

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**“EFECTO DE DOS ESPECIES ARBÓREAS EN SISTEMAS
SILVOPASTORILES, SOBRE LAS CARACTERISTICAS FISICAS Y
QUIMICAS DEL SUELO”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

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

Presentado por:

ELIA LUDITH INFANTE CAMACHO

2015

DEDICATORIA

A Dios; por la fortaleza de siempre, permitiéndome llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y momentos difíciles que me han enseñado a valorar cada día más.

A mis queridos padres Balmen Infante Rivero y Rosario Camacho Chávez; por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, y abnegado sacrificio que hicieron posible mi formación profesional.

A mis hermanos: Denys A. y Samuel E; porque siempre he contado con ellos, gracias a la confianza que siempre nos hemos tenido; por el apoyo y la amistad.

A Olga M. Flores Chávez y Jorge R. Gracey Coronado; quienes me dan fortaleza y amor para seguir esforzándome.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Recursos Naturales Renovables que contribuyó en mi formación profesional.
- A los miembros integrantes del jurado de tesis: Ing. M.Sc. Roberto Obregón Peña, Ing. M.Sc. Casiano Aguirre Escalante, Ing. M.Sc. Sandro Ruiz Castre, Ing. M.Sc. Fiorela Guere Salazar.
- Al Ing. M.Sc. José Lévano Crisóstomo, docente de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por su labor como formador, su amistad, su apoyo desinteresado y supervisión de la presente tesis.
- A mis amigos Vanesa Llamoja, José Gaspar, Yesenia Portocarrero, Fernando Ore, Glen Potokar; quienes me apoyaron desinteresadamente en el transcurso de mi carrera profesional.
- A todas aquellas personas que en forma directa o indirecta colaboraron en la realización de la presente investigación.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. La ganadería y los sistemas silvopastoriles	4
2.2. Reciclaje de nutrientes en los sistemas silvopastoriles	5
2.2.1. Reacción del suelo (pH).....	11
2.2.2. Materia orgánica del suelo (MOS).....	11
2.2.3. El nitrógeno (N).....	12
2.2.4. El fósforo (P)	13
2.2.5. El potasio (K)	14
2.2.6. Textura del suelo y su relación con la materia orgánica	14
2.3. Productividad de pasturas activas y su relación con suelos y nutrientes	16
2.4. Manejo de nutrientes en sistemas silvopastoriles	20
2.5. Pasto braquiaria (<i>Brachiaria Decumbens</i>).....	22
2.6. Bolaina (<i>Guazuma crinita</i> C. Martius).....	22
2.7. Capirona (<i>Calycophyllum spruceanum</i> (Bentham) Hooker f. ex Schumann).....	23

	4
2.8. Investigaciones realizadas	24
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1. Lugar de ejecución	27
3.2. Características del área de estudio	27
3.2.1. Características ecológicas	28
3.2.2. Fisiografía	28
3.2.3. Suelos	28
3.2.4. Humedad y temperatura	29
3.3. Antecedentes de las parcelas en estudio.....	29
3.3.1. Sistema silvopastoril con asociación de <i>B.</i> <i>decumbens.</i> y <i>Guazuma crinita</i> C.....	29
3.3.2. Sistema silvopastoril con asociación de <i>B.</i> <i>decumbens.</i> y <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Bentham) Hooker f. ex Schumann	30
3.4. Materiales y equipos	31
3.4.1. Material cartográfico.....	31
3.4.2. Material satelital	31
3.4.3. Hardware y software	31
3.4.4. Equipo y material de campo.....	32

	5
3.5. Metodología	32
3.5.1. Selección de las parcelas experimentales	32
3.5.2. Muestreo de suelos.....	34
3.5.3. Determinación de las propiedades físicas y químicas del suelo en laboratorio	37
3.6. Tipo de investigación.....	38
3.7. Unidades exploratorias (UE)	38
3.8. Variables independientes	38
3.9. Variables dependientes.....	38
3.9.1. Propiedad física del suelo	38
3.9.2. Propiedades químicas del suelo	39
3.10. Análisis estadístico.....	39
IV. RESULTADOS	40
4.1. Perfil edafogenico del suelo de los sistemas silvopastoriles (<i>Guazuma crinita</i> C. Martius y <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Bentham) Hooker f. ex Schumann) en pastura abierta	40
4.1.1. Perfil edafogenico del suelo de los sistemas silvopastoriles (<i>Guazuma crinita</i> C. Martius con <i>Brachiaria decumbens</i>) en pastura abierta.....	40

4.1.2. Perfil edafogenico del suelo de los sistemas silvopastoriles (<i>Calycophyllum spruceanum</i> (Bentham) Hooker f. ex Schumann con <i>Brachiaria decumbens</i>) en pastura abierta.....	42
4.2. Efecto de los sistemas silvopastoriles en la textura del suelo en condiciones bajo el dosel del árbol y en pastura abierta	45
4.2.1. Textura del suelo.....	45
4.3. Efecto de los sistemas silvopastoriles en las propiedades químicas del suelo en condiciones bajo el dosel del árbol y en pastura abierta	46
4.3.1. Contenido de materia orgánica (%) en el suelo de las unidades exploratorias en estudio	46
4.3.2. Contenido de nitrógeno (%) en el suelo de las unidades exploratorias en estudio	47
4.3.3. Nivel de pH del suelo de las unidades exploratorias en estudio	49
4.3.4. Contenido de fósforo (ppm) en el suelo de las unidades exploratorias en estudio	51
4.3.5. Contenido de potasio (kg/ha) en el suelo de las unidades exploratorias en estudio	53

4.3.6. Capacidad de intercambio catiónico (meq/100 gr de suelo) en el suelo de las unidades exploratorias en estudio.....	54
V. DISCUSIÓN.....	56
5.1. Efecto de los sistemas silvopastoriles en las propiedades físicas del suelo en condiciones bajo el dosel del árbol y en pastura abierta	56
5.1.1. Textura del suelo.....	56
5.2. Efecto de los sistemas silvopastoriles en las propiedades químicas del suelo en condiciones bajo el dosel del árbol y en pastura abierta	57
VI. CONCLUSIONES	60
VII. RECOMENDACIONES.....	63
VIII. ABSTRACT	64
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
ANEXO	74

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Métodos para determinar los indicadores químicos del suelo	37
2. Métodos para determinar los indicadores físicos del suelo	37
3. Perfil edafogenico del suelo con instalación del sistema silvopastoril (<i>Guazuma crinita</i> C. Martius con <i>Brachiaria decumbens</i>)	41
4. Perfil edafogenico del suelo con instalación del sistema silvopastoril (<i>Calycophyllum spruceanum</i> (Bentham) Hooker f. ex Schumann con <i>Brachiaria decumbens</i>).....	43
5. Textura del suelo de las unidades exploratorias en estudio	45
6. Contenido de materia orgánica (%) en el suelo de las unidades exploratorias en estudio	46
7. Contenido de nitrógeno (%) en el suelo de las unidades exploratorias en estudio	48
8. Nivel de pH en el suelo de las unidades exploratorias en estudio.....	50
9. Contenido de fósforo (ppm) en el suelo.....	52
10. Contenido de potasio (kg/ha) en el suelo de las unidades exploratorias en estudio	53
11. Capacidad de intercambio catiónico (meq/100 gr de suelo) en el suelo de las unidades exploratorias en estudio.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Ilustracion del muestreo de suelos.....	34
2. Ilustracion de las repeticiones del muestreo de suelos.....	35
3. Contenido de materia orgánica (%) en el suelo de las unidades exploratorias en estudio.....	47
4. Contenido de nitrógeno (%) en el suelo de las unidades exploratorias.....	49
5. Nivel de pH en el suelo de las unidades exploratorias en estudio.....	51
6. Contenido de fósforo (ppm) en el suelo.....	52
7. Contenido de potasio (kg/ha) en el suelo de las unidades exploratorias en estudio.....	54
8. Comportamiento de la capacidad de intercambio catiónico en el suelo.....	55
9. Toma de coordenadas de la parcela en estudio.....	75
10. Demarcación del área de estudio.....	75
11. Muestreo de suelo bajo el dosel del árbol de la parcela de bolaina.....	76
12. Muestreo de suelo bajo el dosel del árbol de la parcela de capirona...	76
13. Muestreo de suelo de la pastura a campo abierto.....	77
14. Mullido de muestras de suelo.....	77
15. Pesado de muestras de suelo.....	78
16. Determinación de la materia orgánica y textura del suelo.....	78

RESUMEN

Los sistemas silvopastoriles bajo plantaciones forestales es un sistema viable y adaptable por ser una serie extra de beneficios para la actividad ganadera y los productores. Sin embargo las especies forestales pueden competir con las pasturas por agua, luz y nutrientes, y estos efectos pueden ser mayores si los requerimientos nutricionales son similares en ambos, por tal motivo se realizó la investigación cuyo objetivo es evaluar el efecto de la *Guazuma crinita* C. Martius y *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann, en sistemas silvopastoriles, sobre la textura y las propiedades químicas (materia orgánica, pH, nitrógeno, fósforo, potasio y la capacidad de intercambio catiónico) del suelo. La investigación se realizó en dos parcelas silvopastoriles ubicados en los caseríos Inkari y Mapresa, localizados políticamente en el distrito Padre Felipe Luyando, provincia Leoncio Prado, región Huánuco. Se utilizó la metodología propuesta por VELDKAMP (1993) extrayéndose las muestras del suelo con una palana recta a una profundidad de 0 a 10 cm, donde se estimó poder esperar el mayor efecto del uso reciente del suelo. El perfil edafogenico indica que los suelos en estudio presentan una clase de drenaje pobremente drenado, su profundidad efectiva es baja, no pasa de los 62 cm; las piedras no son un limitante muy evidente en este suelo, se desarrolla a partir de un aluvión (abanico aluvial), está conformado por material aluvial o arena gruesa, piedras y pedregones. Respecto a la textura los suelos de los sistemas silvopastoriles en condiciones bajo el dosel del árbol presentan un efecto positivo respecto al suelo en campo abierto. Del análisis químico de suelos, a pesar de no existir diferencia

significativa se tiene un efecto positivo en el nivel de pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio y en la capacidad de intercambio catiónico en los suelos de los sistemas silvopastoriles a campo abierto respecto a los suelos situados bajo el dosel de la especie forestal. Se rechaza la hipótesis planteada, que la presencia de una especie forestal en una pastura mejora la estructura del suelo y las propiedades químicas del suelo respecto a la pastura abierta”.

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú la deforestación durante las décadas del 80 y 90 se intensificó, mediante la tala indiscriminada de bosques para el cultivo ilícito de la coca. La alta rentabilidad del cultivo de coca en la década del 80 ha permitido un constante incremento de las tierras para su cultivo, evidenciándose la explotación forestal de los bosques naturales en la provincia de Leoncio Prado, incrementándose debido a permisos forestales, por la intervención de empresas privadas dedicadas a estas actividades, aunado a ello el cambio de uso del suelo con fines de ganadería.

En la actualidad como práctica de sostenibilidad, específicamente, el uso de especies leñosas dentro de los sistemas silvopastoriles puede ayudar a mejorar la fertilidad del suelo, el crecimiento de las pasturas y atenuar efectos de estrés climático sobre las plantas y animales. Sin embargo, hay que considerar que la magnitud de estas interacciones depende principalmente de las condiciones agroclimáticas, las especies seleccionadas, la densidad de plantación, el arreglo espacial y el manejo que se aplique al sistema (BUSTAMANTE y ROMERO, 1991). Sin embargo, se debe tener en cuenta también que los árboles pueden competir con las pasturas por agua, luz y nutrientes, y estos efectos pueden ser mayores si las especies arbóreas y de pastos tienen requerimientos nutricionales similares. Por lo que uno de los

problemas en los suelos de los pastizales radica en que pasados entre 5 y 10 años después de la deforestación, el exceso de pastoreo y la pérdida de nutrientes pueden convertir las tierras que antes eran reservas de biodiversidad y nutrientes, en terrenos estériles (FAO, 2007). Por lo que el manejo inadecuado de los suelos contribuye a la pérdida gradual de su fertilidad, lo que constituye un factor de considerables dimensiones en los suelos ganaderos (CRESPO, 2002). No ajena a esta realidad, los suelos del distrito de Padre Felipe Luyando y en particular los caseríos de Inkari y Mapresa se caracterizan por poseer grandes instalaciones silvopastoriles, mediante la asociación de pasturas con especies forestales, siendo la de mayor predominancia la *Guazuma crinita* C. Martius y *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann.

Debido a la problemática mencionada, se plantea la siguiente hipótesis: “La presencia de un especie forestal en una pastura mejora la estructura del suelo y las propiedades químicas (materia orgánica, pH, nitrógeno, fósforo, potasio y la capacidad de intercambio catiónico) del suelo respecto a la pastura abierta”.

Se plantea por lo tanto los siguientes objetivos:

Objetivo general

- Evaluar el efecto de la *Guazuma crinita* C. Martius y *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann, en sistemas silvopastoriles, sobre la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Objetivo específico

- Determinar el perfil edafogénico del suelo en sistemas silvopastoriles de pasturas activas, tanto por debajo del dosel de la *Guazuma crinita* C. Martius y *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann, como en pastura abierta de *Brachiaria decumbens*.

- Determinar la propiedad física del suelo (textura), en pasturas activas, tanto por debajo del dosel de la *Guazuma crinita* C. Martius y *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann, como en pastura abierta de *Brachiaria decumbens*.

