 ± 59.76 a	176.46 ± 89.88 a	0.6343
CIC (meq/100 gr de suelo)	2.69 ± 0.81 a	3.36 ± 1.6 a	0.1249
Densidad ap. (g.cm <sup>-3</sup> )	1.49 ± 0.12 a	1.78 ± 0.12 b	<0.0001
COS (t.ha <sup>-1</sup> )	0.49 ± 0.13a	0.60 ± 0.24 a	0.3468

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

Para la reacción del suelo o pH, muestra que existe diferencia significativa ( $p$ -valor=0.0346) teniendo medias diferentes 4.54 (CSQ) y 4.29 (CQ) decreciendo ligeramente el último, encontrándose mayor concentración de iones H<sup>+</sup> en el suelo. Caracterizando finalmente al suelo en extremadamente ácido.

Estadísticamente no se encontró diferencia significativa ( $p$ -valor=0.4689) en relación con el contenido de materia orgánica (%), después de realizar la quema (CQ) se observa un incremento que va de 1.01 a 1.14% de materia orgánica del CSQ al CQ. Teniendo como resultado un suelo con bajo contenido de materia orgánica. La prueba estadística muestra que no existe diferencia significativa ( $p$ -valor=0.5674) para el contenido de nitrógeno en el suelo, presentado medias iguales (0.05%).

El contenido de fósforo disponible (ppm), de acuerdo a la prueba estadística muestra que no existe diferencia significativa ( $p$ -valor=0.0588), observándose que el CSQ presenta 5.82 ppm decreciendo después de realizar la quema (CQ) a 4.32 ppm, caracterizando al suelo con muy bajo contenido de fósforo disponible.

Para el contenido de potasio disponible ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), la prueba T muestra que no existe diferencia significativa ( $p$ -valor=0.6343). Con respecto al CSQ presenta  $164 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de potasio disponible incrementándose ligeramente después de realizar la quema (CQ) a  $176 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , caracterizando finalmente al suelo con muy bajo contenido de potasio disponible. Estadísticamente no existe diferencia significativa ( $p$ -valor=0.1249) para el contenido de CIC (meq/100 gr de suelo), en el Cuadro 4 se observa un incremento de 2.69 a 3.36 meq/100 gr de suelo del CSQ al CQ. Caracterizando al suelo en bajo contenido de CIC.

El contenido de carbono en el suelo está relacionado con la densidad aparente, estadísticamente no existe diferencia significativa ( $p$ -valor=0.3468) para el COS ( $t.ha^{-1}$ ). Teniendo un ligero incremento de 0.49 a  $0.60 t.ha^{-1}$  del CSQ al CQ.

### **4.3. Comportamiento de las propiedades químicas y carbono orgánico en el suelo por estratos entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ)**

#### **4.3.1. Reacción del suelo o pH**

El Cuadro 5 muestra los resultados de la prueba T para la reacción del suelo o pH. En el primer estrato (0–10 cm) no existe diferencia significativa ( $p$ -valor=0.6591) a un 5% de nivel de significancia entre ambas unidades exploratorias. A pesar de tener promedios distintos.

En cuanto al segundo estrato (10–20 cm) no existe diferencia significativa ( $p$ -valor=0.0613) a un 5% de nivel de significancia entre CSQ y CQ. El último estrato evaluado (20–30 cm), a diferencia de los estratos anteriores, según la prueba T muestra que existe diferencia significativa ( $p$ -valor=0.0258) a un 5% de nivel de significancia entre ambas unidades exploratorias (CSQ y CQ).

Cuadro 5. Reacción del suelo o pH por profundidad de horizontes entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ)

Profundidad del horizonte (cm)	UE	pH
0 - 10 cm	CSQ	4.61 ± 0.56 a
	CQ	4.48 ± 0.42 a
	p-valor	0.6591
10 - 20 cm	CSQ	4.50 ± 0.29 a
	CQ	4.20 ± 0.18 a
	p-valor	0.0613
20 - 30 cm	CSQ	4.50 ± 0.26 a
	CQ	4.18 ± 0.15 b
	p-valor	0.0258

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

El comportamiento de los componentes estudiados se detalla mejor gráficamente (Figura 4).

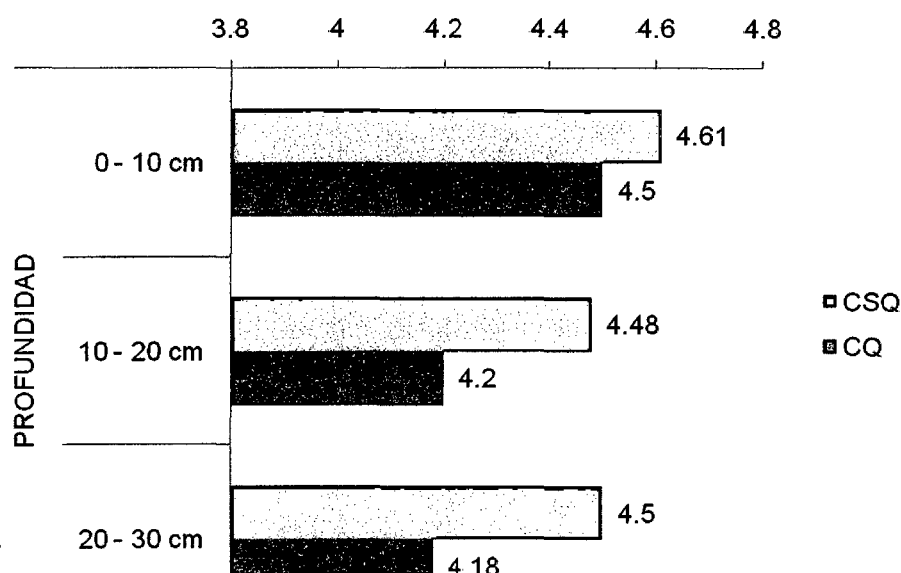


Figura 4. Nivel de pH, de los estratos sucesivos (0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm) entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ).

La Figura 4, muestra que no existe diferencia estadística ( $p > 0.05$ ), en el primer y segundo estrato (0-10 cm, 10-20 cm) entre ambas unidades exploratorias (CSQ y CQ). A pesar de que el pH disminuye ligeramente después de realizar la quema (CQ). Según la prueba T, ocurre lo contrario en el tercer estrato (20-30 cm) existiendo diferencia estadística ( $p\text{-valor}=0.0258$ ), en el grafico se observa una considerable disminución del pH después de realizar la quema (CQ). En relación al nivel del pH se observa que, a medida que se incrementa la profundidad del suelo el pH disminuye pero no significativamente. De acuerdo a la clasificación de niveles de pH, ambas unidades exploratorias se encuentran en el rango de un suelo extremadamente ácido. Encontrándose mayor concentración de iones  $H^+$  en el suelo para ambos.



#### 4.3.2. Contenido de Materia Orgánica en el suelo

Los resultados de la prueba T, según el Cuadro 6, muestra que no existe diferencia significativa ( $p$ -valor = 0.2327) a un 5% de nivel de significancia en el primer estrato (0 – 10 cm) entre ambas unidades exploratorias (CSQ y CQ). Con medias 1.27 y 1.67%, encontrándose mayor contenido de materia orgánica después de realizar la quema (CQ). Lo mismo ocurre en el segundo (10- 20 cm), no existe diferencia significativa ( $p$ -valor = 0.4730), a pesar de que existe un ligero incremento de la materia orgánica en el CQ.

En el tercer estrato según la prueba T no existe diferencia significativa ( $p$ -valor = 0.4017) a un 5% de nivel de significancia, aun así a pesar de tener medias distintas se observa una ligera disminución de la materia orgánica después de realizar la quema (CQ). Ocurriendo lo contrario con los estratos anteriores. El contenido de materia orgánica se encuentra en rangos menores de 2%, en tal sentido el suelo se caracteriza por ser de bajo o pobre contenido en materia orgánica.

Cuadro 6. Contenido de la Materia Orgánica (%) por profundidad de horizontes entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ)

Profundidad del horizonte (cm)	UE	Materia Orgánica (%)
0 - 10 cm	CSQ	1.27 ± 0.30a
	CQ	1.67 ± 0.72a
	p-valor	0.2327
10 - 20 cm	CSQ	0.96 ± 0.17a
	CQ	1.10 ± 0.43a
	p-valor	0.4730
20 - 30 cm	CSQ	0.80 ± 0.31a
	CQ	0.63 ± 0.35a
	p-valor	0.4017

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

El comportamiento de la materia orgánica (%) en los componentes estudiados se detalla mejor gráficamente (Figura 5).

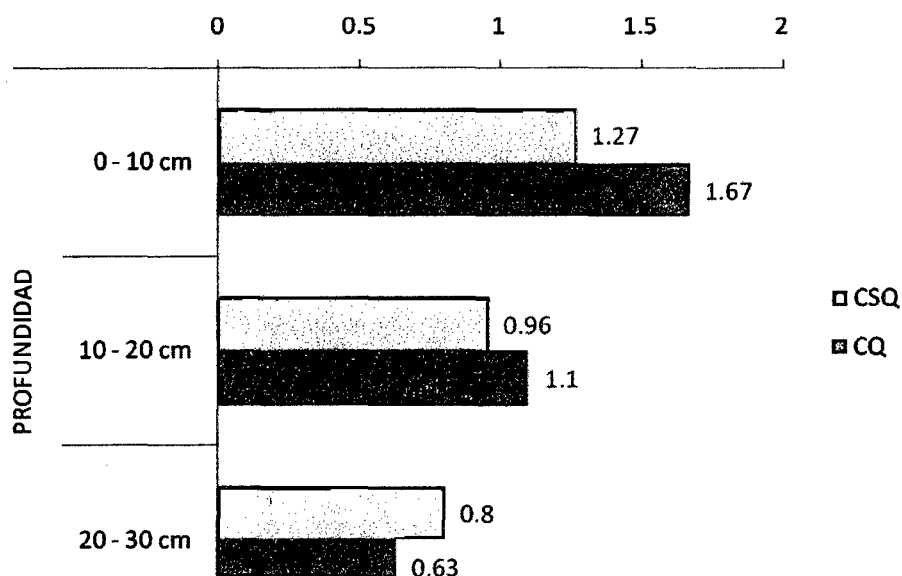


Figura 5. Contenido de Materia Orgánica (%) de los estratos sucesivos (0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm) entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ).