- Determinar las propiedades químicas del suelo (materia orgánica, pH, nitrógeno, fósforo, potasio y la capacidad de intercambio catiónico) en pasturas activas, tanto por debajo del dosel de la *Guazuma crinita* C. Martius y *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann, como en pastura abierta de *Brachiaria decumbens*.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. La ganadería y los sistemas silvopastoriles

YOUNG (1987) menciona que un sistema silvopastoril es aquel uso de la tierra y tecnologías en que leñosas perennes (árboles, arbustos, palmas y otros) son deliberadamente combinados en la misma unidad de manejo con plantas herbáceas (cultivos, pasturas) y/o animales, incluso en la misma forma de arreglo espacial o secuencia temporal, y en que hay interacciones tanto ecológicas como económicas entre los diferentes componentes. En este sistema interactúan cinco componentes: el componente arbóreo, el componente ganadero, el forrajero, el suelo y el clima. De éstos se consideran como primarios el arbóreo (por eso “silvo” que denota la palabra bosque) y el forrajero (por ello “pastoril”). A diferencia de los sistemas puramente forestales, los sistemas silvopastoriles tienen como objetivo implementar pautas de manejo que permitan lograr productos de mayor valor. En efecto, mientras que los sistemas forestales tienen por objetivo la obtención de mayor volumen por unidad de superficie, el sistema silvopastoril busca lograr rollizos de mayor diámetro, lo cual es una característica que le otorga mayor calidad

Los sistemas silvopastoriles son una alternativa agroforestal producto de años de experiencia de los ganaderos que buscan el mantenimiento de árboles de uso múltiple en las fincas con la introducción y

mejora de forraje o la introducción de árboles en un sistema de producción de forrajes. Lo que implica el manejo de árboles, ganado y forrajes en un sistema integrado (ALDANA y SUNIAGA, 2005).

PEZO y IBRAHIM (1999) señalan que la finalidad es de incorporar el componente arbóreo o arbustivo en sistemas ganaderos, consiguiéndose ser múltiples y diversos. Así en algunos casos se puede desear incrementar la productividad del recurso suelo o atenuar los efectos de estrés climático sobre las plantas y animales; por ejemplo disminuyendo la pérdida de calor por los vientos fríos (barreras rompe vientos) o reduciendo el exceso de calor ante la insolación (sombreamiento), evitando, a su vez, la degradación del suelo, proporcionando hábitat para una amplia variedad de biodiversidad y generando un aprovechamiento forrajero que brinda recursos alimenticios

2.2. Reciclaje de nutrientes en los sistemas silvopastoriles

Los sistemas silvopastoriles pueden mejorar y promover una estabilidad en el suelo por medio del ciclado de los nutrientes, principalmente a través del aporte de biomasa que a su vez ayuda a mantener la fertilidad del suelo y a reducir la erosión eólica o hídrica. Específicamente la presencia de árboles puede mejorar el contenido de algunos macronutrientes esenciales, como el calcio y el potasio, y aumentar el ciclado y disponibilidad de otros nutrientes, como el nitrógeno o el fósforo, como consecuencia de la estimulación del ciclo de renovación orgánica y al extraer nutrientes que normalmente quedan fuera del alcance del sistema radicular de los pastos (FASSBENDER, 1993; GIL *et ál.*, 2005).

NAIR (1984) indica que la acumulación de nutrientes minerales en el suelo provenientes del sistema arbóreo se produce por un proceso a largo plazo de captura de nutrientes y que puede ser sólo superficial. Por tanto, la capacidad de los árboles para contribuir a la nutrición y enriquecimiento del suelo puede ser baja en el inicio del crecimiento del árbol y aumentar con el tamaño del mismo.

Por su parte VIRGINIA (1986) menciona que el enriquecimiento de nutrientes en el suelo se produce a través de una amplia gama de formas de crecimiento de los árboles, arbustos y especies que habitan en diversas zonas climáticas. Tres mecanismos principales son propuestos para este fenómeno:

- Los árboles pueden actuar como bombas, aprovechando los nutrientes de los horizontes profundos y laterales incluso en áreas más allá de la copa, depositándolos sobre todo bajo el dosel, a través de la hojarasca y por lixiviación del dosel (KELLMAN, 1979).
- El árbol es alto y aerodinámicamente de cubierta rugosa que actúa como una trampa eficaz para el polvo atmosférico que contiene nutrientes, que se lavan posteriormente por la lluvia (BERNHARD, 1982).
- Los árboles cuando son escasos pueden servir como puntos focales para atraer aves y mamíferos (especialmente ganado) que buscan sombra ayudando a mejorar el ciclo de nutrientes locales por el depósito de heces (BELSKY, 1994; GEORGIADIS, 1989).

Las interacciones existentes en los sistemas silvopastoriles son variadas y no se pueden generalizar debido a que las cantidades de nutrientes dependerán de la especie de árbol, el tipo de suelo en el que se encuentra, las condiciones climáticas, la densidad de siembra, el régimen de poda, entre otras variables. Además, la cantidad de biomasa producida por los sistemas agroforestales depende también de la especie de árbol, el número de árboles por hectárea, la edad del árbol y el sitio de interacción. Donde la concentración de nutrientes depende del estado fenológico del árbol, de las diferentes partes que aportan biomasa y del ambiente donde se genera la descomposición (BUSTAMANTE y ROMERO, 1991).

En el suelo existe una compleja interacción entre vegetación y microorganismos que puede ser alterada a su vez por los animales en pastoreo y el manejo que se les dé. En general se estima que la producción de pasturas en los sistemas silvopastoriles es mantenida por el ciclaje de N y P, debido a la actividad de los microorganismos del suelo donde el crecimiento es limitado por el carbono y depende de la cantidad y calidad de la hojarasca, raíces muertas, así como del flujo de carbono en la rizósfera. Asimismo, los animales de pastoreo cumplen un papel importante al influenciar sobre la interacción entre la vegetación y el suelo, porque gracias a la defoliación y el pisoteo puede alterar el flujo de C y por ende, la diversidad y actividad de los microorganismos del suelo (GIL *et ál.*, 2005).

Los árboles, en general, cuentan con medios bióticos importantes que les ayudan a mantener los nutrientes recirculando, estos medios son: a) el

entrelazado de las raíces, quienes recuperan con rapidez los nutrientes mineralizados antes de que sean lixiviados por el agua y, al parecer este su entrelazado inhibe las actividades de las bacterias desnitrificantes, bloqueando así la pérdida de nitrógeno al aire, además de extraer nutrientes (bombeo de nutrientes) de horizontes profundos del suelo, en ocasiones más allá del alcance de las raíces de los cultivos; b) hongos micorrizicos, microorganismos simbióticos asociados con sistemas radiculares, que actúan como captadores de nutrientes y facilitan la recuperación y retención de los nutrientes dentro de la biomasa radicular; c) hojas perennes, con gruesa corteza y cutícula cerosa que retarda la pérdida de agua y nutrientes, reduciendo también el consumo por herbívoros y parásitos; d) Materia orgánica que ayuda a reducir sustancialmente el escurrimiento del agua, promueve la capacidad de intercambio catiónico, la formación de sustancias orgánicas solubles; la estabilización de la acidez y la estructura del suelo mediante la formación de agregados que mejoran las condiciones físicas como estructura, porosidad, permeabilidad y retención del agua, ayudando a estimular el desarrollo radicular y la actividad de macro y microorganismos del suelo (SCHROTH y SINCLAIR, 2003).

La presencia de los árboles en los potreros puede, por tanto incrementar la cantidad de materia orgánica resultando en una mayor mineralización, movilización y disponibilidad de algunos nutrientes como N, P y K en el suelo (SADEGHIAN *et ál.*, 1998; MACHECHA, 2002). Estos procesos son dependientes, entre otros factores, de la relación C/N y lignina/N del material en descomposición. En el caso de las leñosas perennes y las

leguminosas, las hojas, por lo general, poseen niveles más altos de nitrógeno, lo cual ejerce efectos positivos sobre la actividad biológica en el suelo y sobre la mineralización y liberación de nutrimentos a partir de la materia orgánica. Sin embargo, el material senescente puede contener sustancias inhibidoras como taninos ó otros polifenoles que afecten la actividad de los organismos responsables de la degradación de la materia orgánica (PEZO y IBRAHIM, 1999).

Evaluaciones sobre las características químicas de suelos en un banco de proteína de *Leucaena leucocephala* frente a un monocultivo de *Brachiaria brizantha* demostraron que el banco de Leucaena presenta los mayores valores de P y K en comparación al monocultivo, concluyendo que el establecimiento de leguminosas arbóreas en los sistemas de producción mejoran las condiciones químicas de los suelos, siendo una alternativa de manejo para los suelos tropicales deficientes en nutrientes (RAZZ y CLAVERO, 2006).

Por su parte SANDOVAL (2006) determinó la contribución relativa y potencial de los árboles y los pastos al reciclaje de nutrientes al suelo encontrando que la distribución de los componentes livianos de la hojarasca de los árboles (hojas y flores) es fuertemente influenciada por el viento en la zona. Esto hace que la deposición de hojarasca se concentre en el oeste y sur; siendo la dirección donde los árboles van a tener presumiblemente mayor influencia en el ciclaje de nutrientes a comparación del norte y el este de cada árbol. También concluye que existe una cierta tendencia de los árboles de G.

ulmifolia y *P. saman* a incrementar ligeramente las concentraciones de nutrientes en las zonas que están influenciadas por ellos en comparación con los suelos que se encuentran sin la deposición de hojarasca.

La preservación de los árboles nativos o la introducción de especies exóticas de árboles en pastizales semiáridos en el noreste de Brasil afecta de manera significativa el microclima, la dinámica de la biomasa y los nutrientes del suelo y pueden contribuir a aumentos en la tasa de ciclaje de nutrientes en estos sistemas. Por tanto, se estima que los árboles y arbustos, principalmente los leguminosos, son de vital interés en los sistemas de producción animal y esta importancia se acrecienta en aquellas áreas donde la existencia de climas con una estación seca marcada y las dificultades con el manejo de los pastizales son más fuertes (MENEZES *et ál.*, 2002). En suelos ácidos, la *Acacia mangium* (*A. mangium*) tiene la capacidad de incrementar el contenido de fósforo y nitrógeno de los suelos bajo pasturas de *Brachiaria humidicola*. En tanto que en suelos fértiles, los sistemas silvopastoriles con *Brachiaria brizantha* y árboles multipropósito como *Erythrina berteroana* o *Gliricidia sepium* lograron similares niveles de nutrimentos al de las pasturas asociadas con leguminosas herbáceas como *Arachis pintoii* (ESQUIVEL *et ál.*, 1998). Mientras que en zonas altas con condiciones óptimas para ganadería de leche, la inclusión de *Alnus acuminata* en pasturas, ha mostrado potencial para restaurar la fertilidad del suelo (RUSSO, 1990). Del mismo modo, el nitrógeno en forma de nitrato (NO_3^- -N) en suelos bajo pasturas fue cuatro veces más alto bajo del dosel de árboles de *Inga sp* comparado con pasturas abiertas (RHOADES *et ál.*, 1998).

2.2.1. Reacción del suelo (pH)

ALDANA y SUNIAGA (2005) mencionan que hay mejoras en la estructura y en las propiedades químicas del suelo por la acción de los árboles. Mejoras como el pH, la capacidad de intercambio catiónico y el contenido de nutrientes que aumentan la productividad neta de los pastos, además de mejoras de la fertilidad del suelo con el uso de especies fijadoras de nitrógeno atmosférico. Un enfoque integrado al manejo de los suelos ácidos comprende una estrategia mediante un sistema variable de adición de cal, el uso de variedades tolerantes a la acidez, el uso eficiente de fertilizantes, rotaciones de cultivo adecuadas y la diversificación de cultivos. Los efectos negativos de la acidez del suelo se deben a las propiedades físicas y químicas del suelo. Sin embargo, se puede parcialmente compensar si se asegura un alto contenido de materia orgánica en el suelo (KENNET, 2008)

2.2.2. Materia orgánica del suelo (MOS)

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

Este nutriente es disponible a los microorganismos del suelo que por el proceso de mineralización obtienen energía; la importancia de este proceso es vital para las plantas puesto que hace disponible para las plantas,

elementos como el nitrógeno y el fósforo que están químicamente vinculados al carbono en forma de materiales orgánicos. Además contribuye a mejorar la calidad de los suelos ya que su descomposición proporciona humus y nutrientes (GONZALO, 1987). La mineralización del nitrógeno y el carbono orgánico es más rápida bajo condiciones alternas de humedecimiento y secamiento, por lo que en condiciones secas la mineralización del carbono es más rápida que la del nitrógeno, reduciendo así la relación C:N (GONZALO, 1987). En relación a esto, se ha encontrado que la deficiencia del fósforo y la inmovilización de N en los residuos vegetales con una relación C:N alta puede ser un factor que limita la mineralización y, por tanto, una producción sostenible (BODDEY *et ál.*, 2004).

2.2.3. El nitrógeno (N)

Afecta la calidad y producción por el contenido de proteína o azúcar de las cosechas; el N tiene un ciclo muy complejo debido a que su máxima reserva es en forma de gas y no disponible directamente para las plantas; así es esencial para los forrajes y requerido en altas concentraciones siendo una limitante productiva disponible a las plantas solo en forma NH_4^+ y NO_3^- . En forma de amonio NH_4^+ es más retenido en suelos alcalinos mientras que en forma de nitrato NO_3^- y nitrito NO_2^- tienen alta movilidad y se vuelven difícilmente intercambiables. Este elemento puede perderse del sistema por procesos físicos de lixiviación, escorrentía, erosión, volatilización, desnitrificación y por la quema de residuos (GONZALO, 1987). El nitrógeno es un factor limitante para las pasturas abiertas, las que están bajo sombra y para

el ciclaje de nutrientes. La disponibilidad de este elemento se puede aumentar mejorando en el crecimiento de las forrajeras con nuevos aportes nutricionales por medio de fertilizantes o con la biomasa arbórea. No obstante, se debe tener en cuenta que, con o sin árboles en el sistema, el ganado a su vez genera también grandes cantidades de excreciones que son depositadas en zonas de descanso y alrededor de canales de consumo de alimento, las cuales se convierten en aportes significativos de diversos nutrientes entre ellos nitrógeno al sistema (BODDEY *et ál.*, 2004). Se estima que el N en estos sistemas puede escasear debido a varias razones entre ellas: a) insuficiente actividad biológica, b) pérdida de materia orgánica por uso irracional del suelo o por erosión y c) por condiciones climáticas extremas (escasa vegetación, temperaturas bajas, fuertes lluvias), (GONZALO, 1987).

2.2.4. El fósforo (P)

Suele ser el segundo elemento más limitante para la producción, se obtiene de fuente mineral y es fundamental para el crecimiento de las plantas. El ión fosfato en sus diferentes formas (H_2PO_4^- ó HPO_4^{2-} ó PO_4^{3-}) es la única forma asimilable para la planta; existe en bajas cantidades en disolución en el suelos ácidos debido a que a pH inferior a 6,5 es retenido por la atracción que tiene con los iones Al_3^+ y Fe_2^+ . Sin embargo, el P no se lixivias fácilmente (GONZALO, 1987). Unas de las causas principales para que el pasto disminuya y se degrade son un manejo pobre del sistema por carencia de la fertilización para su mantenimiento y pastoreo excesivo, particularmente en tiempos de la precipitación baja. Dando lugar eventualmente a la disminución

del índice de crecimiento de la hierba debido a la deficiencia de P y de N en el suelo (BODDEY *et ál.*, 2004).

2.2.5. El potasio (K)

Es un elemento altamente móvil y abundante entre los minerales que constituyen la corteza terrestre y su distribución y el contenido depende de la presencia y meteorización de feldespatos y micas en los materiales parentales. Sin embargo, su problema es que no está disponible y las plantas absorben solamente el potasio en solución. Su liberación o fijación es dependiente del pH y la CCE, debido a que a pH elevado (encalado) CEE alta hay más sitios disponibles y se atrae más el K reduciendo pérdidas por lixiviación. Además su difusión requiere de suficiente agua para el transporte hacia las raíces, siendo limitado en sequía. La pérdida de este elemento del sistema ocurre por lavado, erosión de la capa superficial del suelo, escorrentía y percolación profunda (GONZALO, 1987).

2.2.6. Textura del suelo y su relación con la materia orgánica

El conocimiento de la dinámica de la materia orgánica del suelo (MOS) es esencial para entender el flujo del carbono (C) y nitrógeno (N) en el suelo. Estudios empíricos y modelos de simulación sugieren que las diferencias en cantidad y calidad de los aportes orgánicos al suelo dan las diferencias en el tamaño de los "pooles" orgánicos y las tasas de mineralización de C y N. Sin embargo, aún persisten dudas sobre el efecto de la textura (% arcilla + limo) sobre el reciclaje del C en el suelo. Es bien sabido que suelos arcillosos

retienen más MOS que suelos arenosos, a pesar de haber sido sometidos al mismo aporte de materia orgánica (HASSINK, 1994). Estas diferencias resultan de la mayor protección de la MOS contra la biodegradación (VAN VEEN y KUIKMAN, 1990). La protección ocurre cuando la MOS es adsorbida sobre la superficie de las partículas de arcilla y limo, o cuando es "incrustada" o recubierta por los minerales de arcilla (GOLCHIN *et al.*, 1994) o cuando se localiza dentro de los micro-agregados, fuera del alcance de los microorganismos (ELLIOTT y COLEMAN, 1988). Todos estos mecanismos afectan negativamente las tasas de mineralización de C y N (LADD *et al.*, 1981). Por otra parte, los estudios de fraccionamiento físico de la MOS muestran que la mayor parte del C está asociado a las partículas de arcilla y limo, y que suelos arenosos poseen una concentración de C hasta siete veces superior en sus partículas de arcilla y limo que suelos arcillosos. Las fracciones de arcilla y limo en suelos arenosos se encuentran más libres, mientras que en suelos arcillosos forman densos paquetes de agregados. Por lo tanto, la superficie específica disponible para retener MOS es muy superior en suelos arenosos que en suelos arcillosos (MATUS, 1994).

Otros estudios, sin embargo, han encontrado que la textura del suelo no afecta las tasas de mineralización (HASSINK, 1994). Ellos señalaron que cada suelo posee una capacidad limitada, X , de protección de la MOS sobre las partículas de arcilla y limo. En el modelo q correspondió a una fracción de X ocupada con MOS. Así, la tasa a la cual la MOS es protegida es directamente proporcional a la diferencia entre X y q (déficit de saturación) e inversamente proporcional a la tasa de mineralización de C y N. Por lo tanto,

las tasas de mineralización del suelo no dependen de la textura (% limo + arcilla) ni del nivel de MOS, sino del déficit de saturación. Esto explicaría que en suelos con similar déficit de saturación y sometidos al mismo aporte y calidad de residuos orgánicos, sus tasas de mineralización sean similares, a pesar del amplio rango de texturas.

2.3. Productividad de pasturas activas y su relación con suelos y nutrientes

En Cuba, la presencia de *L. leucocephala* en un pastizal de estrella (*C. nlemfuensis*) durante 15 años consecutivos, presentó incremento notable de los contenidos de MO, P y K, asimilables en el suelo. Esto demuestra una vez más que los sistemas silvopastoriles constituyen una alternativa valiosa para la recuperación de los suelos de pastizales en el trópico sub-húmedo. También se ha establecido que la presencia de árboles en los pastizales incrementa el contenido de MO y mejora el microclima. Esto favorece la actividad biológica de la micro y macrofauna (SÁNCHEZ *et al.*, 2003), especialmente de las bacterias y hongos micorrizógenos (SADEGHIAN *et al.*, 1998 y MACHECHA, 2002), lo que produce mayor mineralización, movilización y disponibilidad de algunos nutrientes en el suelo, como el P y el K. Además, el sistema radicular extendido y profundo de los árboles aumenta el área disponible para captar agua y nutrientes, a profundidades que están fuera del alcance de las raíces de las gramíneas. Consideraciones similares informó CRESPO *et al.* (1998), al evaluar dos sistemas, sin y con *Leucaena leucocephala*, en 100 % del área de un pastizal nativo. Estos autores

encontraron que, en este último caso, fue mayor la hojarasca que se acumuló (2.45 vs. 1.80 t de MSha-1año-1) y resultó positivo el balance de N en el suelo (+ 69 vs. -21 kg ha⁻¹ año⁻¹).

Las investigaciones de XAVIER *et al.* (2003), demostraron que las características químicas del suelo, excepto el Al intercambiable, se alteraron por la sombra que proyectaban los árboles, en las profundidades de 0-10 y 10-20 cm. También MACHECHA *et al.* (1999), encontraron cambios positivos en las propiedades químicas del suelo, con excepción del pH y los tenores de Mg intercambiable en las áreas arboladas. Esta investigación demostró que la asociación de *B. decumbens* con *A. mangium* aumentó la fertilidad del suelo en las áreas de influencia de los árboles, principalmente en los primeros 10 cm de profundidad. En las áreas con árboles, los cationes cambiabiles, excepto el Al, tuvieron valores más altos que en el área con sol en las dos profundidades estudiadas, aunque en todos los casos el efecto fue mayor de 0-10 cm.

Al investigar el efecto de la incorporación de dos poblaciones del árbol *Acacia mangium* (120 y 240 por ha) en pastizales de *Brachiaria humidicola*, VELAZCO *et al.* (1999), encontraron que la concentración de P en el suelo fue mayor en las pasturas con árboles (259 mg L⁻¹) que en el monocultivo (3.9 mg L⁻¹), sobre todo con la mayor población de árboles. Esto lo atribuyeron a que *A. mangium* es una especie que forma asociación con hongos micorrízicos vesículo arbusculares, adaptados a suelos ácidos, que mejoran el contenido de P en el suelo. En términos generales, la incorporación de árboles y arbustos en los sistemas ganaderos tradicionales mejora su

estructura y disminuye los procesos de erosión. Estos resultados se explican por el mayor reciclaje de nutrientes que se produce y la fijación de N, así como por la profundización de las raíces de los árboles, la mayor actividad de la macro y mesofauna y el control de la erosión. Los pastos nativos suelen tener baja productividad y soportan una carga animal baja; en cambio los pastos introducidos son vistos como que presentan una producción inicial alta, haciendo que el sistema soporte una mayor carga animal. Sin embargo, se ha demostrado que si estas pasturas mejoradas no tienen un adecuado manejo pueden disminuir los rendimientos, probablemente por la baja disponibilidad de nutrientes de los suelos y el sobrepastoreo (HOLMAN *et ál.*, 2004).

En el Valle del Cauca, Colombia, MACHECHA *et al.* (1999), estudiaron el efecto de dos SSP (C. nlemfuensis + L.leucocephala + A.lebbeck y C. nlemfuensis + A. lebbeck) en algunas propiedades químicas del suelo, con respecto al monocultivo de pasto C. nlemfuensis. Estos autores verificaron que, a profundidades de 1-10 y 10-20 cm, los contenidos de N y MO fueron menores en el monocultivo. El manejo de gramíneas, acompañadas con árboles, permite que una fracción representativa de nutrientes, que se extrae de la solución del suelo, retorne a ella mediante la deposición de follaje y de residuos del pastoreo o por las podas en la superficie del suelo. Esta mayor deposición de MO contribuye a modificar las características físicas del suelo, principalmente su estructura (SADEGHIAN *et al.*, 1998).

Específicamente, el uso de pasturas mejoradas ha evidenciado con el tiempo deficiencias de nitrógeno del sistema, provocando el inicio de la

degradación por pérdida de la calidad y vigor de la pastura, lo que a su vez provoca una disminución de la actividad biológica. Consecuentemente otros nutrientes como el fósforo y el azufre podrían aparecer como deficientes, lo que genera condiciones propicias para la invasión de malezas (SPAIN y GUALDRÓN, 1991).

En los pastizales permanentes, las diferentes especies de pastos, árboles y arbustos, acumulan en su biomasa la materia sintetizada que retornará al suelo, según su ciclo vegetativo. Mediante el proceso de mineralización, los elementos biógenos vuelven a su estado mineral al separarse de la materia orgánica. De este modo, comienza el funcionamiento del ciclo biogeoquímico, el cual se define como el movimiento de los elementos y compuestos inorgánicos indispensables para la vida. Este evento es de gran importancia en las relaciones entre el suelo, el pastizal y ambiente (GALLARDO *et al.*, 1990). Los aportes nutricionales se dan propiamente cuando la gramínea interactúa con los árboles en un sistema silvopastoril recibiendo mayor contribución de biomasa mejorando así el contenido nutricional. Sin embargo, las forrajeras son a su vez sometidas a cambios sustanciales en la cantidad y calidad de la luz que reciben, reduciéndose la biomasa generada por las gramíneas y el área foliar bajo sombra, pero incrementándose la eficiencia fotosintética en estas condiciones, lo que implica una mayor calidad del forraje producido en condiciones de sombra intermedia. De igual manera, la sombra del árbol reduce la temperatura foliar en la gramínea, ocasionando una menor transpiración y aumentando la eficiencia de uso de agua de las gramíneas (GIL *et ál.*, 2005).

El conocimiento de la cantidad y la composición química de la hojarasca que producen las plantas en el pastizal es de gran interés, pues permite conocer el retorno de los nutrientes a los sistemas (GONZÁLEZ y GALLARDO, 1995). Debido a la notable variabilidad que presenta la composición química del follaje de las plantas arbóreas y arbustivas, así como a las diferencias encontradas entre los órganos de una misma planta, deben esperarse marcadas diferencias en el valor de sus nutrientes reciclados (PINTO *et al.*, 2000).

MACHECHA *et al.* (1999), evaluaron la composición química del suelo en praderas de pasto estrella solo y asociado con leucaena. Los contenidos de N, C y MO fueron mayores en las áreas asociadas, lo que puede explicarse por los aportes de MO que hicieron las podas, excretas, hojarasca y residuos del pastoreo de cada uno de los componentes botánicos de la pradera, que fueron mayores en la asociación (140.4 t/ha-1año-1 de MO) que en la gramínea sola (46.5 t/ha-1año-1).

2.4. Manejo de nutrientes en sistemas silvopastoriles

Las principales prácticas que favorecen el uso eficaz de estos nutrientes en sistemas ganaderos se pueden resumir en:

- Mantener una diversidad de gramíneas y especies de leguminosas que tengan varias formas de hojas con diferente orientación para mejorar la fotosíntesis y a su vez obtener agua y nutrientes en todo el perfil del suelo por medio de los diferentes sistemas radiculares de las forrajeras.

- Reducir al mínimo la compactación del suelo por el pastoreo excesivo, (por ejemplo, no usar potreros que se han mojado y están saturados). Esto contribuye a mejorar la actividad de los organismos del suelo y mineralización del fósforo y reduce erosión.
- Mantener una cobertura arbórea adecuada en el sistema debido a que los árboles pueden mejorar el ciclo de los nutrientes no disponibles para las raíces superficiales de los pastos, a través de su sistema de raíces profundas y su aporte de hojarasca, mantiene la fertilidad del suelo y aumentar el aporte de materia orgánica.
- Promover un rebrote adecuado de los forrajes mediante la combinación de gramíneas con bajos y elevados estratos de crecimiento, asociado con una rotación del ganado en función de la carga animal del sistema y dependiendo de la velocidad de recuperación del pasto; aumentar los porcentajes de leguminosas en el sistema reduciendo así aplicaciones de nitrógeno.

También, se debe evitar la quema de pastos o hacerla con poca frecuencia y bajo condiciones controladas. Asegurar un aporte constante al sistema de materia orgánica de leñosas y herbáceas por medio de hojarasca, tallos y flores que caen al suelo, además de permitir la integración de la deyección de los animales (bostas y orines) al sistema que sirvan como alimento para los organismos del suelo, generando un gran efecto positivo sobre el ciclaje de nitrógeno y fósforo y aumentando así la porosidad, infiltración, circulación y drenaje del agua (GIL *et al.*, 2005).