La Figura 5, muestra que no existe diferencia estadística ( $p < 0.05$ ), en los estratos sucesivos (0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm), para ambas unidades exploratorias evaluadas. En el primer y segundo estrato se observa un ligero incremento de la materia orgánica de 1.27 a 1.67% y 0.96 a 1.1% respectivamente, después de realizar la quema (CQ). Ocurre lo contrario en el tercer estrato, existiendo un decrecimiento de la materia orgánica de 0.80 a 0.63% después de realizar la quema.

### 4.3.3. Contenido de Nitrógeno (%) en el suelo

El Cuadro 7, muestra los resultados de la prueba T para el contenido de Nitrógeno (%) en el suelo, indica que no existe diferencia significativa entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ) en cada estrato sucesivo (0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm).

Cuadro 7. Contenido de Nitrógeno (%) por profundidad de horizontes entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ).

Profundidad del horizonte (cm)	UE	Nitrógeno (%)
0 - 10 cm	CSQ	0.06 ± 0.01a
	CQ	0.07 ± 0.03a
	p-valor	0.2987
10 - 20 cm	CSQ	0.04 ± 0.01a
	CQ	0.05 ± 0.02a
	p-valor	0.4671
20 - 30 cm	CSQ	0.04 ± 0.02a
	CQ	0.03 ± 0.02a
	p-valor	0.3932

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

El comportamiento del Nitrógeno (%) en los componentes estudiados se detalla mejor gráficamente (Figura 6).

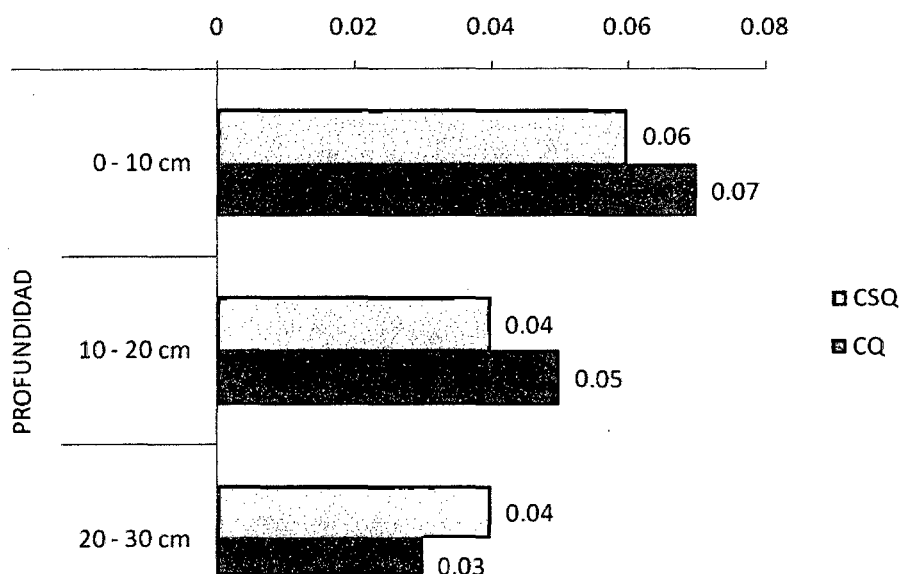


Figura 6. Contenido de Nitrógeno (%) de los estratos sucesivos (0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm) entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ).

La Figura 6, muestra que no existe diferencia estadística ( $p > 0.05$ ), para el contenido de Nitrógeno (%) entre el CSQ y CQ en cada uno de los estratos sucesivos (0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm). El aporte de Nitrógeno después de realizar la quema es mínimo en el primer y segundo estrato, ocurre lo contrario en el tercer estrato, existiendo un decrecimiento.

En los tres estratos no es considerable el aporte y la disminución de Nitrógeno después de realizar la quema (CQ). A medida que la profundidad se incrementa se observa una ligera disminución del Nitrógeno.

#### 4.3.4. Contenido de Fósforo disponible (ppm) en el suelo

Según el Cuadro 8, no se encuentra diferencia significativa entre el CSQ y CQ con respecto a los tres estratos sucesivos analizados.

Cuadro 8. Contenido de Fósforo (ppm) por profundidad de horizontes entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ)

Profundidad del horizonte (cm)		Fósforo (ppm)
0 - 10 cm	CSQ	6.26 ± 1.55 a
	CQ	4.26 ± 2.06 a
	p-valor	0.0881
10 - 20 cm	CSQ	6.20 ± 2.31 a
	CQ	3.37 ± 2.66a
	p-valor	0.0776
20 - 30 cm	CSQ	5.01 ± 2.37 a
	CQ	5.34 ± 2.77 a
	p-valor	0.8300

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

El comportamiento del Fósforo disponible (ppm) en los componentes estudiados se detalla mejor gráficamente (Figura 7).

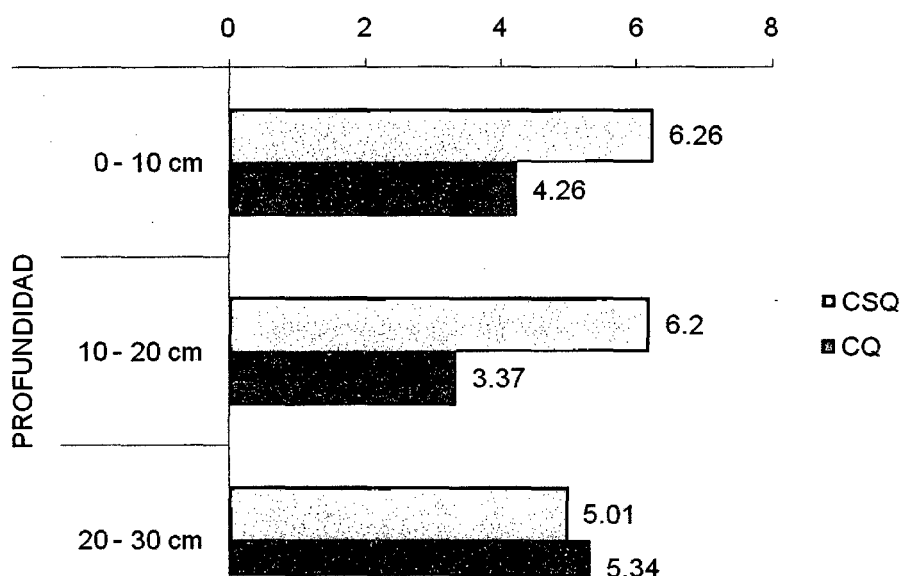


Figura 7. Contenido de Fósforo disponible (ppm) de los estratos sucesivos (0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm) entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ).

La Figura 7, ilustra que no existe diferencia estadística ( $p > 0.05$ ), entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ) en cada uno de los estratos sucesivos (0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm) evaluados.

El contenido de Fósforo disponible (ppm) en el primer estrato (0-10 cm) sufre un decrecimiento de 6.26 a 4.26 ppm, lo mismo ocurre en el segundo estrato (10-20 cm) de 6.2 a 3.37 ppm, ocurriendo en este estrato la mayor pérdida de este nutriente. Con respecto al tercer estrato (20-30 cm) se observa un ligero aporte del contenido de Fosforo disponible (ppm) después de realizar la quema (CQ) de 5.01 a 5.34 ppm. Siendo adverso el comportamiento en este estrato a comparación de los dos estratos anteriores.

#### 4.3.5. Contenido de Potasio (kg.ha<sup>-1</sup>) en el suelo

El Cuadro 9, muestra que para la prueba T no existe razones suficientes para aceptar diferencias significativa (p-valor = 0.3647) con respecto al contenido de Potasio (kg.ha<sup>-1</sup>) entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ). En el primer estrato (0-10 cm). A pesar de presentar medias diferente de 168.72 y 229.82 kg.ha<sup>-1</sup>. En el segundo estrato se repite este comportamiento, al no existir diferencia significativa (p-valor = 0.1619), presentando medias distintas 174.98 y 135.94 kg.ha<sup>-1</sup>. Finalmente en el tercer estrato (20-30 cm) no se encuentra diferencia significativa (p-valor=0.6170).

Cuadro 9. Contenido de Potasio por profundidad de horizontes entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ)

Profundidad del horizonte (cm)	UE	POTASIO (kg.ha <sup>-1</sup> )
0 - 10 cm	CSQ	168.72 ± 79.03 a
	CQ	229.82 ± 136.36 a
	p-valor	0.3647
10 - 20 cm	CSQ	174.98 ± 44.13 a
	CQ	135.94 ± 45.41 a
	p-valor	0.1619
20 - 30 cm	CSQ	149.68 ± 59.54 a
	CQ	164.26 ± 35.30 a
	p-valor	0.6170

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



El comportamiento del contenido Potasio ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) en los componentes estudiados se detalla mejor gráficamente (Figura 8).

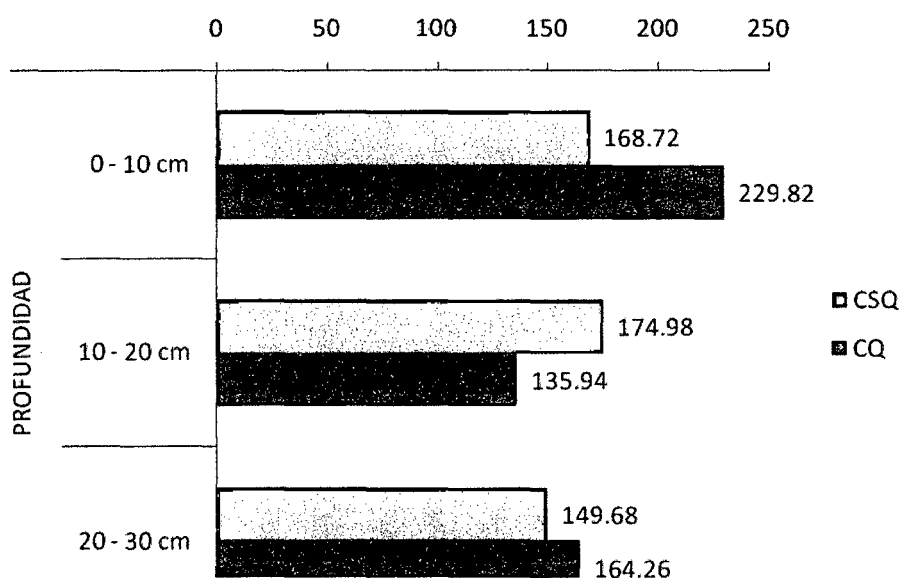


Figura 8. Contenido de Potasio ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) de los estratos sucesivos (0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm) entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ).