2.5. Pasto braquiaria (*Brachiaria Decumbens*)

Planta herbácea perenne, semierecta a postrada y rizomatosa, produce raíces en los entrenudos, las hojas miden de 20 a 40 cm de longitud de color verde oscuro y con vellosidades. La inflorescencia es en racimos y su semilla es apomíctica. Se adapta a un rango amplio de ecosistemas, en zonas tropicales crece desde el nivel del mar hasta 1800 m y con precipitaciones entre 1000 y 3500 mm al año y temperaturas por encima de los 19°C. Crece muy bien en regiones de baja fertilidad con sequías prolongadas, se recupera rápidamente después de los pastoreos, compite bien con las malezas, no crece en zonas mal drenadas, no soporta encharcamientos prolongados y es muy susceptible al salivazo o mión de los pastos. Aunque es una especie que se adapta bien a suelos de baja fertilidad, responde a la aplicación de P y N; es necesario realizar fertilizaciones de mantenimiento cada dos o tres años de uso (RIOS *et al.*, 2008).

2.6. Bolaina (*Guazuma crinita* C. Martius)

El crecimiento de la bolaina depende mucho de la calidad de suelo para su desarrollo, es sensible al aluminio. Prefiere suelos fértiles, de textura francos, franco-arcillosos o arcillosos y con buen drenaje, inundables temporalmente, pero también tolera suelos pobres con cierta deficiencia de drenaje.

El pH de los suelos donde está presente bolaina está entre ligeramente ácido y ligeramente alcalino, con valores que varían entre 5,56 y

7,73; el aluminio está prácticamente ausente, y por lo tanto existe en estos suelos una buena disponibilidad de nutrientes. El contenido de materia orgánica se encuentra en niveles medio, alto y muy alto, con valores entre 2,7 y 9,1 %, que en términos de nitrógeno disponible están entre 70 y 285 kg/ha/año; los contenidos de fósforo y potasio disponibles son muy variables. El uso anterior del suelo influye negativamente sobre la productividad de los bosques, es decir, en términos de área basal, volumen total de la vegetación secundaria; así como la densidad y volumen total de bolaina. El uso anterior más perjudicial es el uso agrícola intensivo.

La edad de abandono del suelo influye positivamente sobre la altura dominante y volumen total de la especie. Requerimiento de agua: Soporta inundaciones de muy corto período, pero tiene dificultades en el establecimiento en estas zonas. No tolera el anegamiento, sobre todo cuando es una plántula (RENNER, 1990).

2.7. Capirona (*Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann)

Se encuentra en zonas de altura e inundables, cerca y lejos de los cuerpos de agua, en chacras nuevas, purma cerrada, purma joven, áreas de pastoreo, pradera degradada, con alta intensidad de luz y bajo sombra. Es resistente a la inundación. Comparte su hábitat con las siguientes especies: guayaba, poma rosa, pandisho, retama, bijao, casho, huito, cetico, capinurí, ubos, pichirina, aguaje, pijuayo, guaba, guanábana, cedro, barbasco,

huamansamana, camu-camu, yumanasa, tamamuri; es de clima tropical húmedo, con temperatura media anual de 22 a 26°C y precipitación pluvial entre 1 100 a 3 400 mm anual. Se desarrolla en suelos arenosos y arcillosos que presenten un contenido medio o alto de materia orgánica; prefiere suelos con pH de 7 y saturación de aluminio menor de 30%. No prospera en suelos extremadamente ácidos, con pH de 4 a 4,5 (FUNES, 2005).

2.8. Investigaciones realizadas

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

LAL (1996) determinó los efectos de la deforestación, la labranza de "post desmonte" y sistemas de cultivos sobre las propiedades del suelo, durante 1978 a 1987 en sur oeste Nigeriano. Los resultados mostraron que la deforestación y los cambios en el uso del suelo causan cambios drásticos en las propiedades físicas e hidrológicas del suelo, los cuales habían sido extremadamente favorables bajo el sistema boscoso antes de la tala. La densidad aparente y la resistencia a la penetración como indicadores de la compactación se incrementaron significativamente y con ello la infiltración se vio reducida debido al pisoteo del ganado (3 cabezas por hectárea).

PINZÓN y AMÉZQUITA (1991) midieron los cambios de las propiedades del suelo, como resultado de su compactación por el pisoteo de animales en pasturas del piedemonte de Caquetá (Colombia). Los resultados de esta investigación revelaron que los animales en pastoreo modifican substancialmente las propiedades físicas de los suelos del piedemonte amazónico. Sin embargo la intensidad de estos cambios depende de la zona y la especie cultivada, siendo más drástico en suelos con guaduilla (*Homolepis aturensis*) que pasturas de *B. decumbens* y más en áreas de lomerío (altura pequeña en el terreno) y de terrazas que en las vegas. La compactación fue mayor en los primeros 15 cm, ocasionando una severa disminución en la porosidad y cambios desfavorables en la relación suelo-agua-aire que afectan el desarrollo de las raíces de las plantas y su productividad. Con relación a la estructura, se encontró una pérdida de esta característica por pisoteo. El pisoteo, la defoliación y el retorno de nutrientes por los animales pueden considerarse en términos generales como los principales efectos causados en

el ecosistema de pastizales por el pastoreo. En cuanto al reciclaje de nutrientes se refiere, son evidentes los efectos en la transferencia de nutrientes vegetales en los potreros debido a los productos excretados por los animales en potreros. La mayor parte de estos nutrientes se retorna al pastizal en forma de heces y orina, cuya cantidad es considerable. Las excretas contienen los nutrientes necesarios para las plantas y en las proporciones deseadas aproximadamente. Sin embargo esos nutrientes no pueden estar todos inmediatamente disponibles para las raíces de las plantas. La orina es rica en N, K, y S mientras que las heces contienen todo el fósforo, parte orgánico (poco asimilable) y parte inorgánico (bastante disponible de inmediato), así también la mayoría del Ca y Mg pero mucho menos K, Na, N y S, siendo estos dos últimos disponibles solo lentamente. Teóricamente, los mismos nutrientes pueden ser usados varias veces por las plantas y animales en un período corto, mientras que puede tomar un año o más el crecimiento normal de la planta para descomponer y liberar nutrientes para la utilización por otras plantas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La presente investigación se ejecutó en dos parcelas silvopastoriles con instalaciones de *Guazuma crinita* C. Martius y *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann en asociación con *Brachiaria decumbens*, localizados políticamente en los de los caseríos de Inkari y Mapresa, en el distrito Padre Felipe Luyando – Naranjillo, provincia Leoncio Prado, región Huánuco, aproximadamente a 5 kilómetros de la ciudad de Tingo María.

El trabajo de gabinete se llevó a cabo en el Laboratorio de Conservación de Suelos de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS).

3.2. Características del área de estudio

La Estación Meteorológica José Abelardo Quiñonez de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, hasta diciembre del año 2013 registra una precipitación promedio anual de 3,936.8 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.

3.2.1. Características ecológicas

Holdrige (1993) citado por Mapa Ecológico del Perú – INRENA (1995) menciona que 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).

3.2.2. Fisiografía

El área de estudio comprende dos extensos territorios: un territorio montañoso colinoso, con características fisiográficas extremas con pendientes muy disectadas, presentando una composición florística particular con muchas epifitas, aunque también con algunas especies del llano, siendo estructuralmente de dosel bajo con pocas especies arbóreas de gran porte; y el llano amazónico, donde se presentaron una gran diversidad de hábitats y tipos de vegetación, fisiográficamente con relieves suaves y ondulados con predominio de la planicie aluvial (Proyecto Especial Alto Huallaga – PEAH, 2012).

3.2.3. Suelos

Las características edafológicas de los suelos indican que son aluviales, aptas para cultivos temporales como; arroz (bajo riego), plátano (variedad isla), frutales, pastos y perennes como el cacao así como especies forestales y nativas, dado que tienen un alto contenido de materia orgánica llegando hasta un 25%, un intercambio catiónico de 11,5% con una distribución promedio N-P-K de 8-10-12, en la zona Oeste se encuentran

suelos con un pH de 6.0 e intercambio catiónico aceptables, propicios para el buen desarrollo de cultivos perennes (Proyecto Especial Alto Huallaga – PEAH, 2012).

3.2.4. Humedad y temperatura

La Estación Meteorológica José Abelardo Quiñonez de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, hasta diciembre del año 2013 registra una Humedad Relativa media anual de 84.3%. Así mismo, se registra una temperatura máxima de 30.1 °C, temperatura mínima de 20.4 °C y una temperatura promedio de 25.2 °C.

3.3. Antecedentes de las parcelas en estudio

3.3.1. Sistema silvopastoril con asociación de *B. decumbens*. y *Guazuma crinita* C.

La parcela silvopastoril de *B. decumbens* asociado a *Guazuma crinita* C. Martius está ubicada en el sector Inkari. Las coordenadas UTM de referencia de la parcela de investigación fueron 397851 m Este y 8977539 m Norte y una altitud de 602 m.s.n.m. La plantación de *G. crinita* C. Martius de la presente investigación fue instalada el 01 de noviembre del año 2012, por el Sr. Isidro López Ishuiza con el objetivo de asociar la especie maderable con la pastura de *B. decumbens*, el cual ya lleva instalado desde el año 2006. Se utilizó plantones producidos en el vivero del Proyecto Especial Alto Huallaga del caserío Pendencia, distrito de José Crespo y Castillo, provincia de Leoncio Prado.

El sistema de plantación fue establecido a campo abierto, empleando el método de plantación tres bolillos, abarcando una superficie total de 10,000 m², con un total de 380 plantas establecidas con un distanciamiento de 5 m por 5 m.

Durante la ejecución de la presente investigación, en el área seleccionada se observó la presencia de malezas de diferentes especies. Entre las malezas predominantes se han identificado la caña brava (*Gynerium sagittatum* (Aubl.) P. Beauv), camotillo (*Ipomoea sp*), cortadera (*Paspalum millegrana*), torurco (*Paspalum conjugatum* P.J. Bergius), pituca (*Colocasia esculenta*), etc.

3.3.2. Sistema silvopastoril con asociación de *B. decumbens*. y *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann

La parcela silvopastoril de *B. decumbens* asociado a *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann está ubicada en el sector Inkari. Las coordenadas UTM de referencia de la parcela de investigación fueron 393756 m Este y 8975145 m Norte y una altitud de 615 m.s.n.m.

La plantación de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann de la presente investigación fue instalada el 25 de noviembre del año 2012, por el Sr. Diógenes Peña Pacheco con el objetivo de asociar la especie maderable con la pastura de *B. decumbens*, el cual ya lleva instalado

desde el año 2004. Se utilizó plantones producidos en el vivero del Proyecto Especial Alto Huallaga del caserío Pendencia, distrito de José Crespo y Castillo, provincia de Leoncio Prado.

El sistema de plantación fue establecido a campo abierto, empleando el método de plantación tres bolillos, abarcando una superficie total de 10,000 m², con un total de 380 plantas establecidas con un distanciamiento de 5 m por 5 m. Durante la ejecución de la presente investigación, en el área seleccionada se observó la presencia de malezas de diferentes especies. Entre las malezas predominantes se han identificado: cortadera (*Paspalum millegrana*), pituca (*Colocasia esculenta*), etc.

3.4. Materiales y equipos

3.4.1. Material cartográfico

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

3.4.2. Material satelital

Imagen de satélite ICONOS – 2012, del distrito Padre Felipe Luyando - Tingo María – Leoncio Prado.

3.4.3. Hardware y software

Laptop COMPAC C405LA, programa ArcGis 10.2 versión en español.

3.4.4. Equipo y material de campo

GPS (Sistema de Posicionamiento Global) marca Garmin, cámara digital marca Lumix, flexómetro (25 m), machetes, wincha (50 m), cilindro de densidad aparente, bolsas plásticas (10x20).

3.5. Metodología

3.5.1. Selección de las parcelas experimentales

Para el desarrollo de la investigación se seleccionaron dos parcelas con sistemas silvopastoriles (SSP); los cuales cumplían rigurosamente los criterios de selección, siendo estos:

- Fisiografía uniforme del potrero, lo que aumenta la posibilidad de que los suelos sean uniformes.
- Potreros preferiblemente con bajas densidades arbóreas, que facilita la selección de árboles sin influencia de árboles vecinos.
- Edad del pasto actual al menos de 1 años para garantizar que la pastura se maneja de manera rutinaria.
- La pastura dominada por gramíneas que cubrieran al menos el 50% de la superficie, con el fin de evitar que el estrato herbáceo contenga una alta proporción de hierbas o arbustivas cuya señal en el suelo se podría confundirse con el de los árboles.

- Uso como potrero durante al menos 4 años para garantizar que los suelos no son influenciados por un uso anterior (fertilizantes, labranza de suelos, etc.).
- Pendientes menores al 30% para minimizar posible efectos de erosión de hojarasca y/o suelo, resbalones del ganado, terracillas de vaca (compactación “preferencial”), etc sobre las características del suelo.
- La fisiografía del terreno y el suelo por debajo del árbol y en el punto de control en el área abierta debe ser semejante.
- Que sean árboles de una edad promedio a 2.5 años, lo cual aumenta la posibilidad de encontrar algún efecto de la presencia del árbol en el suelo.
- El árbol en búsqueda deberá ser aislado de otros árboles, de manera que por debajo de la copa y en su orilla la influencia de otros árboles a través de deposición de hojarasca y sombra es mínima. Además, los puntos de control deberán recibir una cantidad mínima de hojarasca de árboles y muy poca sombra lateral. Basado en el estudio de SANDOVAL (2006), las muestras se tomaron en el área de menor caída de hojarasca arbórea, en dirección Noreste a una distancia del tronco aproximada de 2 veces la altura del árbol en estudio.
- La pastura seleccionada debió presentar vegetación herbácea homogénea bajo copa de árbol y en el punto de control fuera de la copa del árbol, para evitar que eventuales diferencias en las características del suelo se deban a la influencia de la vegetación herbácea y no a la presencia del árbol.