La Figura 8, ilustra el comportamiento del Potasio disponible ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ) a través de los estratos sucesivos. En el primer estrato para el CSQ el contenido de Potasio disponible es de  $168.72 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  incrementándose después de realizar la quema (CQ) a  $229.82 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

En el segundo estrato ocurre lo contrario, decreciendo el contenido de Potasio ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) de  $174.98$  a  $135.94 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , después de realizar la quema

(CQ). Finalmente en el tercer estrato el contenido de Potasio sufre un ligero incremento de 149.68 a 164.26 kg.ha<sup>-1</sup>, después de realizar la quema.

#### 4.3.6. Contenido de CIC (meq/100 gr de suelo) en el suelo

Cuadro 10. Contenido de CIC por profundidad de horizontes entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ).

Profundidad del horizonte (cm)	UE	CIC
0 - 10 cm	CSQ	2.63 ± 0.87 a
	CQ	4.31 ± 2.44 a
	p-valor	0.1435
10 - 20 cm	CSQ	2.74 ± 0.80 a
	CQ	2.54 ± 0.53 a
	p-valor	0.6183
20 - 30 cm	CSQ	2.71 ± 0.90 a
	CQ	3.22 ± 0.71 a
	p-valor	0.2994

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

Según el Cuadro 10, no se encuentra diferencia significativa ( $p$ -valor=0.1435), entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ) en el primer estrato (0-10 cm) con respecto al contenido de CIC en el suelo, presentando medias de 2.63 y 4.31 meq/100 gr de suelo. En cuanto al segundo y tercer estrato (10-20 cm y 20-30 cm) el contenido de CIC entre las unidades

exploratorias (CSQ y CQ), según la prueba T no muestra diferencias significativas ( $p$ -valor=0.6183) y ( $p$ -valor=0.2994). Respectivamente.

El comportamiento de CIC (meq/100 gr de suelo) en los componentes estudiados se detalla mejor gráficamente (Figura 9).

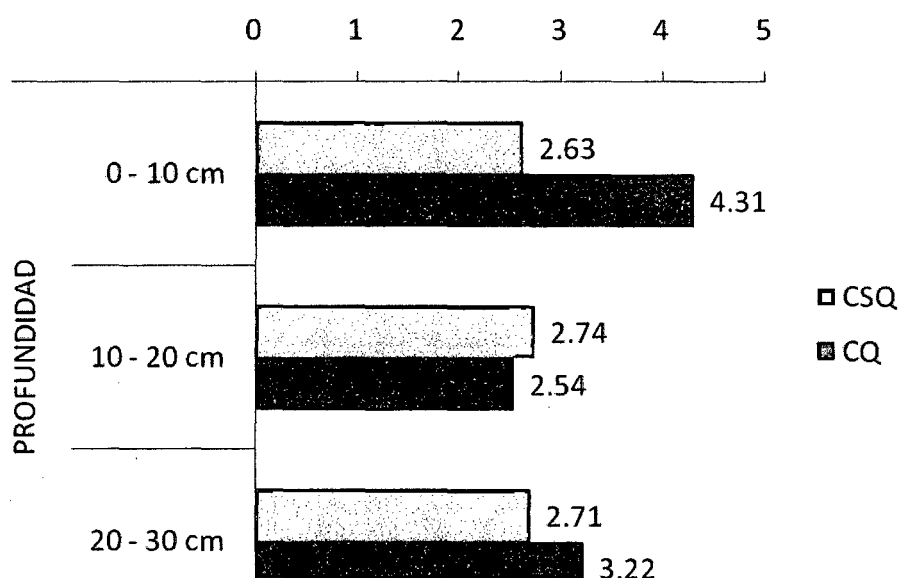


Figura 9. Capacidad de intercambio catiónico (meq/100 gr de suelo) de los estratos sucesivos (0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm) entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ).

La Figura 9 muestra que no existe diferencia significativa entre ambas unidades exploratorias (CSQ y CQ). En el primer estrato (0-10 cm) para el CSQ el contenido de CIC es de 2.63 meq/100 gr de suelo incrementándose a 4.31 meq/100 gr de suelo después de realizar la quema de los residuos vegetales. En el segundo estrato (10-20 cm) el contenido de CIC decrece

después de realizar la quema (CQ) de 2.74 a 2.54 meq/100 gr de suelo. Finalmente en el tercer estrato (20-30 cm) se produce un incremento del contenido de CIC después de realizar la quema (CQ), de 2.71 a 3.22 meq/100 gr de suelo.

#### **4.4. Contenido de carbono orgánico (t.ha<sup>-1</sup>) en el suelo**

El Cuadro 11, muestra que para la prueba T no existe razones suficientes para aceptar diferencia significativa ( $p\text{-valor} > 0.05$ ) a un 5% de nivel de significancia entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ), a través de los estratos sucesivos (0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm).

La suma de los tres estratos en cada unidad exploratoria, hace el total de carbono orgánico en el suelo, en tal sentido, realizado la prueba T demostró que no existe diferencia significativa ( $p\text{-valor} = 0.3468$ ) a un 5% de nivel de significancia entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ). A pesar de tener medias diferentes 0.49 y 0.60 t.ha<sup>-1</sup>. Por lo tanto, se observa un incremento del contenido de carbono orgánico en el suelo después de realizar la quema.

Cuadro 11. Contenido de carbono orgánico en el suelo por profundidad de horizontes entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ).

Profundidad del horizonte (cm)	UE	COS (t.ha <sup>-1</sup> )
0 - 10 cm	CSQ	0.10 ± 0.02 a
	CQ	0.17 ± 0.07 a
	p-valor	0.0540
10 - 20 cm	CSQ	0.17 ± 0.03 a
	CQ	0.23 ± 0.09 a
	p-valor	0.1486
20 - 30 cm	CSQ	0.22 ± 0.09 a
	CQ	0.21 ± 0.12 a
	p-valor	0.7937
0 - 30 cm	CSQ	0.49 ± 0.13 a
	CQ	0.60 ± 0.24 a
	p-valor	0.3468

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

El comportamiento del carbono orgánico (t.ha<sup>-1</sup>) en los componentes estudiados se detalla mejor gráficamente (Figura 9).

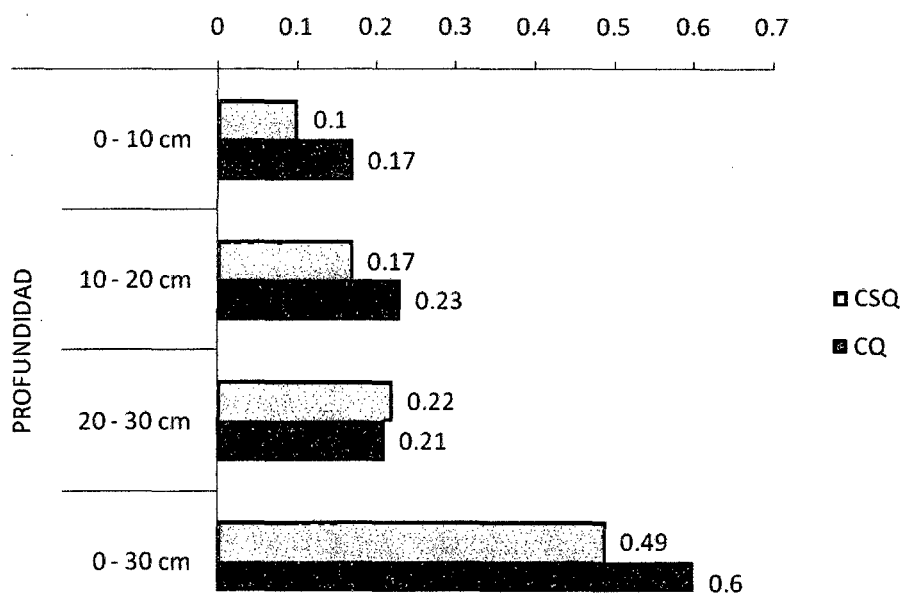


Figura 10. Carbono orgánico ( $t.ha^{-1}$ ) en el suelo de los estratos sucesivos (0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm) entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ).

La Figura 10 ilustra el comportamiento del carbono orgánico del suelo entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ). Como se podrá apreciar en los primeros 10 centímetros no existe diferencia estadística, más aún se observa un ligero incremento de  $0.10$  a  $0.17 t.ha^{-1}$  de carbono orgánico en el suelo, después de realizar la quema (CQ). Este comportamiento se repite en el segundo estrato (10-20 cm) incrementado de  $0.17$  a  $0.23 t.ha^{-1}$  de carbono orgánico. Caso contrario ocurre en el tercer estrato (20-30 cm) encontrándose una ligera disminución del contenido de  $0.22$  a  $0.21 t.ha^{-1}$  de Carbono orgánico.

Según el gráfico, el contenido total de carbono orgánico en el suelo, muestra un incremento considerable después de realizar la quema (CQ), de 0.49 a 0.60 t.ha<sup>-1</sup>.

#### 4.5. Comportamiento de las propiedades químicas y carbono orgánico por estrato en suelos con cultivo de coca

En el Cuadro 12 se detalla las propiedades químicas del suelo con cultivo de coca, y su comportamiento a través de los estratos sucesivos (0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm).

Cuadro 12. Propiedades químicas de un suelo con cultivo de coca, y su comportamiento a través de los estratos sucesivos (0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm)

Propiedades Químicas	Profundidad del horizonte		
	0 - 10 cm	10 -20 cm	20 - 30 cm
pH	3.95	3.86	4.1
Materia orgánica (%)	1.49	1.19	0.83
N (%)	0.07	0.05	0.04
Fosforo (ppm)	4.48	7.4	2.44
Potasio (kg.ha <sup>-1</sup> )	137.38	271.15	236.45
CIC (meq/100 gr de suelo)	10.66	9.31	8.79
COS (t.ha <sup>-1</sup> )	0.151	0.209	0.23

El nivel de pH en el primer estrato (0-10 cm) es de 3.95, en el segundo estrato (10-20 cm) presenta una descendencia mínima, siendo 3.86, finalmente en el tercer estrato (20-30 cm) se incrementa a 4.10. Clasificando al suelo en extremadamente ácido. El contenido de materia orgánica en el primer estrato es de 1.49%, decreciendo en los siguientes estratos (10-20 cm y 20-30 cm) de 1.19 a 0.83% respectivamente. Caracterizando al suelo en bajo o pobre contenido de materia orgánica. El contenido de nitrógeno en el suelo, en el primer estrato es de 0.07%, decreciendo de 0.05 a 0.04% en los estratos (10-20 cm y 20-30cm) respectivamente.