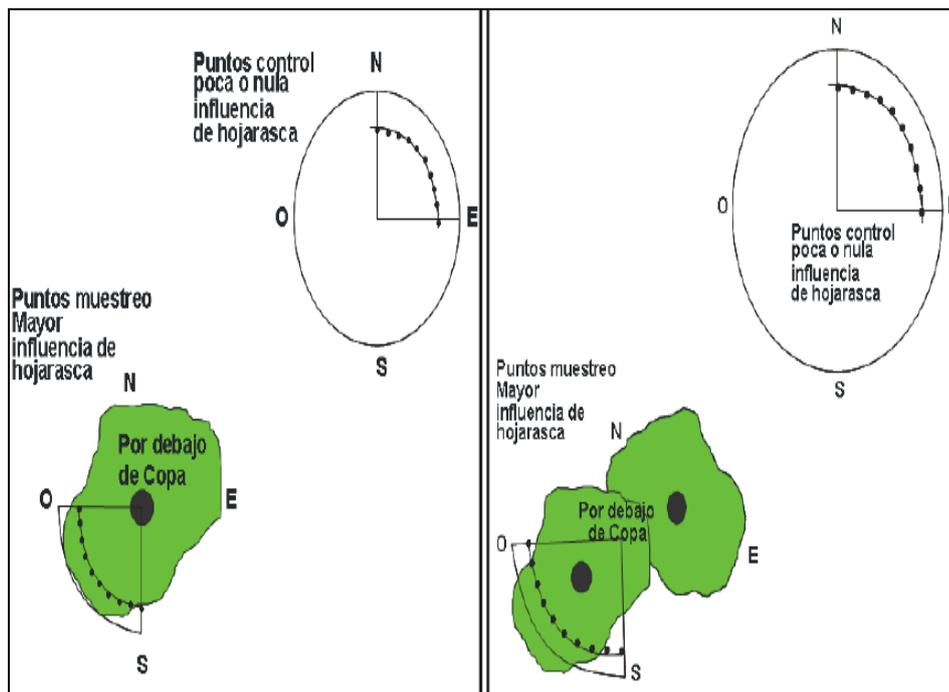


Figura 1. Ilustración del muestreo de suelos

La parcela general, de forma cuadrangular, se ubicó centrada en el tronco del árbol, de manera que un tercio de la parcela se situaba bajo el área de la copa y dos tercios alrededor de la copa en la pastura abierta. La coordenada (0,0) se hizo coincidir con la posición E respecto al tronco y la coordenada (24,24) en la posición W. Para cada punto de muestreo se registró la posición con respecto al dosel del árbol (bajo o fuera de la copa) y la localización según ejes cardinales (N, S, E y O) en metros respecto al centro de cada uno de los cuadrantes (subáreas de muestreo).

3.5.2. Muestreo de suelos

Se utilizó la metodología propuesta por VELDKAMP (1993) extrayéndose las muestras del suelo con una palana recta a una profundidad de 0 a 10 cm, donde se estimó poder esperar el mayor efecto del uso reciente

del suelo, para lo cual se tomaron 05 (cinco) muestras (repeticiones) por cada posición de estudio (dentro y fuera de la copa del árbol) teniendo especial cuidado de no muestrear cerca de bostas, sobre microvariaciones de relieve o donde habían arbustos leguminosos.

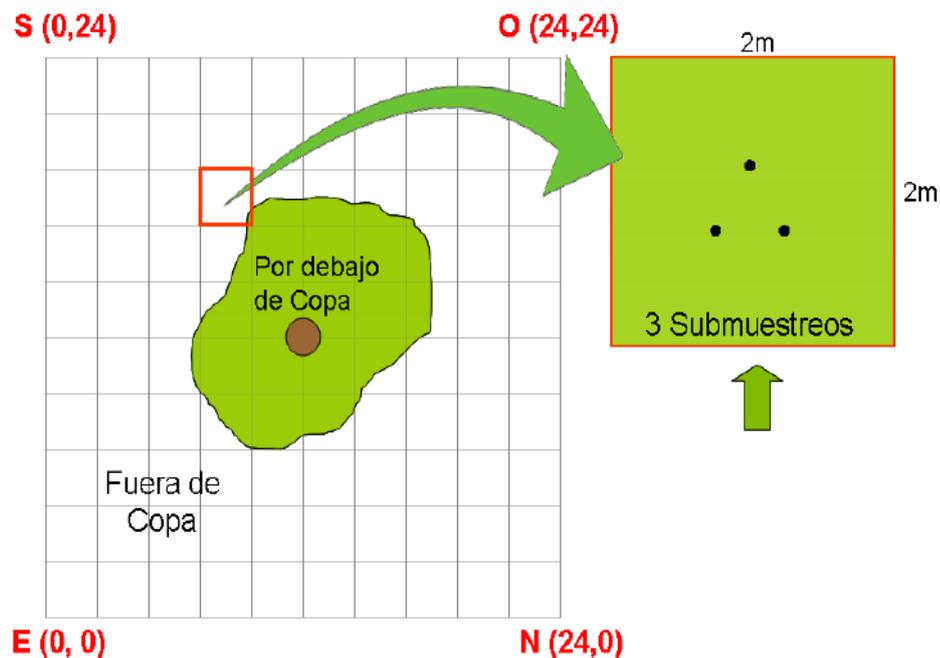


Figura 2. Ilustración de las repeticiones del muestreo de suelos

La recolección de las muestras se realizó con una palana sobre los primeros 10 cm del suelo, tomando 03 (tres) submuestras sistemáticamente en el centro de cada cuadrante para conformar así una sola muestra; evitando puntos donde se evidencia la reciente deposición de heces o especies no forrajeras que pudieran alterar el contenido de nutrientes en el suelo. Posteriormente estas muestras serán secadas a temperatura ambiente, tamizadas en una malla de (2x2 mm), limpiadas, pesadas y rotuladas para enviarlas al laboratorio.

Para la descripción de los suelos, se hicieron calicatas de 0.8 metro de ancho por 1.2 de largo y de 1,5m de profundidad, en las que se siguió el siguiente procedimiento:

- Apertura de la calicata.
- Pulido de la cara, para la descripción del perfil.
- Toma de datos relacionados con el sitio de muestreo; localización geográfica, en coordenadas geográficas, posición geomorfológica, localización en la unidad geomorfológica, forma, pendiente, drenaje externo, evidencia de erosión, material geológico y uso actual entre otros.
- Diferenciación de horizontes y medida de los espesores.
- Descripción de las características físicas más relevantes, por métodos organoléptico, estas fueron; Textura, estructura, consistencia en húmedo y mojado, color, raíces, límite del horizonte, formaciones especiales, pedregosidad dentro y fuera del perfil, determinación del material parental.
- Toma de muestras de suelos, las cuales se realizaron en cada uno de los horizontes seleccionados como representativos y que conforman los diferentes perfiles de suelos, cuyo volumen fue aproximadamente de 1 kg, debidamente empacadas y rotuladas en bolsas plásticas, para su posterior envío al laboratorio donde fueron sometidas a análisis físico químico, cuyos resultados nos permitieron establecer las cualidades y potencialidades, así como la clasificación taxonómica de los suelos.

3.5.3. Determinación de las propiedades físicas y químicas del suelo en laboratorio

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

Cuadro 1. Métodos para determinar los indicadores químicos del suelo

Indicadores físicos	Método
Textura del suelo	Método del hidrómetro de Bouyoucos

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

Los indicadores químicos del suelo se muestran a continuación:

Cuadro 2. Métodos para determinar los indicadores físicos del suelo

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).

3.6. Tipo de investigación

La investigación correspondió al tipo de exploratorio.

3.7. Unidades exploratorias (UE)

Para el estudio se considerarán dos unidades exploratorias, sistema silvopastoril A (*Brachiaria decumbens* asociado con *Guazuma crinita* C. Martius) y Sistema silvopastoril B (*Brachiaria decumbens* asociado con *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann).

3.8. Variables independientes

Las variables independientes son las dos unidades exploratorias en estudio:

- Sistema silvopastoril A: *Brachiaria decumbens* – *Guazuma crinita* C. Martius.
- Sistema silvopastoril B: *Brachiaria decumbens* – *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann

3.9. Variables dependientes

Las variables dependientes fueron:

3.9.1. Propiedad física del suelo

- Textura del suelo

3.9.2. Propiedades químicas del suelo

- Materia orgánica (C y N orgánico)
- Reacción del suelo o pH
- Nitrógeno total
- Fosforo disponible
- Potasio Disponible
- Capacidad de intercambio catiónico (C.I.C).

3.10. Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se analizaron aplicando estadística descriptiva en un inicio para evaluar su comportamiento entre las dos unidades exploratorias: Sistema silvopastoril A (*Brachiaria decumbens* asociado con *Guazuma crinita* C. Martius) y Sistema silvopastoril B (*Brachiaria decumbens* asociado con *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann). Para encontrar diferencias estadísticas entre las dos unidades exploratorias 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 los sistemas silvopastoriles (*Guazuma crinita* C. Martius y *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann) en pastura abierta

4.1.1. Perfil edafogenico del suelo de los sistemas silvopastoriles (*Guazuma crinita* C. Martius con *Brachiaria decumbens*) en pastura abierta

- Clasificación Soil Taxonomy: Typic Eutropepts
- Pendiente : 1 %
- Zona de vida : Bosque muy húmedo – Pre montano
Tropical
- Drenaje : Pobre
- Nivel freático : Visible a los 50 cm
- Material parental : Aluvial
- Vegetación : Especies herbáceas, plantación de
bolaina blanca en asociación con
Brachiaria D.

Los dos horizontes del suelo identificados de acuerdo a sus características físicas y químicas, se muestran a continuación (Cuadro 3):

Cuadro 3. Perfil edafogenico del suelo con instalación del sistema silvopastoril
(*Guazuma crinita* C. Martius con *Brachiaria decumbens*)

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A	0 - 10	Arcilloso, marrón oscuro (10 YR 3/3) en húmedo, cubico subangular gruesa moderadamente y firme, moderadamente ácido (pH 5.75), medio contenido de materia orgánica, (3.01 %), medio contenido de nitrógeno (0.14 %), normal en contenido de fósforo (15.06 ppm), contenido medio de potasio (503.08 kg/ha), CIC alto (20.91 meq/100 g suelo), raíces abundantes finas y gruesas, permeabilidad moderada, limite gradual.
B	10 - 50	Arcilloso, pardo amarillento oscuro (10 YR 6/8) en húmedo, cubico subangular gruesa y firme, extremadamente acido (pH: 4.5), contenidos bajos de materia orgánica (0,80%); nitrógeno (0.04 %), contenido medio de fósforo (8.76 ppm), bajo contenido de potasio (278.54 kg/ha), CIC bajo (2.71 meq/100 g suelo), sin raíces y deficiente permeabilidad.

Este tipo de suelo presenta una clase de drenaje pobremente drenado, su profundidad efectiva es baja, no pasa de los 40 cm; las piedras no son un limitante muy evidente en este suelo, ya que no se observan por todo el perfil, se desarrolla a partir de un aluvi3n (abanico aluvial), por estar cerca de formaci3n al rio Huallaga.

De acuerdo a su formaci3n, est3 conformado por material aluvial, o esa arena gruesa, piedras y pedregones, encontr3ndose a unos 35/40 cm. La fauna en este suelo no es muy notoria, observ3ndose lombrices y hormigas; su pH es moderadamente acido (5.75), y su uso actual es silvopastoril.

**4.1.2. Perfil edafogenico del suelo de los sistemas silvopastoriles
(*Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex
Schumann con *Brachiaria decumbens*) en pastura abierta.**

- Clasificaci3n Soil Taxonomy: Typic Eutropepts
- Pendiente : 1 %
- Zona de vida : Bosque muy h3medo – Pre montano
Tropical
- Drenaje : Pobre
- Nivel fre3tico : Visible a los 62 cm
- Material parental : Aluvial
- Vegetaci3n : Especies herb3ceas, plantaci3n de
Capirona asociado a *Brachiaria D.*

Para poder realizar un estudio completo del perfil del suelo, se realizó una calicata, la cual permiten la inspección directa del suelo que se desea estudiar y, por lo tanto, es el método de exploración que normalmente entrega la información más confiable y completa.

Los dos horizontes del suelo identificados de acuerdo a sus características físicas y químicas, se muestran a continuación (Cuadro 4):

Cuadro 4. Perfil edafogenico del suelo con instalación del sistema silvopastoril (*Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann con *Brachiaria decumbens*).

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A	0 - 13	Franco arcilloso, marrón oscuro (10 YR 4/2) en húmedo, cubico subangular gruesa moderadamente y firme, moderadamente ácido (pH 5.67). Alto contenido de materia orgánica (4.09 %), medio contenido de nitrógeno (0.19 %), alto en contenido de fósforo (20.92 ppm), contenido medio de potasio (423.84 kg/ha), CIC alto (21.34 meq/100 g suelo), raíces abundantes finas y gruesas, permeabilidad moderada, limite gradual.

Cuadro 4. Continuación

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
B	13 - 62	Franco Arcilloso, pardo amarillento oscuro (10 YR 3/4) en húmedo, cubico subangular gruesa y fuerte, muy firme, extremadamente ácido (pH 4.5), bajo contenido de materia orgánica (1.56 %), bajo contenido de nitrógeno (0.12 %), contenido medio de fósforo (8.6 ppm), contenido medio de potasio (342.04 kg/ha), CIC medio (12.73meq/100 g suelo), raíces escasas, permeabilidad pobre.

Este tipo de suelo presenta una clase de drenaje pobremente drenado, su profundidad efectiva es baja, no pasa de los 62 cm; las piedras no son un limitante muy evidente en este suelo, ya que no se observan por todo el perfil, se desarrolla a partir de un aluvión (abanico aluvial), por estar cerca de formación al río Huallaga. De acuerdo a su formación, está conformado por material aluvial, o esa arena gruesa, piedras y pedregones, encontrándose a unos 40/45 cm.

La fauna en este suelo no es muy notoria, observándose lombrices y hormigas; su pH es moderadamente ácido (5.67), y su uso actual es silvopastoril.

4.2. Efecto de los sistemas silvopastoriles en la textura del suelo en condiciones bajo el dosel del árbol y en pastura abierta

4.2.1. Textura del suelo

Los suelos bajo pasturas de *Brachiaria Decumbens* asociado con *Guazuma crinita* C. Martius en condiciones bajo el dosel del árbol presenta la clase textural “Franco arcillo arenoso”, mientras que en campo abierto presentan la clase textural “Arcilloso”. Por otro lado, los suelos bajo pasturas de *Brachiaria decumbens* asociado con *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann, presentan la clase textural “Franco arcillo arenoso” para el suelo bajo el dosel del árbol y “Franco arcilloso” para el suelo en pastura a campo abierto. Por lo que de acuerdo al análisis físico, estos suelos se encuentran inmersos al grupo de suelos pesados y muy pesados respectivamente, estos se caracterizan en presentar mala aireación, baja infiltración; los cuales ocasionan encharcamientos, pudriciones, evaporaciones severas por falta de absorción del agua en el suelo, inhibición o bajo rendimiento en el desarrollo radicular de la pastura, anclaje deficiente de las plantas, etc (Cuadro 5).

Cuadro 5. Textura del suelo de las unidades exploratorias en estudio

Sistema silvopastoril	Análisis físico			Clase Textural
	Textura			
	% Ao	% Arc	% Lim	
Aa	54	25	21	Franco Arcillo Arenoso
Ab	32	44	24	Arcilloso
Ba	56	28	16	Fran. Arcillo Arenoso
Bb	48	33	19	Franco Arcilloso

Aa: Bolaina – *Brachiaria* D. (bajo el dosel); Ab: Bolaina – *Brachiaria* D. (Campo abierto)

Ba: Capirona – *Brachiaria* D. (bajo el dosel); Bb: Capirona – *Brachiaria* D. (Campo abierto)

4.3. Efecto de los sistemas silvopastoriles en las propiedades químicas del suelo en condiciones bajo el dosel del árbol y en pastura abierta

4.3.1. Contenido de materia orgánica (%) en el suelo de las unidades exploratorias en estudio

Para la prueba T no existe razones suficientes para aceptar diferencias significativa con respecto al contenido de materia orgánica entre las medias de los suelos bajo pasturas de *Brachiaria Decumbens* asociado a *Guazuma crinita* C. Martius, en condiciones bajo el dosel del árbol y en campo abierto, siendo estos 2.88 y 3.01 (contenido medio) respectivamente, con un 4.25 % de C. V. Por otro lado, estadísticamente se observa que existe diferencias significativa para el contenido de materia orgánica entre las medias de los suelos bajo pasturas de *Brachiaria decumbens* asociado con *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann, en condiciones bajo el dosel del árbol y en campo abierto, siendo estos 2.56 % (contenido medio) y 4.09 % (contenido alto), con un C.V. de 29.67 % (Cuadro 6).

Cuadro 6. Contenido de materia orgánica (%) en el suelo de las unidades exploratorias en estudio

Materia orgánica (%)	n	Sistema silvopastoril	
		Bolaina - Brachiaria D.	Capirona - Brachiaria D.
Bajo el dosel	05	2.88 ± 0.54 a	2.56 ± 0.44 a
Campo abierto	05	3.01 ± 0.54 a	4.09 ± 0.44 b
	p-valor	0.8718	0.0395
	CV%	4.25	29.67

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

A pesar de no existir diferencia significativa respecto al contenido de materia orgánica en los suelos bajo pasturas de *Brachiaria decumbens* asociado con *Guazuma crinita* C. Martius se observa un ligero incremento de este nutriente en el suelo con pastura a campo abierto; Por otro lado, la prueba estadística indica que existe diferencia significativa respecto al contenido de este nutriente en el suelo bajo pasturas de *Brachiaria decumbens* asociado con *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann) (Figura 3).

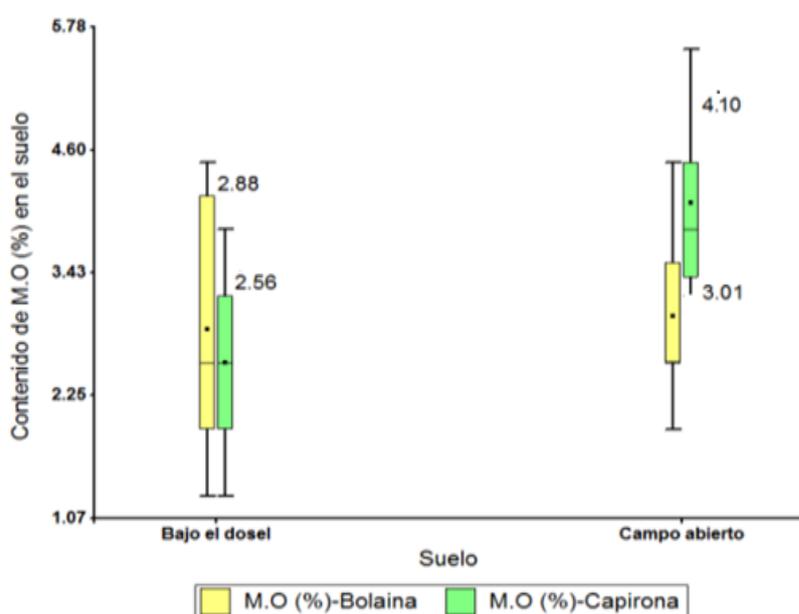


Figura 3. Contenido de materia orgánica (%) en el suelo de las unidades exploratorias en estudio

4.3.2. Contenido de nitrógeno (%) en el suelo de las unidades exploratorias en estudio

Estadísticamente para la prueba T no se encontraron diferencias significativas (p -valor = 0.8621) para el contenido de nitrógeno (%) entre las

medias ajustadas de los suelos bajo pasturas de *Brachiaria decumbens* asociado con *Guazuma crinita* C. Martius en condiciones bajo el dosel del árbol y en campo abierto, siendo estos 0.13 % y 0.14 % (contenido medio) respectivamente para los suelos con instalación de *Guazuma crinita* C, aunado a ello; el análisis de varianza muestra un 39.21 % de coeficiente de variación (C.V.); Mientras que, los suelos bajo pasturas de *Brachiaria decumbens* asociado con *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann, en condiciones bajo el dosel del árbol y en campo abierto, para la prueba T existe razones suficientes para aceptar diferencias significativa (p -valor = 0.0248) entre las medias de los suelos, siendo estos 0.12 % y 0.19 (contenido medio) %, con un 28.30 % de C. V (Cuadro 7).

Cuadro 7. Contenido de nitrógeno (%) en el suelo de las unidades exploratorias en estudio

Contenido de nitrógeno (%)	n	Sistema silvopastoril	
		Bolaina - <i>Brachiaria</i> D.	Capirona - <i>Brachiaria</i> D.
Bajo el dosel	05	0.13 ± 0.02 a	0.12 ± 0.02 a
Campo abierto	05	0.14 ± 0.02 a	0.19 ± 0.02 b
	p-valor	0.8621	0.0248
	CV%	39.21	28.30

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

A pesar de no existir diferencia significativa respecto al contenido de nitrógeno del suelo bajo pasturas de *Brachiaria decumbens* asociado con

Guazuma crinita C. Martius se observa un ligero incremento de este nutriente en el suelo con pastura a campo abierto; por otro lado la prueba estadística indica que existe diferencia significativa respecto al contenido de este nutriente en el suelo bajo pasturas de *Brachiaria decumbens* asociado a *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann (Figura 4).

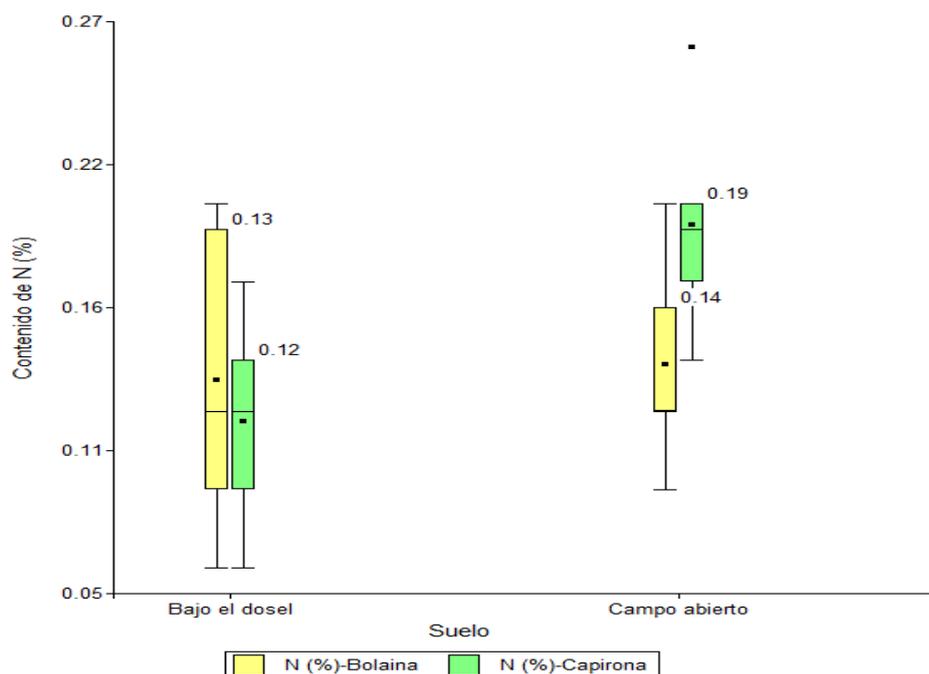


Figura 4. Contenido de nitrógeno (%) en el suelo de las unidades exploratorias.

4.3.3. Nivel de pH del suelo de las unidades exploratorias en estudio

Estadísticamente para la prueba T, no se encontraron diferencias significativas (p -valor = 0.4560 y 0.6865 respectivamente) para el nivel de pH entre las medias ajustadas de los suelos bajo pasturas de *Brachiaria decumbens* asociado con *Guazuma crinita* C. Martius y *Calycophyllum*

spruceanum (Bentham) Hooker f. ex Schumann en condiciones bajo el dosel del árbol y en campo abierto; siendo estos 5.32 (fuertemente ácido) y 5.75 (moderadamente ácido) respectivamente para los suelos con instalación de *Guazuma crinita* C. Martiu, mientras que 5.51 y 5.67 (moderadamente ácido) para los suelos con instalación de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann; Aunado a ello, el análisis de varianza muestra un 15.76 % y 10.95 % respectivamente de coeficiente de variación (C.V.) por lo que de acuerdo a su clasificación, la población muestral es poco dispersa o bastante homogénea. A pesar de no existir diferencia significativa respecto al nivel de pH del suelo en condiciones bajo el dosel del árbol y en pastura a campo abierto para ambos sistemas silvopastoriles, se evidencia un ligero incremento del pH en el suelo de pastura a campo abierto (Cuadro 8).

Cuadro 8. Nivel de pH en el suelo de las unidades exploratorias en estudio

Nivel de pH	n	Sistema silvopastoril	
		Bolaina - Brachiaria D.	Capirona - Brachiaria D.
Bajo el dosel	05	5.32 ± 0.39 a	5.51 ± 0.76 a
Campo abierto	05	5.75 ± 0.17 a	5.67 ± 0.01 a
	p-valor	0.4560	0.6865
	CV%	15.76	10.95

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

El comportamiento de nivel de pH en el suelo de las unidades exploratorias en estudio se detalla mejor gráficamente (Figura 5).

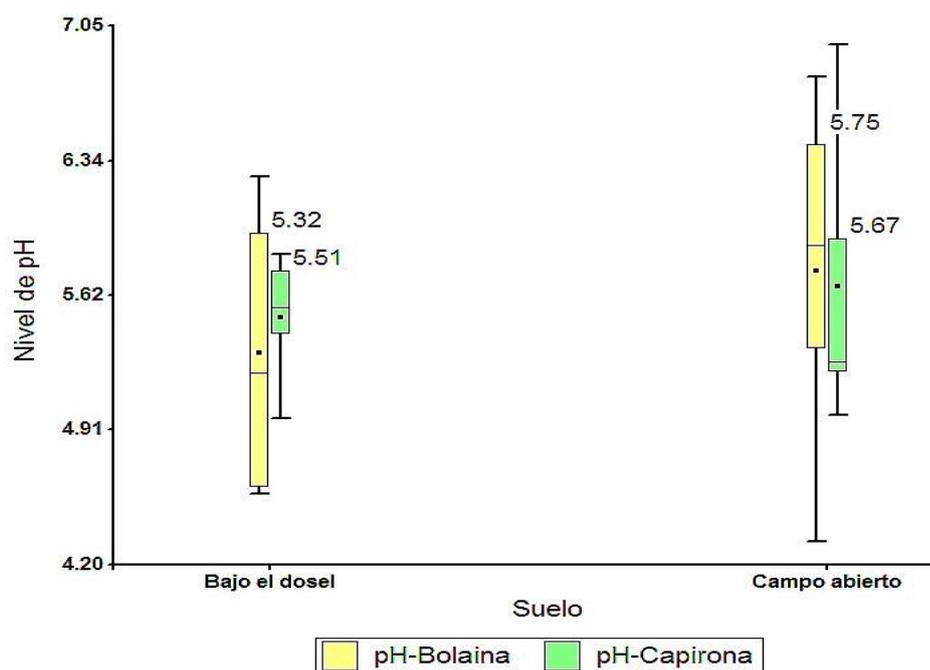


Figura 5. Nivel de pH en el suelo de las unidades exploratorias en estudio

4.3.4. Contenido de fósforo (ppm) en el suelo de las unidades exploratorias en estudio

Estadísticamente para la prueba T, no se encontraron diferencias significativas para el contenido de fósforo entre las medias ajustadas de los suelos bajo pasturas de *Brachiaria decumbens* asociado a *Guazuma crinita* C. Martius y *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann en condiciones bajo el dosel del árbol y en campo abierto, siendo estos 12.31 ppm (contenido medio) y 15.06 ppm (contenido alto) respectivamente, para los suelos con instalación de *Guazuma crinita* C. Martius; mientras que 12.52 ppm (contenido medio) y 20.92 ppm (contenido alto) para los suelos con instalación de y *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann. A pesar de no existir diferencia significativa respecto al contenido de fósforo en el suelo

en condiciones bajo el dosel del árbol y en pastura a campo abierto para ambos sistemas silvopastoriles se evidencia un ligero incremento en el contenido de este nutriente respecto al suelo de pastura a campo abierto (Cuadro 9).