El comportamiento del fósforo en el primer estrato presenta contenidos de 4.48 ppm, incrementándose considerablemente a 7.40 ppm en el segundo estrato, ocurriendo lo contrario en el tercer estrato, decreciendo a 2.44 ppm. Mientras que, el contenido de potasio, en el primer estrato muestra contenidos de 137 kg.ha<sup>-1</sup>, incrementándose a 2.71 kg.ha<sup>-1</sup> en el segundo estrato, finalmente en el tercer estrato disminuye ligeramente a 236 kg.ha<sup>-1</sup> siendo un suelo con muy bajo contenido de potasio.

El contenido de CIC presenta un nivel de 10.66 meq/100 gr de suelo, descendiendo ligeramente a 9.31 meq/100 gr de suelo en el segundo estrato, repitiéndose en el tercer estrato, decreciendo a 8.79 meq/100 gr de suelo. Caracterizando al suelo en un nivel medio de contenido de CIC. En el primer estrato con respecto al carbono orgánico en el suelo, presenta 0.151 t.ha<sup>-1</sup>, teniendo un incremento de 0.209 t.ha<sup>-1</sup> en el segundo estrato,



repitiéndose este comportamiento en el tercer estrato, el cual alcanza a  $0.230 \text{ t.ha}^{-1}$  de carbono orgánico, Llegando a almacenar el suelo un total de  $0.59 \text{ t.ha}^{-1}$ , hasta los primeros 30 cm de profundidad.

## **V. DISCUSIÓN**

### **5.1. Perfil edafogenico del suelo de la unidad exploratoria cuadrado sin quema (csq)**

En la agricultura migratoria practicada en la región de la selva, se procede a una quema del material vegetal talado y rozado, con la finalidad de tener mayor disponibilidad de nutrientes con la presencia de las cenizas, paralelamente a una limpieza del campo. Esta práctica va traer consigo efectos colaterales, como es el caso de la perdida de las propiedades químicas y carbono orgánico del suelo. De acuerdo a los horizontes que presenta el área en estudio, es un suelo con características de ser pobre en sus propiedades químicas y carbono orgánico en el suelo.

### **5.2. Comportamiento de las propiedades químicas entre las unidades exploratorias y la interacción entre estratos sucesivos entre el CSQ y CQ**

#### **5.2.1. Reacción del suelo o pH**

Los resultados muestran una igualdad estadística del nivel de pH entre las unidades exploratorias (CSQ y CQ), en cada estrato evaluado. A pesar de disminuir ligeramente en el CQ (después de la quema) de 4.54 a 4.29 de pH. Caracterizando al suelo en extremadamente ácido. Mientras que

AROCENA y OPIO (2003), mencionan que al realizar la quema encontraron aumentos de pH. La causa del aumento de la acidez reside en la lixiviación de los nutrientes en el primer estrato. Por otra parte GIARDINA *et al.* (2000), menciona que las pérdidas en suelos afectados por el fuego podría deberse a la volatilización, lavado, arrastre de las cenizas por corrientes de convección durante la quema o mientras que el enriquecimiento se puede atribuir a la mineralización de la materia orgánica del suelo y de la ceniza dejada por la biomasa aérea. Cabe mencionar que después de ejecutar la quema de los residuos vegetales, se produjo lluvias desde el día 11 al 15 con precipitaciones máximas de 28.5 mm (Anexo B).

En el área en estudio, después de realizar la quema (CQ), el nivel de pH sufre una ligera disminución a través de los estratos sucesivos entre cada unidad exploratoria. Este efecto es producido por la erosión eólica y el cambio de la estructura del suelo por la desfragmentación de esta misma. Siendo favorable la percolación de los nutrientes hacia los estratos más profundos.

### **5.2.2. Contenido de Materia Orgánica en el suelo**

FERNÁNDEZ *et al.* (2002), manifiesta que la aplicación de sistemas intensivos (quema) presenta efectos negativos en los niveles de materia orgánica. Después de realizar la quema (CQ) el contenido de materia orgánica se incrementó ligeramente de 1.27 a 1.67% en el primer estrato y 0.96 a 1.10% en el segundo estrato, siendo no significativo para la prueba T, en tal

sentido la quema no disminuyo el contenido de materia orgánica en el suelo. Coincidiendo con SEUBERT (1974), quien menciona que sus resultados obtenidos con referencia a la materia orgánica no disminuyo después de la quema.

Mientras que en el tercer estrato el contenido de materia orgánica disminuye de 0.80 a 0.63%. Este efecto se debe al percolado de la materia orgánica hacia los estratos más profundos, debido a la precipitación dada en los días después de la quema de los residuos vegetales.

### **5.2.3. Contenido de Nitrógeno (%) en el suelo**

El contenido de nitrógeno no presentó diferencia significativa entre ambas unidades exploratorias en cada estrato sucesivo, presentando promedios iguales. Mientras que SMITH, (1962), indica que después de realizar la quema existe una disminución del nitrógeno por la volatilización del mismo al realizar la quema. Los resultados obtenidos del área en estudio después de la quema (CQ) refutan lo mencionado, debido a que se produce un ligero incremento del contenido de nitrógeno hasta los 20 centímetros de profundidad, ocurriendo lo contrario en el tercer estrato, disminuyendo el nitrógeno de 0.04 a 0.03%. Aun así los resultados obtenidos por la prueba T manifiestan que no existe diferencia significativa a un 5% de nivel de significancia.

#### **5.2.4. Contenido de Fósforo disponible (ppm) en el suelo**

El contenido de fósforo después de la quema (CQ) sufre una descendencia de 5.82 a 4.32 ppm, caracterizando al suelo con muy bajo contenido de fosforo disponible, mientras que SMITH, (1962) y SEUBERT (1974), indican incremento de fósforo disponible después de la quema. Ambos autores no manifiestan que factores pudieron influir en sus resultados. El área destinada para nuestro estudio presenta una pendiente de 39% la cual favorece la lixiviación de las cenizas, perdiéndose los nutrientes.

Aunque la prueba T muestra que no existe diferencia significativa entre los estratos sucesivos de ambas unidades exploratorias. En el primer estrato se observa una ligera disminución en el contenido de fósforo de 6.26 a 4.26 ppm, lo mismo ocurre en el segundo estrato de 6.2 a 3.37 ppm, mientras que se produce un incremento considerable en el tercer estrato (20-30 cm), siendo producido este efecto por la percolación de los nutrientes hacia los estratos más profundos.

#### **5.2.5. Contenido de Potasio (kg.ha<sup>-1</sup>) en el suelo**

FERNÁNDEZ (1999), manifiesta que en estudios realizados de quema y mantenimiento de residuos en superficies en cuanto al potasio no mostro diferencia significativa, coincidiendo con lo que manifiesta, nuestros resultados obtenidos según la prueba T no muestran diferencia significativa, entre ambas unidades exploratorias (CSQ y CQ). Más aún se tiene un ligero

incremento de potasio disponible en el CQ, el cual asciende de 164 a 176 kg.ha<sup>-1</sup>.

El efecto de la quema es positivo en el CQ, incrementándose considerablemente en el primer estrato después de realizar la quema, de 168.72 a 229.82 kg.ha<sup>-1</sup>. Descendiendo en el segundo estrato de 174.98 a 135.94 kg.ha<sup>-1</sup> y finalmente acumulándose en el tercer estrato de 149.68 a 164.26 kg.ha<sup>-1</sup>. Aunque para la prueba T no existe diferencia significativa. Coincidiendo con nuestro resultados FERNÁNDEZ (1999). Aun así nuestros niveles de potasio muestran incrementos en los estratos (0-10 cm) y (20-30 cm), esto se debe a la percolación de los nutrientes debido a que la estructura es modificada por efecto de la temperatura al momento de la quema.

#### **5.2.6. Contenido de CIC (meq/100 gr de suelo) en el suelo**

Estadísticamente para la prueba T no existe diferencia significativa para el contenido de CIC (meq/100 gr de suelo), aun así se observa un ligero incremento en el CQ (después de la quema) con niveles que van de 2.63 a 4.31 meq/100 gr de suelo, del SUT1 al SUT2. Coincidiendo con VON WALLIS *et al.*, (2008), quienes no encontraron diferencia significativa entre los tratamientos de quema y no quema de residuos forestales a ninguna de las profundidades.

El nivel de CIC en el primer estrato, después de la quema (CQ) se incrementa considerablemente de 2.63 a 4.31 meq/100 gr de suelo. En el

segundo estrato el contenido de CIC disminuye de 2.74 a 2.54 meq/100 gr de suelo. En el segundo estrato y finalmente incrementándose en el tercer estrato de 2.71 a 3.22 meq/100 gr de suelo. Esta variabilidad de contenidos es debido a la transportación de nutrientes por percolación.

### **5.3. Contenido de carbono orgánico (t.ha<sup>-1</sup>) en el suelo en diferentes unidades exploratorias**

La materia orgánica del suelo está directamente relacionada con el contenido del carbono orgánico del suelo. Por ello, los resultados muestran una relación directa del contenido de carbono con el contenido de la materia orgánica, así como la densidad aparente.

Después de realizar la quema de los residuos vegetales el contenido de carbono se incrementa hasta los 20 centímetros de profundidad, en el tercer estrato se produce un ligero decrecimiento de 0.22 a 0.21 t.ha<sup>-1</sup> de carbono orgánico en el suelo.

GAYOSO (2006), menciona que un bosque verde en el suelo encontró 180.91 t.ha<sup>-1</sup> en los primeros 30 cm de profundidad, mientras que ANDRADE (1999), almacenamiento de carbono en las pasturas de 0,35 y 1,5 t.ha<sup>-1</sup> para *B. brizantha* asociada a *E. deglupta* o *A. mangium*, respectivamente. En nuestro estudio encontramos un incremento de 0.49 a 0.60 t.ha<sup>-1</sup>, Siendo para la prueba T no significativa. Comparando nuestros datos con los obtenidos por ANDRADE (1999), guarda relación por encontrarse bajos contenidos de

COS. Siendo el sistema de pasturas un sistema que es sometido a la degradación constante, debido a la compactación del suelo por el ganado. Por otro lado nuestra área en estudio es un suelo con características de pobre contenido de nutrientes, los cuales son reflejados en el bajo contenido de COS.

#### **5.4. Comportamiento de las propiedades químicas y carbono orgánico por estrato en el suelo con cultivo de coca**

Por ser un suelo que no recibe el manejo adecuado para su conservación, el análisis químico muestra un pobre o bajo contenido de nutrientes.