Cuadro 9. Contenido de fósforo (ppm) en el suelo

Fósforo (ppm)	n	Sistema silvopastoril	
		Bolaina - Brachiaria D.	Capirona - Brachiaria D.
Bajo el dosel	05	12.31 ± 6.01 a	12.52 ± 5.06 a
Campo abierto	05	15.06 ± 6.24 a	20.92 ± 5.44 a
	p-valor	0.8718	0.2745
	CV%	4.25	67.66

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

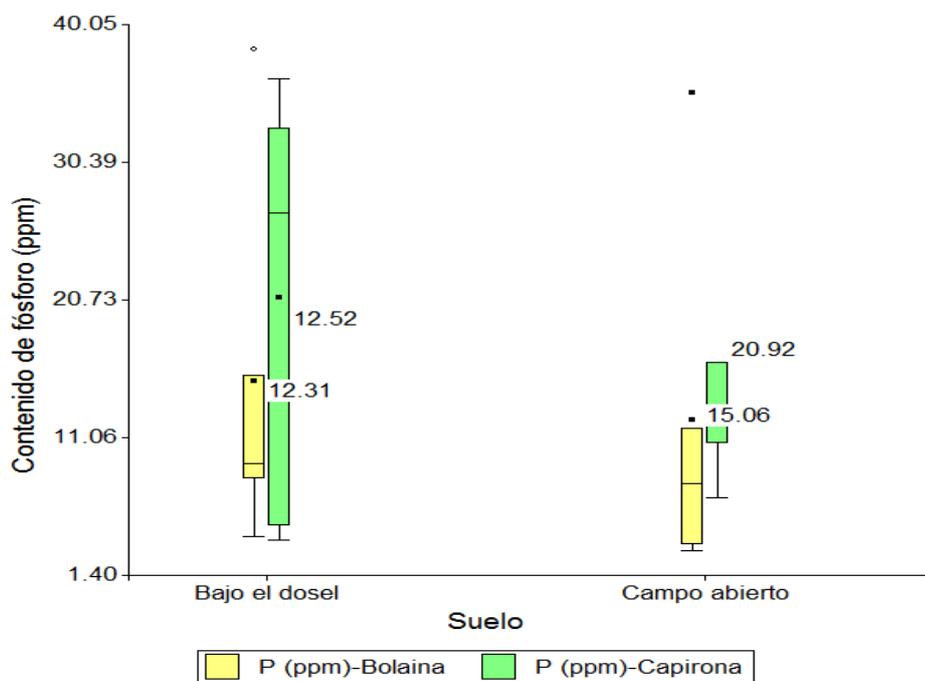


Figura 6. Contenido de fósforo (ppm) en el suelo

4.3.5. Contenido de potasio (kg/ha) en el suelo de las unidades exploratorias en estudio

Estadísticamente para la prueba T no existe razones suficientes para *aceptar* diferencias significativa con relación al contenido de potasio (kg/ha) en los suelos bajo pasturas de *Brachiaria decumbens* asociado con *Guazuma crinita* C. Martius y *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann en condiciones bajo el dosel del árbol y en campo abierto. Muy a pesar de haberse obtenido medias ajustadas disímiles, siendo estos 353.09 kg/ha y 503.08 kg/ha (ambos con contenido medio), para los suelos con instalación de *Guazuma crinita* C. Martius, mientras que 323.41 kg/ha y 423.84 kg/ha (ambos con contenido medio), para los suelos con instalación de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann. Aunado a ello, el análisis de varianza muestra un 26.14 % y 28.03 % respectivamente de C.V (Cuadro 10).

Cuadro 10. Contenido de potasio (kg/ha) en el suelo de las unidades exploratorias en estudio

Contenido de potasio (kg/ha)	n	Sistema silvopastoril	
		Bolaina - Brachiaria D.	Capirona - Brachiaria D.
Bajo el dosel	05	353.09 ± 50.05 a	323.41 ± 46.81 a
Campo abierto	05	503.08 ± 50.54 a	423.84 ± 46.44 a
	p-valor	0.0669	0.1667
	CV%	26.14	28.03

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

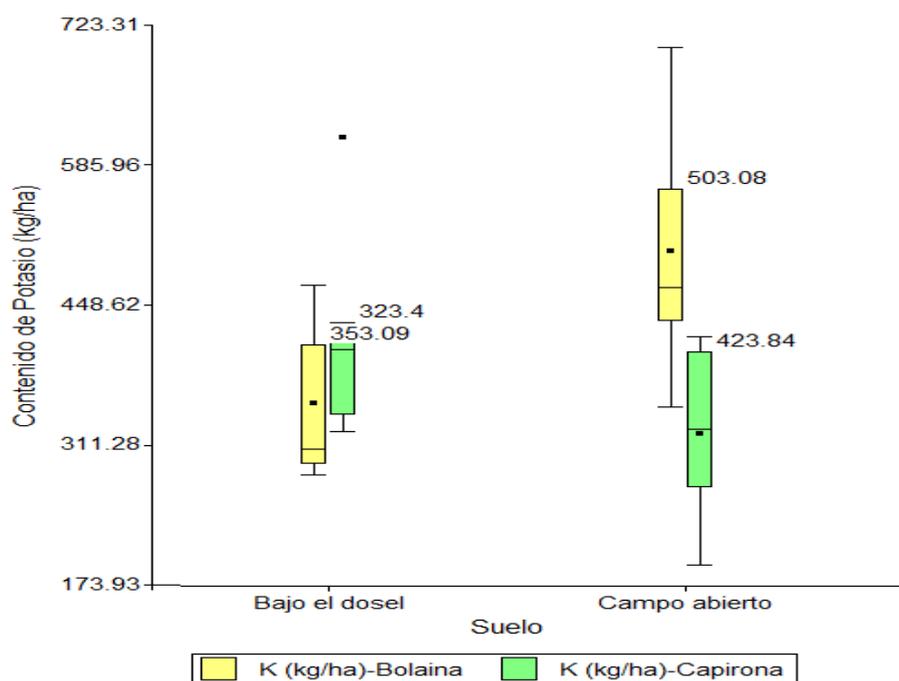


Figura 7. Contenido de potasio (kg/ha) en el suelo de las unidades exploratorias en estudio

4.3.6. Capacidad de intercambio catiónico (meq/100 gr de suelo) en el suelo de las unidades exploratorias en estudio

Estadísticamente para la prueba T, no se encontraron diferencias significativas para el contenido de capacidad de intercambio catiónico entre las medias de los suelos bajo pasturas de *Brachiaria decumbens* asociado a *Guazuma crinita* C. Martius y *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann en condiciones bajo el dosel del árbol y en campo abierto, siendo estos 16.80 meq/100 gr suelo y 20.91 meq/100 gr suelo (ambos con contenido medio) respectivamente para los suelos con instalación de *Guazuma crinita* C. Martius; mientras que 17.92 meq/100 gr suelo (contenido medio) y 21.34 meq/100 g de suelo (contenido alto) para los suelos con instalación de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann. Aunado a ello,

el análisis de varianza muestra un 37.38 % y 22.17 % respectivamente de coeficiente de variación (C.V.) por lo que de acuerdo a su clasificación, la población muestral es poco dispersa o bastante homogénea (Cuadro 11).

Cuadro 11. Capacidad de intercambio catiónico (meq/100 gr de suelo) en el suelo de las unidades exploratorias en estudio

CIC (meq/100 gr suelo)	n	Sistema silvopastoril	
		Bolaina - Brachiaria D.	Capirona - Brachiaria D.
Bajo el dosel	05	16.80 ± 3.15 a	17.92 ± 1.95 a
Campo abierto	05	20.91 ± 3.36 a	21.34 ± 1.91 a
	p-valor	0.3840	0.2498
	CV%	37.38	22.17

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

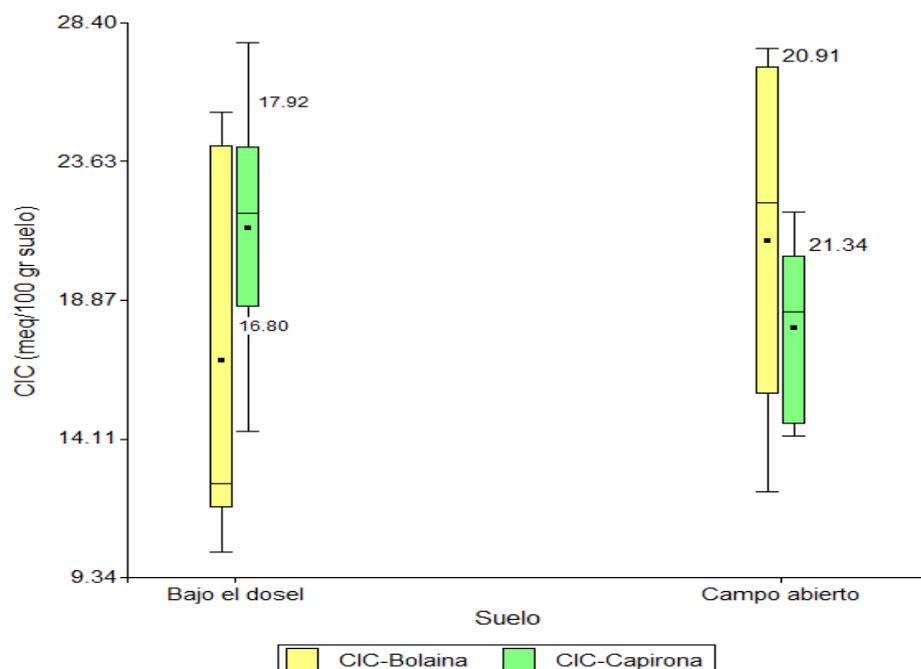


Figura 8. Comportamiento de la capacidad de intercambio catiónico en el suelo.

V. DISCUSIÓN

5.1. Efecto de los sistemas silvopastoriles en las propiedades físicas del suelo en condiciones bajo el dosel del árbol y en pastura abierta

5.1.1. Textura del suelo

Los suelos de la pastura de *B. decumbens* asociada con *Guazuma crinita* C. Martius y *B. decumbens* asociada con *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann; tanto en condiciones bajo el dosel del árbol y en pastura a campo abierta; de acuerdo a su clasificación textural se encuentra dentro del grupo de suelos pesados, tal como se ha descrito de acuerdo a las calicatas ejecutadas (nivel freático de 50 cm y 62 cm de profundidad; sin embargo, en las pasturas a campo abierto se tiene las texturas “Arcilloso y Franco Arcilloso”, variación que se atribuye al constante pisoteo del suelo por parte del ganado vacuno; es imprescindible mencionar que bajo el dosel de la especie forestal también se tiene un efecto debido a que es usado como sombra por el ganado. PINZÓN y AMÉZQUITA (1991) corroboran nuestros resultados, concluyendo que los animales en pastoreo modifican sustancialmente las propiedades físicas de los suelos, atribuyendo la intensidad de estos cambios a la dependencia de la zona y la especie cultivada, siendo más drástico en suelos con guaduilla (*Homolepis aturensis*) que pasturas de *B. decumbens*.

5.2. Efecto de los sistemas silvopastoriles en las propiedades químicas del suelo en condiciones bajo el dosel del árbol y en pastura abierta

En los suelos de las parcelas con pasturas de *B. decumbens* asociado con *Guazuma crinita* C. Martius y *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann se observa un mayor contenido de nutrientes en las pasturas a campo abierto con respecto a los suelos bajo el dosel de los árboles: Para el contenido de materia orgánica fue de 2.88 % a 3.01 % y 2.56 % a 4.09 %; para el nitrógeno fue de 0.13 a 0.14 % y 0.12 % a 0.19 %; pH de 5.32 a 5.75 y 5.51 a 5.67; fósforo de 12.31 a ppm 15.06 ppm y 12.52 ppm a 20.92 ppm; potasio de 353.09 kg/ha a 503.08 kg/ha y 323.41 kg/ha a 423.84 kg/ha; capacidad de intercambio catiónico de 16.80 meq/100 g suelo a 20.91 meq/100 g suelo y 17.92 meq/100 g suelo a 21.34 meq/100 g suelo. Al respecto ROMERO (2010) refiere que la presencia de la especie forestal aumenta el contenido de carbono orgánico, potasio y nitrógeno en los suelos por debajo de los árboles, aumentando ligeramente el pH; probablemente se debe a diferencias en la calidad de la hojarasca y posibles diferencias en los procesos de descomposición dentro y fuera de la copa, así mismo, el mayor contenido de potasio por debajo de las copas probablemente se debe a un mayor contenido de éste en la hojarasca arbórea y a la presencia de lavado de potasio de la copa de los árboles. El contenido de fósforo podría estar influenciado por la preferencia del ganado a descansar por debajo de ciertos árboles. Esta aparente contradicción, se atribuye a la mayor producción total de hojarasca en pasto abierto y por ende al mayor contenido en carbono orgánico, por lo que la descomposición de la hojarasca de pasto es más

elevada, mientras que la del árbol es menor y que se incorpora en mayor medida al suelo. Esto estaría en consonancia con las diferencias en la calidad de la hojarasca depositada. Posiblemente las diferencias sean causadas por las diferentes cantidades de nitrógeno que son depositadas en la superficie del suelo o por diferencias en la calidad de la hojarasca, como el diferente contenido de polifenoles o lignina, causando procesos de descomposición diferentes. Autores como PEZO y IBRAHIM (1999) manifiestan que esto es debido al material senescente de los árboles, quienes pueden contener sustancias inhibidoras como taninos ó otros polifenoles que afecten la actividad de los organismos responsables de la degradación de la materia orgánica.