Los niveles de pH en el CSQ, muestran promedios mayores a 4.18 mientras que el suelo con cultivo de coca no supera el 4.10 de pH en ninguno de sus estratos, esta diferencia es producida por la incorporación de materia orgánica al suelo (CSQ) a través de los años. Siendo positiva la recuperación del suelo.

El contenido de la materia orgánica en el suelo con cultivo de coca es ligeramente mayor a comparación del (CSQ), esta variación se da en los estratos De 0-10 cm y 10-20 cm. Mientras que el contenido de nitrógeno (%) en ambas muestras (CSQ y suelo con cultivo de coca), muestran similitud en promedios, siendo descendiente a medida que se incrementa la profundidad del suelo.



El contenido de fósforo disponible en el suelo con cultivo de coca es mayor en el estrato de 10-20 cm (4.48 ppm), a diferencia del primer estrato 0-10 cm (4.48 ppm) y tercer estrato (2.44 ppm), mientras que en el CSQ es descendiente el contenido de fósforo a medida que se incrementa la profundidad del suelo. El bajo contenido de fósforo en el suelo con cultivo de coca es por la lixiviación del primer estrato y la percolación hacia los estratos más profundos. Este efecto se repite en el contenido de potasio, siendo mayor en el segundo estrato para el suelo con cultivo de coca y CSQ.

El contenido de CIC es considerablemente mayor en el cultivo de coca a comparación del CSQ, encontrándose 10.66 meq/100 gr de suelo en el cultivo de coca y 2.63 meq/100 gr de suelo en el CSQ.

La incorporación del carbono orgánico en el suelo está relacionada con la materia orgánica y la textura del suelo. Encontrándose mayores contenidos de carbono orgánico en el cultivo de coca, almacenando 0.59 (t.ha<sup>-1</sup>) de carbono orgánico en el suelo, y 0.49 t.ha<sup>-1</sup> en un bosque secundario (CSQ), evidenciándose un mayor contenido después de realizar la quema de los residuos vegetales llegando a encontrarse 0.60 t.ha<sup>-1</sup> este efecto negativo es influenciado por el bajo contenido de nutrientes en el bosque secundario, además de encontrarse plantas de coca las cuales no permiten la restauración completa del suelo.

## VI. CONCLUSIONES

1. La tala y quema no afecta positivamente las propiedades químicas y el carbono orgánico en el suelo en un corto periodo de evaluación
2. Se determinó mayores niveles de pH en el CSQ, Sucedido por el CQ, este efecto negativo, es influenciado por factores como la pendiente del terreno, lixiviación y percolación de los nutrientes hacia los estratos más profundos.
3. Después de la quema (CQ) se observó un efecto positivo en la incorporación de la materia orgánica en el primer estrato, siendo mínimo en los estratos siguientes. El suelo con cultivo de coca mantiene una posición intermedia entre ambas unidades exploratorias (CSQ y CQ). Mientras que el contenido de nitrógeno no es afectado, manteniéndose igual los promedios (CSQ y CQ). y relativamente igual en el suelo con cultivo de coca.
4. El CSQ contiene mayor contenido de fósforo disponible a comparación del CQ, estadísticamente no significativo. como consecuencia se obtiene un efecto negativo debido a la quema de residuos vegetales, por otro lado, el

suelo con cultivo de coca presenta bajo contenido de fosforo disponible a comparación de ambas unidades exploratorias (CSQ y CQ).

5. Siendo para la prueba T no significativo el contenido de potasio entre ambas unidades exploratorias (CSQ y CQ), se observa un ligero incremento después de realizar la quema del bosque secundario. Por otra parte, el contenido de CIC tiene un efecto positivo después de realizar la quema, aun así es no significativo para la prueba T. mientras que el suelo con cultivo de coca, presenta muy alto contenido de CIC a comparación de las unidades exploratorias (CSQ y CQ).
6. Debido al bajo aporte de nutrientes después de realizar la quema (CQ), el contenido de carbono orgánico en el suelo se incrementa ligeramente siendo no significativo para la prueba T. este mínimo aporte de nutrientes después de realizar la quema, es influenciado por factores como la pendiente, produciendo erosión eólica e hídrica, lixiviación y percolación de los nutrientes hacia los estratos más profundos.

## **VII. RECOMENDACIONES**

De acuerdo a la metodología empleada y los resultados obtenidos es posible recomendar lo siguiente:

1. Realizar mayores trabajos de investigación que permitan valorar sistemas alternativos de manejo del suelo, evitando la tal y quema.
2. Continuar en el monitoreo de este trabajo de investigación, para determinar la variabilidad del COS, en aporte por décadas sucesivas, considerando este trabajo con datos del año 0.
3. Evaluar el efecto de la tala y quema de residuos vegetales en comparación de temperaturas máximas, tipo de cobertura, etc.

## **ABSTRACT**

The present fact-finding work the sewer sold off in her microcuenca itself once was located in Mariano Dámaso Beraún's district - The Palms, Leoncio Prado's province, for the sake of evaluating the effect of the burning in the chemical properties and organic carbon in a secondary - forest (purma), conditions ground of high jungle. Methodology consisted in the data compilation of the physical properties and chemistries of the ground. Two exploratory units were considered In order to the study: Once was balanced out without burning (CSQ) y Square burns (CQ). The formula once was suggested for Mac Dicken (1997) was utilized in order to the esteem of the ground's organic carbon. The aftermaths obtenidos after accomplishing the burning, he points out a negative effect in the pH (4.54 to 4.29) and phosphorate (5.82 to 4.32 ppm), keeping constant the nitrogen (0.05%), while a positive effect in the incorporation of the Organic matter, Potassium, CIC and Carbon Organic of the ground is produced.

## VIII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

ALBANESI, A., ANRIQUEZ, A. 2003. El fuego y el suelo; Fuego en los ecosistemas argentinos. 2 ed. Santiago de Estero, Argentina, Inta. 75 p.

ALBRECHT, A., KANDJI, S. 2003. Carbon sequestration in tropical agroforestry system. *In: Agriculture in the Ecosystem and Environment*. 3 ed. Avila, España. Mc Graw-hill. 99 p.

ANACAFE, 1998. Cuantificación estimada del dióxido de carbono fijado por el café. 9 ed. Guatemala, 25 p.

ANDRADE, H. 1999. Dinámica productiva de sistemas silvopastoriles con *Acacia mangium* y *Eucalyptus deglupta* en el trópico húmedo. Tesis Mag. Sc: Turrialba, CR, CATIE. 70 p.

ANDREU, V., IMESON, A., RUBIO, J. 2001. Temporal changes in soil aggregates and water erosion after a wild-fire in a Mediterranean pine forest. *Catena*. 44 pp.

AROCENA, J., OPIO, C. 2003. Prescribed fire-induced changes in properties of sub-boreal forest soils. *Geoderma*. 113 pp.

ÁVILA, G. 2001. Almacenamiento, Fijación de Carbono y Valoración de Servicios Ambientales en Sistemas Agroforestales en Costa Rica. Avance de Investigación. Agroforesterías en las Américas Vol. 8, No. 30 2001. CATIE, Costa Rica.

BATISTA, A., *et al* 2005. Efeitos da queima controlada sobre algumas propriedades químicas do solo em um povoamento de *Pinus taeda*. Sangés, Brasil. 35 p.

BOÓ, R., PELÁEZ, D., BUNTING. S., ELÍA. O., MAYOR, M. 1996. Effect of fire on grasses in central semi-arid. Journal of Arid Environments. Buenos Aires, Argentina. 259 p.

BUSCHIAZZO, D., QUIROGA, A., STAHR, K. 1991. Patterns of organic matter distribution in soils of the Semiarid Argentinean Pampas. 2 ed. Buenos Aires. 441 p.

CAVELIER, J., MITCHELL, T., DUPUY, J., EUSSE, A., SANTOS, C. 1999. Efectos de largo plazo de la deforestación en las propiedades de los suelos y la vegetación en un bosque de tierras bajas en Colombia. [En línea]: (<http://www.ecotropicos.saber.ula.ve>). Septiembre de 2005.

COOPER, A., CHARLES, F. 1971. Effects of prescribed burning on the ecosystem. USDA Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station. Prescribed Burning Symposium proceedings. 160 p.

CORREA, A., PROAÑO, E., GONZÁLEZ, E., MORENO, J. 1987. Efecto de la época de quema sobre algunas propiedades del suelo y sobre la producción de forraje. IGAC, Bogota, Colombia. 40 p.

FAO (2002). Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la Tierra. Informes sobre recursos mundiales de suelos. Roma, Italia. 60 p.

FERNÁNDEZ R., F. RODRÍGUEZ ASPILLAGA, A. LUPI., A. HERNÁNDEZ., H. REIS. 1999. Efectos de diferentes prácticas de preparación del terreno y fertilización sobre el crecimiento inicial del pinus spp. INTA EEA Montecarlo. Argentina. 240 p.

FERNÁNDEZ *et al.*, 2002. Manejo de residuos post tala rasa. Efectos sobre la fertilidad del suelo y el crecimiento del Pinus taeda al cuarto año. INTA. Montecarlo, Argentina. 200 p.

FLORES, N. 2003. Restauración de bosques y manejo del agua. Foro – Planificación y gestión municipal para el desarrollo sostenible. 20 al 22 de Noviembre del 2003. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María – Perú.



GAYOSO, J. (2006). Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques nativos y plantaciones de Chile. *In: Revista Forestal Iberoamericana* Vol 1, N° 1. Universidad Austral de Chile.

GOMEZ-ECHEVERRI, L. 2000. Cambio Climático y desarrollo. San José, CR. PNUD-Yale School of Forestry and Environment Studies, 465 p.

HEPPER, E., BUSCHIAZZO, D., HEVIA, G., URIOSTE, A., ANTÓN, L. 2006. Cations exchange capacity and specific surface area of soils with different clay mineralogy. *Geoderma*.135 p.

KETTERINGS, J., BIGHAM, V., LAPERCHE. 2000. Changes in soil mineralogy and texture caused by slash-and-burn fires in Sumatra, Indonesia. 1117 p.

LUPI, M., FERNÁNDEZ, R., COSENTINO, D., VENIALGO., C. 2002. Cambios en las propiedades físicas de un Kandiuult debido a la aplicación de diferentes técnicas de manejo de residuos de la cosecha forestal. *In: Calidad del suelo como respuesta a la aplicación de prácticas de implantación forestal*. INTA EEA Montecarlo. Argentina.150 p.

MACDIKEN, K. 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry Projects. Arlington, VA, US, Winrock International. 87 p.

- MARTÍNEZ, E. 2001. Manual de quemas controladas. *In*: El manejo del fuego en la prevención de incendios forestales. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 175 p.
- MINAM. 2000. Mapa de deforestación de la amazonia peruana. Peru. 79 p.
- MOBLEY, H., JACKSON, R., BALMER, W., RUZISKA, W., HOUGH, A. 1973. A guide to prescribed fire in southern forests. USDA. España. 250 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. 1962. Preparation and treatment of the site, in the practice of silviculture. New York. 350 p.
- STONE, E. 1971. Effect of prescribed burning on long term productivity of Coastal Plain soils. Proc. USDA Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station. Prescribed burning Symposium proceedings. Asheville, España. 160 p.

STRANG, R. 1970. The ecology of the rock heathlands of Western Nova Scotia.

Proc. 10 th Tall Timbers Fire Ecology Conference, Tallahassee, Florida.

265 p.

PELÁEZ, D. 1995. Empleo y efecto del fuego en los pastizales, actas Jornadas

de Cría en Campos de Monte – INTA-Cambio Rural. 32 p.

PINEDA, L., ORTIZ, C., SÁNCHEZ, V. 2005. Los cafetales y su papel en la

captura de carbono *In*: Un servicio ambiental aún no valorado en

Veracruz. Veracruz, México. 65 p.

VON WALLIS *et al.*, 2008. Condición química de un suelo rojo de misiones en

situación de quema y no quema de residuos forestales. INTA EEA

Montecarlo. Argentina. 32 p.

WADE, D., LUNDSFORD, J. 1990. La quema como medio de ordenación

forestal: el uso de quemas controladas en los estados unidos. FAO

Forest Service.NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service,

Southeastern Forest Experiment Station. 140 p.

## **IX. ANEXOS**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

TINGO MARIA

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

analisisdesuelosunas@hotmail.com

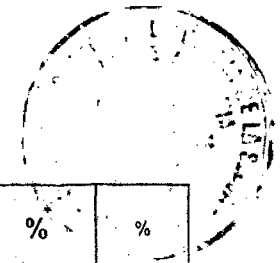


**ANALISIS DE SUELOS**

SOLICITANTE: JOSE LUIS GASPAR ALEGRE

PROCEDENCIA: MICROCUENCA LA ALCANTARILLA

Datos de la Muestra			ANALISIS MECANICO				pH	M.O.	N	P	K <sub>2</sub> O	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%
Cod. Lab	CODIGO DEL USUARIO		Arena	Arcilla	Limo	Textura	1:1	%	%	ppm	kg/ha		Ca	Mg	K	Na	Al	H		Bas.Camb.	Ac.Camb.	Sat. Al
	%	%	%	%	%		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
M1	Antes de realizar la quema	M1-10	33.1	20.8	46.1	Franco	4.64	1.53	0.07	6.92	124.37	----	1.24	0.81	0.00	0.00	0.58	0.07	2.70	76.02	23.98	21.32
M2	Antes de realizar la quema	M1-20	27.1	24.8	48.1	Franco	4.61	1.06	0.05	6.65	153.29	----	1.63	0.16	0.00	0.00	0.29	0.07	2.15	83.29	16.71	13.36
M3	Antes de realizar la quema	M1-30	31.1	22.8	46.1	Franco	4.58	0.94	0.04	4.68	114.25	----	1.90	0.19	0.00	0.00	0.25	0.11	2.45	85.35	14.65	10.26
M4	Antes de realizar la quema	M2-10	35.1	14.8	50.1	Franco Limoso	4.17	1.14	0.05	6.52	98.34	----	0.45	0.08	0.00	0.00	0.40	0.10	1.02	50.98	49.02	39.22
M5	Antes de realizar la quema	M2-20	25.1	18.8	56.1	Franco Limoso	4.30	0.83	0.04	2.85	112.08	----	0.73	0.09	0.00	0.00	0.54	0.32	1.68	48.56	51.44	32.15
M6	Antes de realizar la quema	M2-30	31.1	28.8	40.1	Franco Arcilloso	4.39	0.26	0.01	4.14	94.00	----	0.70	0.08	0.00	0.00	0.54	0.18	1.50	51.97	48.03	36.02
M7	Antes de realizar la quema	M3-10	27.1	16.8	56.1	Franco Limoso	4.17	0.79	0.04	3.53	127.26	----	1.01	0.10	0.00	0.00	1.19	0.25	2.55	43.58	56.42	46.54
M8	Antes de realizar la quema	M3-20	19.1	22.8	58.1	Franco Limoso	4.21	0.77	0.03	4.89	182.94	----	0.94	0.09	0.00	0.00	1.15	0.29	2.47	41.74	58.26	46.61
M9	Antes de realizar la quema	M3-30	23.1	28.8	48.1	Franco Arcilloso	4.22	0.65	0.03	1.36	109.91	----	1.39	0.13	0.00	0.00	1.37	0.22	3.11	49.09	50.91	43.96
M10	Antes de realizar la quema	M4-10	21.1	26.8	52.1	Franco Limoso	4.40	1.64	0.07	8.28	174.98	----	2.17	0.16	0.00	0.00	0.76	0.32	3.41	68.35	31.65	22.15
M11	Antes de realizar la quema	M4-20	15.1	32.8	52.1	Franco Arcilloso Limoso	4.35	1.14	0.05	6.79	179.32	----	1.18	0.08	0.00	0.00	2.16	0.14	3.57	35.50	64.50	60.47
M12	Antes de realizar la quema	M4-30	19.1	24.8	56.1	Franco Limoso	4.36	1.06	0.05	6.38	255.25	----	1.94	0.23	0.00	0.00	1.51	0.36	4.04	53.67	46.33	37.42



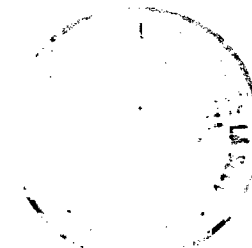


# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

TINGO MARIA

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

analisisdesuelosunas@hotmail.com



## ANALISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: JOSE LUIS GASPAR ALEGRE

PROCEDENCIA: MICROCUENCA LA ALCANTARILLA

Datos de la Muestra			ANALISIS MECANICO				pH	M.O.	N	P	K <sub>2</sub> O	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%
Cod. Lab	CODIGO DEL USUARIO		Arena	Arcilla	Limo	Textura	1:1	%	%	ppm	kg/ha		Ca	Mg	K	Na	Al	H		Bas.Camb.	Ac.Camb.	Sat. Al
	%	%	%	%	%		%	%	%	%	%		%	%	%	%	%	%		%	%	%
M13	Antes de realizar la quema	M5-10	29.1	24.8	46.1	Franco	5.68	1.25	0.06	6.04	318.88	3.39	2.54	0.20	0.60	0.05	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00
M14	Antes de realizar la quema	M5-20	25.1	32.8	42.1	Franco Arcilloso	5.02	1.14	0.05	9.84	247.29	----	2.97	0.38	0.00	0.00	0.30	0.06	3.71	90.31	9.69	8.14
M15	Antes de realizar la quema	M5-30	21.1	40.8	38.1	Arcilloso	4.96	0.83	0.04	8.48	174.98	----	1.35	0.34	0.00	0.00	0.29	0.07	2.05	82.43	17.57	14.06
M16	Antes de realizar la quema	M6-10	29.1	20.8	50.1	Franco Limoso	4.62	1.26	0.06	6.24	168.48	----	1.72	0.27	0.00	0.00	0.41	0.32	2.72	73.02	26.98	15.08
M17	Antes de realizar la quema	M6-20	23.1	26.8	50.1	Franco Limoso	4.49	0.83	0.04	6.18	174.98	----	1.63	0.16	0.00	0.00	0.77	0.29	2.86	62.79	37.21	26.90
M18	Antes de realizar la quema	M6-30	25.1	28.8	46.1	Franco Arcilloso	4.50	1.06	0.05	5.02	149.68	----	1.91	0.20	0.00	0.00	0.68	0.29	3.08	68.24	31.76	22.19
M19	Cafetal	M1-10	27.1	24.8	48.1	Franco	5.13	1.31	0.06	5.09	271.88	----	2.90	0.50	0.00	0.00	0.29	0.07	3.76	90.44	9.56	7.65
M20	Cafetal	M1-20	21.1	28.8	50.1	Franco Arcilloso	5.03	1.64	0.07	3.39	169.20	----	3.61	0.42	0.00	0.00	0.32	0.11	4.46	90.33	9.67	7.26
M21	Cafetal	M1-30	13.1	40.8	46.1	Arcillo Limoso	5.19	1.06	0.05	2.31	153.29	----	4.07	0.50	0.00	0.00	0.27	0.09	4.93	92.71	7.29	5.54
M22	Cafetal	M2-10	15.1	36.8	48.1	Franco Arcillo Limoso	4.95	1.24	0.06	0.75	180.05	----	2.66	0.33	0.00	0.00	0.25	0.11	3.34	89.24	10.76	7.53
M23	Cafetal	M2-20	17.1	40.8	42.1	Arcillo Limoso	4.64	1.06	0.05	6.58	146.06	----	2.24	0.26	0.00	0.00	0.65	0.36	3.50	71.27	28.73	18.47
M24	Cafetal	M2-30	33.1	34.8	32.1	Franco Arcilloso	4.56	1.04	0.05	9.03	159.08	----	2.09	0.35	0.00	0.00	1.44	0.43	4.30	56.57	43.43	33.41

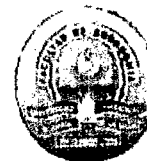


# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

TINGO MARIA

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

[analisisdesuelosunas@hotmail.com](mailto:analisisdesuelosunas@hotmail.com)



## ANALISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: JOSE LUIS GASPAR ALEGRE

PROCEDENCIA: MICROCUENCA LA ALCANTARILLA

Datos de la Muestra			ANALISIS MECANICO				pH	M.O.	N	P	K <sub>2</sub> O	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%
Cod. Lab	CODIGO DEL USUARIO		Arena	Arcilla	Limo	Textura	1:1	%	%	ppm	kg/ha		Ca	Mg	K	Na	Al	H		Bas.Camb.	Ac.Camb.	Sat. Al
	%	%	%																			
M25	Cafetal	M3-10	37.1	24.8	38.1	Franco	5.15	2.06	0.09	2.78	216.20	----	4.35	0.36	0.00	0.00	0.36	0.07	5.14	91.61	8.39	6.99
M26	Cafetal	M3-20	25.1	30.8	44.1	Franco Arcilloso	5.13	1.19	0.05	8.01	160.52	----	1.31	0.36	0.00	0.00	0.22	0.29	2.17	76.80	23.20	9.94
M27	Cafetal	M3-30	15.1	36.8	48.1	Franco Arcillo Limoso	5.24	1.14	0.05	2.44	208.25	----	2.52	0.25	0.00	0.00	0.50	0.14	3.41	81.04	18.96	14.74
M28	Cafetal	M4-10	29.1	26.8	44.1	Franco	4.72	1.49	0.07	2.51	181.49	----	0.79	0.23	0.00	0.00	0.40	0.11	1.53	67.03	32.97	25.91
M29	Cafetal	M4-20	23.1	36.8	40.1	Franco Arcilloso	4.73	1.06	0.05	2.78	202.46	----	1.88	0.16	0.00	0.00	0.29	0.22	2.55	80.22	19.78	11.30
M30	Cafetal	M4-30	19.1	42.8	38.1	Arcilloso	4.70	0.83	0.04	6.11	178.60	----	3.61	0.45	0.00	0.00	0.54	0.40	6.00	81.21	18.79	10.80
M31	Cafetal	M5-10	39.1	26.8	34.1	Franco	4.44	2.06	0.09	4.21	192.34	----	0.99	0.26	0.00	0.00	0.36	0.26	1.87	66.89	33.11	19.21
M32	Cafetal	M5-20	15.1	44.8	40.1	Arcillo Limoso	4.64	1.33	0.06	2.31	154.74	----	1.85	0.21	0.00	0.00	0.65	0.36	3.07	67.19	32.81	21.09
M33	Cafetal	M5-30	21.1	44.8	34.1	Arcilloso	4.68	1.06	0.05	1.49	162.69	----	4.10	0.16	0.00	0.00	0.50	0.43	5.19	82.00	18.00	9.69
M34	Cafetal	M6-10	27.1	36.8	36.1	Franco Arcilloso	4.67	2.38	0.11	1.63	195.95	----	4.47	0.33	0.00	0.00	0.49	0.16	5.44	88.11	11.89	8.98
M35	Cafetal	M6-20	15.1	54.8	30.1	Arcilloso	4.62	1.72	0.08	1.49	198.12	----	3.91	0.23	0.00	0.00	1.01	0.18	5.33	77.72	22.28	18.90
M36	Cafetal	M6-30	13.1	56.8	30.1	Arcilloso	4.53	0.53	0.02	2.58	246.57	----	4.83	0.31	0.00	0.00	0.90	0.54	6.58	78.14	21.86	13.66

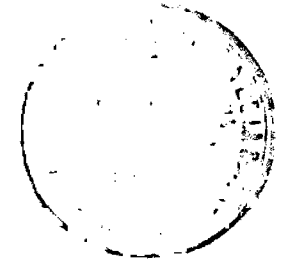


# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

TINGO MARIA

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

[analisisdesuelosunas@hotmail.com](mailto:analisisdesuelosunas@hotmail.com)



## ANALISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: JOSE LUIS GASPAR ALEGRE

PROCEDENCIA: MICROCUENCA LA ALCANTARILLA

Datos de la Muestra			ANALISIS MECANICO				pH	M.O.	N	P	K <sub>2</sub> O	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%
Cod. Lab	CODIGO DEL USUARIO		Arena	Arcilla	Limo	Textura	1:1	%	%	ppm	kg/ha		Ca	Mg	K	Na	Al	H		Bas.Camb.	Ac.Camb.	Sat. Al
			%	%	%																	
M37	Despues de realizar la quema	M1-10	33.1	14.8	52.1	Franco Limoso	3.97	0.65	0.03	2.44	96.89	----	0.58	0.12	0.00	0.00	1.87	0.22	2.79	25.18	74.82	67.08
M38	Despues de realizar la quema	M1-20	37.1	20.8	42.1	Franco	4.00	0.48	0.02	1.29	78.82	----	0.09	0.08	0.00	0.00	1.44	0.50	2.11	8.11	91.89	68.07
M39	Despues de realizar la quema	M1-30	31.1	20.8	48.1	Franco	4.19	0.26	0.01	9.23	133.77	----	0.40	0.10	0.00	0.00	1.76	0.18	2.44	20.47	79.53	72.17
M40	Despues de realizar la quema	M2-10	25.1	18.8	56.1	Franco Limoso	4.17	1.19	0.05	2.78	195.23	----	1.16	0.14	0.00	0.00	1.22	0.43	2.95	43.99	56.01	41.40
M41	Despues de realizar la quema	M2-20	27.1	26.8	46.1	Franco	4.24	1.15	0.05	2.44	144.62	----	0.30	0.08	0.00	0.00	1.87	0.04	2.28	16.52	83.48	81.91
M42	Despues de realizar la quema	M2-30	23.1	32.8	44.1	Franco Arcilloso	4.05	0.83	0.04	6.38	232.11	----	0.72	0.02	0.00	0.00	3.24	0.07	4.06	18.25	81.75	79.97
M43	Despues de realizar la quema	M3-10	25.1	16.8	58.1	Franco Limoso	4.45	2.06	0.09	2.58	172.82	----	7.91	0.21	0.00	0.00	0.54	0.40	9.06	89.63	10.37	5.96
M44	Despues de realizar la quema	M3-20	19.1	30.8	50.1	Franco Arcillo Limoso	3.99	1.25	0.06	2.44	111.35	----	0.25	0.08	0.00	0.00	2.52	0.11	2.95	11.16	88.84	85.19
M45	Despues de realizar la quema	M3-30	15.1	32.8	52.1	Franco Arcillo Limoso	3.98	0.53	0.02	2.51	147.51	----	0.28	0.08	0.00	0.00	2.98	0.04	3.38	10.56	89.44	88.37
M46	Despues de realizar la quema	M4-10	23.1	14.8	62.1	Franco Limoso	4.65	1.64	0.07	6.24	190.89	----	1.92	0.21	0.00	0.00	0.29	0.17	2.60	82.00	18.00	11.35
M47	Despues de realizar la quema	M4-20	25.1	26.8	48.1	Franco	4.37	1.20	0.05	2.04	129.43	----	0.27	0.08	0.00	0.00	1.19	0.32	1.86	18.92	81.08	63.71





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

TINGO MARIA

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

analisisdesuelosunas@hotmail.com



**ANALISIS DE SUELOS**

SOLICITANTE: JOSE LUIS GASPAR ALEGRE

PROCEDENCIA: MICROCUENCA LA ALCANTARILLA

Datos de la Muestra			ANALISIS MECANICO				pH	M.O.	N	P	K <sub>2</sub> O	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%
Cod. Lab	CODIGO DEL USUARIO		Arena	Arcilla	Limo	Textura	1:1	%	%	ppm	kg/ha		Ca	Mg	K	Na	Al	H		Bas.Camb.	Ac.Camb.	Sat. Al
	%	%	%	%	%		%	%	%	%	%		%	%	%	%	%	%		%	%	%
M48	Despues de realizar la quema	M4-30	27.1	26.8	46.1	Franco	4.32	1.14	0.05	1.83	143.89	---	0.47	0.08	0.00	0.00	1.51	0.40	2.45	22.20	77.80	61.68
M49	Despues de realizar la quema	M5-10	31.1	14.8	54.1	Franco Limoso	5.18	2.75	0.12	7.26	493.14	----	3.05	0.22	0.00	0.00	0.42	0.23	3.92	83.49	16.51	10.64
M50	Despues de realizar la quema	M5-20	15.1	32.8	52.1	Franco Arcillo Limoso	4.41	1.75	0.08	8.62	215.48	----	1.19	0.24	0.00	0.00	0.97	0.40	2.80	51.14	48.86	34.72
M51	Despues de realizar la quema	M5-30	17.1	34.8	48.1	Franco Arcillo Limoso	4.38	0.79	0.04	6.72	164.14	----	0.95	0.55	0.00	0.00	1.44	0.07	3.01	49.75	50.25	47.86
M52	Despues de realizar la quema	M6-10	27.1	16.8	56.1	Franco Limoso	4.48	1.75	0.08	4.28	229.94	----	3.23	0.18	0.00	0.00	0.76	0.40	4.56	74.63	25.37	16.54
M53	Despues de realizar la quema	M6-20	25.1	26.8	48.1	Franco	4.20	0.79	0.04	3.39	135.94	----	1.11	0.25	0.00	0.00	1.31	0.56	3.23	42.13	57.87	40.51
M54	Despues de realizar la quema	M6-30	23.1	28.8	48.1	Franco Arcilloso	4.18	0.25	0.01	5.36	164.14	----	1.29	0.35	0.00	0.00	2.19	0.15	3.97	41.19	58.81	55.01
M55	Cocal sin cobertura	M1-10	55.1	26.8	18.1	Franco Arcillo Arenoso	3.95	1.49	0.07	4.48	137.38	----	2.99	0.23	0.00	0.00	7.19	0.25	10.66	30.20	69.80	67.44
M56	Cocal sin cobertura	M1-20	49.1	24.8	26.1	Franco Arcillo Arenoso	3.86	1.19	0.05	7.40	271.15	----	0.23	0.10	0.00	0.00	8.92	0.07	9.31	3.47	96.53	95.76
M57	Cocal sin cobertura	M1-30	27.1	38.8	34.1	Franco Arcilloso	4.10	0.83	0.04	2.44	236.45	----	0.45	0.07	0.00	0.00	8.23	0.04	8.79	5.93	94.07	93.66

Fecha: 01 de Febrero 2012

Muestreado por: El solicitante

Ing. M.Sc. Hugo Huamani Yapanqui  
JEFE DE LABORATORIO



## ANEXO B. Datos meteorológicos durante la ejecución del experimento

Fecha	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)		Humedad (%)
		Máxima	Mínima	
01/12/2011	16	26.2	21	92
02/12/2011	0	32	17.5	80
03/12/2011	3	33	21.5	82
04/12/2011	0	33.5	22.5	81
05/12/2011	0	31.5	22.5	83
06/12/2011	0	27	21.4	88
07/12/2011	0.4	30.5	20.9	83
08/12/2011	0	30	21.9	88
09/12/2011	0	29.5	20.5	86
10/12/2011	0	31.2	21.8	81
11/12/2011	19	31.5	20.7	82
12/12/2011	16.2	29.2	21.9	84
13/12/2011	25.4	25.2	20.5	90
14/12/2011	28.5	30.7	20.8	84
15/12/2011	24.8	26.2	20.8	91
16/12/2011	5	26.8	20.8	89
17/12/2011	0.5	26.8	20.7	92
18/12/2011	6.7	28.6	20.5	91
19/12/2011	10.7	24	21	96
20/12/2011	10	25.2	25	94
21/12/2011	0	29.8	20.9	87

22/12/2011	10.2	26.8	21.4	91
23/12/2011	0	29.7	20.5	87
24/12/2011	19.5	33	18.8	81
25/12/2011	16.4	29.2	20.4	89
26/12/2011	0	29.2	20	84
27/12/2011	2.3	32	20.7	85
28/12/2011	39	30.5	21.6	83
29/12/2011	20	29.5	21	87
30/12/2011	6	25.5	21.5	91
31/12/2011	29	29.6	21	86

---

Fuente: Estación meteorológica José Abelardo Quiñones.

## Procedimiento de análisis físico y químico del suelo

### Determinación de la textura del suelo (Método del Hidrómetro de Bouyoucos)

#### - Procedimiento

Se pesó 50 gr. de suelo, luego se colocó al vaso dispersante, y se llenó hasta la mitad del recipiente con agua destilada. Se adicionó 15 ml de solución dispersante Hexametáfosfato al 10 %. Posteriormente dispersó por un lapso tiempo de 15 minutos. Después de agitar, se trasvasó toda la solución a una probeta. Completar con agua destilada hasta un litro. Se agitó vigorosamente con un agitador manual. El tiempo de agitación mínimo un minuto. Finalmente se insertó cuidadosamente el Hidrómetro y se tomó la primera lectura a los 40 segundos retirando el hidrómetro y se tomó el dato de temperatura de la suspensión. Se tomó la segunda lectura a las 2 horas anotando la lectura del hidrómetro y el termómetro.

Calculo:

$$\% \text{ Ao} = \frac{100 - (\text{Lectura Corregida a 40 Seg.})}{\text{Peso de Muestra}} * 100$$

$$\% \text{ Ar} = \frac{\text{Lectura Corregida a 2 hr}}{\text{Peso de Muestra}} * 100$$

$$\% \text{ Li} = 100 - (\% \text{ Ar} + \% \text{ Ao})$$

## **Determinación del pH (Método del potenciómetro) Relación 1:1**

### **- Procedimiento**

Se pesó 10 gr de suelo, luego se agregó 10 ml de agua destilada. Posteriormente se agitó por espacio de 15 minutos, se dejó reposar unos minutos. Finalmente se realizó las lecturas con el Peachimetro digital (lectura directa) previamente calibrada.

## **Materia orgánica (método de Walkley y Black)**

### **- Procedimiento**

Pesar 1gr. de suelo y depositarlo en un Erlenmeyer de 250 ml, agregar 10 ml. de dicromato de potasio 2N y añadir 10 ml. de ácido sulfúrico Q.P 96%. Mezclar para homogenizar la solución y dejar reposar por 2 horas a más, llevar a volumen de 100 ml con agua destilada, tomar 20ml. De esta solución en un vaso de precipitado para titularlo; agregar 2 a 3 gotas de indicador de difenil-amina. Titular con sal de Mohr 0.2N. El cambio de color verde oscuro a verde brillante indicará el final de la titulación; anotar el gasto de la solución de Mohr, paralelo a esto realizar un blanco (sin muestra).

Calculo:

$$\% \text{ M.O.} = \frac{(a - bf) 0.003 \times 1.724}{P} \times 100$$

a = ml de bicromato de potasio utilizado.

b = ml de sal ferrosa o sal de Mohr gastado (gasto de titulación).

0.003 = Factor del carbón.

1.724 = Factor de Van Vammelen.

p = peso de muestra de suelo.

### **Fósforo disponible (Método de Olsen Modificado)**

#### **- Procedimiento**

Pesar 2 gr de suelo y colocarlo en el vaso de precipitación para luego agregar 20 ml de bicarbonato de sodio 0.5M (pH 8.5) y carbón libre de fósforo (lavado), agitar por 10 minutos y filtrar. Del filtrado tomar 3ml, agregar 10ml de molibdato de amonio, luego se procede a agregar 0.01gr de ácido ascórbico por muestra y mezclar inmediatamente. Se torna de color azul cuando hay fósforo en la muestra y por ultimo leer en el espectrofotómetro a una banda de 660 nm, después de 5 minutos.

### **Potasio disponible (Método de ácido sulfúrico 6N)**

#### **- Procedimiento**

Pesar 2.5 gr de suelo, depositarlo en un vaso de plástico, agregar 25 ml de ácido sulfúrico 6 N, luego agitar por espacio de 10 minutos. Posteriormente filtrar lo obtenido, de este filtrado hacer diluciones en tubo de ensayo 1/10, 1/100, 1/1000. Tomar lectura en el espectrofotómetro de Absorción Atómica.

### **Determinación de la CIC efectiva Para suelos con Acetato**

#### **- Procedimiento**

Se pesó 5 gramos de suelo, agregar 50 ml de KCl 1N. Agitar por espacio de 15 minutos, luego filtrar con papel filtro.

### **Determinación de Bases Cambiables (Ca + Mg) Método del Versenato**

#### **- Procedimiento**

Del filtrado anterior se tomó 10 ml, luego se agregó 5 ml de solución tampón complejo (Buffer). Luego se agregó 1 o 2 gotas de indicador dicromo negro tornándose a rojo vino. Finalmente titular con EDTA 0.01 M hasta que vire a color azul.

Cálculos:

$\text{Cmol c. de Ca + Mg} = \text{Gasto de titulación.}$

### **Determinación del Ca**

#### **- Procedimiento**

De la solución anterior se tomó 10 ml. Se agregó 2 ml de NaOH 6N. Luego se agregó como indicador purpurato de amonio tornándose rosado, luego se Tituló con EDTA hasta virar a violeta. Finalmente se anotó el gasto.

## **Determinación de la Acidez Cambiable (Al + H)**

### **- Procedimiento**

De la solución anterior se tomó 10 ml. Se agregó como indicador 1- 2 gotas de fenolftaleína, se tituló con NaOH 0.01 N hasta virar a rosado.

Cálculos:

Cmol c. de Al + H = Gasto de titulación

## **Determinación del Al**

### **- Procedimiento**

Se decoloró la muestra anterior con unas gotas de HCl 0.01 M hasta cambiar de color (incoloro). Se retituló agregando a cada muestra 10 ml de fluoruro de sodio 4% tornándose púrpura. Se tituló con ácido clorhídrico 0.01 M hasta cambio de color (incoloro).

Cálculos:

Cmol c. de Aluminio = Gasto de titulación.

Cálculos de CICE:

$$\text{CICE (Cmol c /100 gr. de suelo)} = \text{Cmol c Bases Cambiables} + \text{Cmol c Acidez Cambiable.}$$

(Fuente: Departamento de suelos de la Estación Experimental Agrícola la Molina-1984).



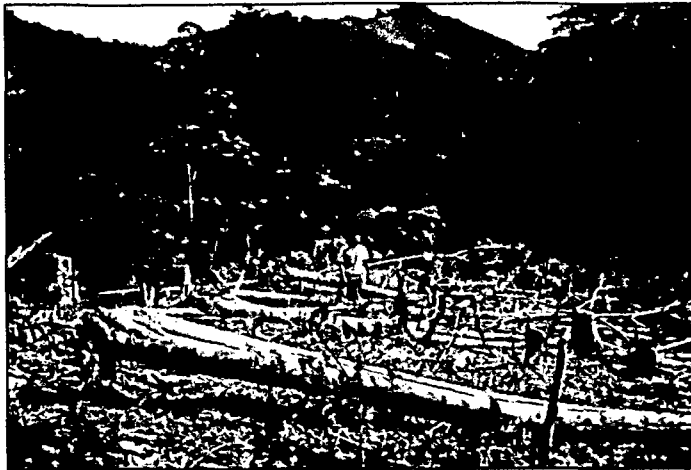
**ANEXO D. Panel fotográfico**

Figura 11. Área de evaluación



Figura 11. Delimitación de la unidad a explorar



Figura 12. Inspección por el jurado de tesis



Figura 13. Identificación del perfil edáfico



Figura 14. Muestreo de suelos del CSQ



Figura 15. Quema del área a explorar

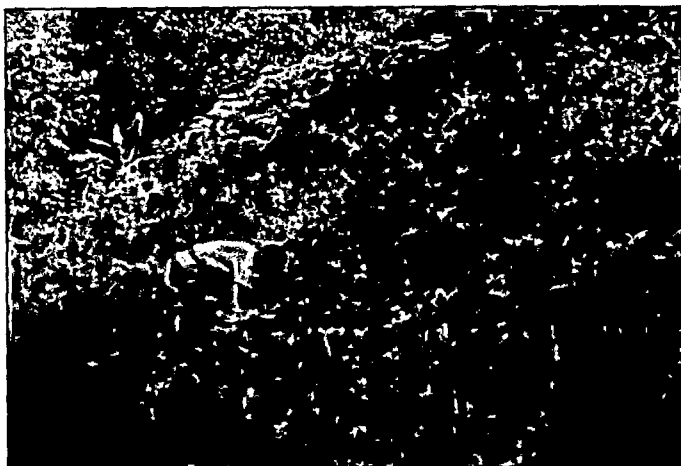


Figura 16. Muestreo de suelos con cultivo de coca

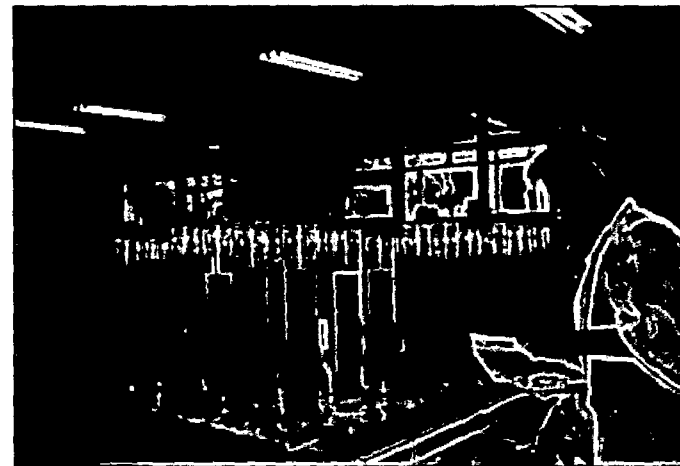


Figura 17. Análisis físico del suelo