El nitrógeno es un factor limitante para las pasturas abiertas, las que están bajo sombra y para el ciclaje de nutrientes (BODDEY *et ál.*, 2004). Por lo que se asume que la hojarasca de los árboles, con un contenido de polifenoles y/o lignina presumiblemente más elevado que la de los pastos, puede modificar la composición microbiana del suelo e incidir en los procesos de mineralización de nitrógeno, resultando en un ciclado más lento de nitrógeno bajo la copa de los árboles, repercutiendo en el ecosistema del suelo y por ende en el ciclaje de los nutrientes.

Resultados iguales encontraron PINZÓN y AMÉZQUITA (1991) indicando que son evidentes los efectos en la transferencia de nutrientes vegetales en los potreros debido a los productos excretados por los animales; atribuyendo a que la mayor parte de estos nutrientes se retorna al pastizal en forma de heces y orina, cuya cantidad es considerable; siendo la orina es rica

en N, K, y S mientras que las heces contienen todo el fósforo, parte orgánico (poco asimilable) y parte inorgánico (bastante disponible de inmediato), así también la mayoría del Ca y Mg pero mucho menos K, Na, N y S. De lo mencionado se descarta la posible hipótesis de que la especie forestal puede ser un factor que podría influenciar en el contenido de nutrientes en el suelo, al ser usado como sombra por el ganado; ya que de acuerdo a las características de las dos especies forestales en estudio, estos presentan una copa globosa irregular, que está en constante poda, por lo que no otorgan sombra en el pie del árbol al ganado, reflejando esto en el comportamiento de los nutrientes en el suelo, ya que se evidencia mayor concentración en el suelo con pastura abierta para ambos sistemas silvopastoriles.

VI. CONCLUSIONES

1. El perfil edafogenico del suelo con instalación del sistema silvopastoril *Guazuma crinita* C. Martius con *Brachiaria decumbens* en pastura abierta, presento el horizonte A con un espesor de 0 a 10 cm; de textura "Arcilloso", marrón oscuro (10 YR 3/3) en húmedo, cubico subangular gruesa moderadamente y firme, moderadamente ácido (pH 5.75), medio contenido de materia orgánica, (3.01 %), medio contenido de nitrógeno (0.14 %), normal en contenido de fósforo (15.06 ppm), contenido medio de potasio (503.08 kg/ha), CIC alto (20.91 meq/100 g suelo), raíces abundantes finas y gruesas, permeabilidad moderada, limite gradual. El horizonte B con un espesor de 10 a 50 cm, de textura "Arcilloso", pardo amarillento oscuro (10 YR 6/8) en húmedo, cubico subangular gruesa y firme, extremadamente acido (pH: 4.5), contenidos bajos de materia orgánica (0,80%); nitrógeno (0.04 %), contenido medio de fósforo (8.76 ppm), bajo contenido de potasio (278.54 kg/ha), CIC bajo (2.71 meq/100 g suelo), sin raíces y deficiente permeabilidad. Por otra parte, el perfil edafogenico del suelo con sistema silvopastoril de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann con *Brachiaria decumbens* en pastura abierta, presento el horizonte A con un espesor de 0 a 13 cm, de textura "Franco arcilloso", marrón oscuro (10 YR 4/2) en húmedo, cubico subangular gruesa moderadamente y firme,

moderadamente ácido (pH 5.67), alto contenido de materia orgánica (4.09 %), medio contenido de nitrógeno (0.19 %), alto en contenido de fósforo (20.92 ppm), contenido medio de potasio (423.84 kg/ha), CIC alto (21.34 meq/100 g suelo), raíces abundantes finas y gruesas, permeabilidad moderada, limite gradual. Así mismo también se encontró el B con un espesor de 13 a 62 cm; de textura "Franco Arcilloso", pardo amarillento oscuro (10 YR 3/4) en húmedo, cubico subangular gruesa y fuerte, muy firme, extremadamente ácido (pH 4.5), bajo contenido de materia orgánica (1.56 %), bajo contenido de nitrógeno (0.12 %), contenido medio de fósforo (8.6 ppm), contenido medio de potasio (342.04 kg/ha), CIC medio (12.73 meq/100 g suelo), raíces escasas, permeabilidad pobre.

2. De acuerdo al análisis físico (textura), los suelos bajo pasturas de *Brachiaria decumbens* asociado con *Guazuma crinita* C. Martius y *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann en condiciones bajo el dosel del árbol presentan un efecto positivo respecto al suelo en campo abierto.

2. Existe un efecto positivo con respecto al contenido de nutrientes, siendo mayor en los suelos con pastura a campo abierto, a diferencia de los suelos bajo el dosel de los árboles; este comportamiento se dio para ambas parcelas en estudio (pasturas de *B. decumbens* asociado con *Guazuma crinita* C. Martius y *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann, siendo estos: Para el contenido de materia orgánica fue de 2.88 % a 3.01 % y 2.56 % a 4.09 %; para el nitrógeno

fue de 0.13 a 0.14 % y 0.12 % a 0.19 %; pH de 5.32 a 5.75 y 5.51 a 5.67; fósforo de 12.31 a ppm 15.06 ppm y 12.52 ppm a 20.92 ppm; potasio de 353.09 kg/ha a 503.08 kg/ha y 323.41 kg/ha a 423.84 kg/ha; capacidad de intercambio catiónico de 16.80 meq/100 g suelo a 20.91 meq/100 g suelo y 17.92 meq/100 g suelo a 21.34 meq/100 g suelo. Finalmente rechazamos la hipótesis planteado de que la presencia de un especie forestal en una pastura mejora la estructura del suelo y las propiedades químicas (materia orgánica, pH, nitrógeno, fósforo, potasio y la capacidad de intercambio catiónico) del suelo respecto a la pastura abierta”.

VII. RECOMENDACIONES

1. Inocular en el suelo colonias de microorganismos, a fin de determinar el grado de influencia de estos en el ciclaje de los nutrientes del suelo.
2. Continuar en el monitoreo de esta investigación, para determinar la variabilidad de los nutrientes en el suelo por décadas sucesivas.
3. Realizar estudio del almacenamiento de carbono orgánico en el suelo, con variables de evaluación concernientes a parámetros ambientales (temperatura, precipitación, intensidad de luz, etc) con la finalidad de proponer alternativas por bonos ambientales por captura de carbono.
4. Utilizar otras variables de investigación con relación a diferentes especies leguminosas a fin presentar otras opciones como cultivo de cobertura en diversos sistemas silvopastoriles.

EFFECT OF TWO TREE SPECIES IN SILVOPASTURES ON THE PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE SOIL

VIII. ABSTRACT

Silvopastoral systems under forest plantations is a viable and adaptable system to be an extra set of benefits for livestock and producers. However forest species can compete with pasture for water, light and nutrients, and these effects may be higher if the nutritional requirements are similar in both, for that reason research was conducted aimed at assessing the effect of *Guazuma crinita* C . Martius and *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann, in Silvopastoral systems, texture and chemical properties (organic matter, pH, nitrogen, phosphorus, potassium and cation exchange capacity) of the soil. The research was conducted in two silvopastoral plots located in Mapresa Inkari and villages, located in the district politically Padre Felipe Luyando, Leoncio Prado province, Huánuco region. The methodology proposed by Veldkamp (1993) soil samples extracted with a straight palana at a depth of 0-10 cm, where it was estimated to expect the greatest effect of the recent land use was used. The edafogenico profile indicates that soils studied have a class of poorly drained drainage, effective depth is low, it does not exceed 62 cm; the stones are not a very clear limitation on this soil, it develops from an alluvial (alluvial fan), it is made up of alluvial material or coarse sand, stones and boulders. Regarding the soil texture of silvopastoral systems in conditions under the canopy of the tree have a positive effect to the ground in the open. Chemical analysis of soils, despite no significant difference it has a

positive effect on the level of pH, organic matter, nitrogen, phosphorus, potassium and the cation exchange capacity in the soil of such incorporations open field about the soils located under the canopy of the forest species. The hypothesis in the research, that the presence of forest species in a pasture improves soil structure and soil chemical properties over open pasture "is rejected.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDANA, J; SUNIAGA, P. 2005. Manual de sistemas silvopastoriles. Disponible en línea: (http://avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/ /articulo11-s3.pdf. Consultado el 01 de Noviembre).
- BELSKY, A. J. 1994. Influences of trees on savanna productivity: tests of shade, nutrients, and tree-grass competition. *Ecology*. 56 p.
- BERNHARD, R. 1982. Biogeochemical cycle of nitrógeno in a semi-arid savanna. *Oikos*. 32 p.
- BODDEY, R. M; MACEDO, R; TARRÉ, R.M; PEREIRA, J.M; URQUIAGA, S; 2004. Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures. *Ecosys. Environ*. 403 p.
- BUSTAMANTE, J; ROMERO, F. 1991. Producción ganadera en un contexto agroforestal. *Sistemas silvopastoriles*. 93 p.
- CRESPO, R; JULCA-OTINIANO, A; CARHUALLANQUI, R. 2002. Efecto de la sombra y la fertilización sobre la población de hongos y bacterias del suelo en café var. "Catimor" en Villa Rica, Selva Central. de Perú. *Villa Rica. Perú*. 3(2):74-77. 25 p.
- CRESPO, G; RODRÍGUEZ, I; SÁNCHEZ, R. FRAGA, S. 1998. Influencia de *Albizia lebbek* y *Leucaena leucocephala* en «Agroforestería para la

Producción Animal». Disponible en línea:

<http://www.cipav.org.co/redagropec/memoria99/pCrespo.htm>.

Consultado el 12 de Diciembre de 2013.

ESQUIVEL, L. T; FERNANDES, E; SANCHEZ, P. 1998. Soil-plant interactions in agroforestry Systems. *Forest ecology and Management*. 152 p.

ELLIOTT, E; COLEMAN, I. H. 1988. Microclimate and nutrient dynamics in a silvopastoral system of semiarid northeastern Brazil. *Agroforestry Systems* 28 p.

FAO, 2007. Ganadería y deforestación. Políticas Pecuarias – 3. Disponible en línea: <http://ftp.fao.org/docrep/fao/a0262s00.pdf> Consultado el 01 de Noviembre de 2008.

FASSBENDER, H. W. 1993. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. Turrialba, CR, CATIE. 491 p.

FUNES, F. 2005. Efectos de la quema y el pastoreo en el mantenimiento de los pastizales tropicales. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 92 p.

GALLARDO, J.F; SANTA R. I; SAN MIGUEL, C; EGIDO, J.A. 1990. Producción de hojarasca en sistemas de dehesas en Salamanca, España. *Revista Acta/Alimento Ciencia*. 71 p.

GEORGIADIS, N. J. 1989. Microhabitat variation in an African savanna: effect of Woody cover and herbivores in Kenya. *J.Trop. Ecol.* 108 p.

- GIL, J., ESPINOZA; OBISPO, N. 2005. Relaciones suelo-planta-animal en sistema silvopastoriles. Disponible en línea: www.ceniap.gov.ve/articulos/n9/arti/gil_l/arti/gil_l.htm. Consultado septiembre-diciembre 2014.
- GONZALO, 1987. Suelos y Ecosistemas Forestales con énfasis en América Tropical. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 447 p.
- GONZÁLEZ, M.L; GALLARDO, J.F; 1995. El efecto hojarasca: una revisión. En: Anales de Edafología y agrobiología. Centro de Edafología y Biología Aplicada. Universidad de Salamanca, España. 45 p.
- GOLCHIN, P; ETDER, G; BELLOWS, B. 1994. Nutrient Cycling in Pastures. Appropriate Technology Transfer for Rural Areas (ATTRA). Disponible en línea: (<http://attra.ncat.org/attra-pub/PDF/nutrientcycling.pdf>.. Consultado el 08 de Noviembre de 2008).
- HASSINK, A. 1994. Recuperación de terrenos degradados con aplicación de abonos verdes, compost y dolomita. Tesis para optar el Grado de Magíster Scientiae - U.N.A.L.M. Lima, Perú. 132 p.
- HARMAND, H; BLANCHART, E; SKIBA, U; HÉNAULT, C. (2003). Changes in carbon stock and greenhouse gas balance in a coffee (*Coffea arabica*) monoculture versus an agroforestry system with *Inga densiflora*, in Costa Rica. 110 p.

- HOLMANN, P; ARGEL, L; RIVAS, D; PEREZ, G; RAMÍREZ, P. 2004. Degradación de pasturas y pérdidas de productividad animal. Disponible en línea: http://www.ciat.r.org/pdf/Degradacion_de_pasturas.pdf. Consultado el 10 de Noviembre de 2008.
- HOLDRIGE (1993), Mapa Ecológico del Perú – INRENA (1995)
- KENNET N. 2008. Química de suelos. Instituto Interamericano de cooperación de la Agricultura. Ed. Interamericana, México DF. 142 p.
- LADD, K; SCHULTZE, D; KRAFT, R 1981. La colección de forrajeras tropicales del CIAT. 3 Catálogo de Germoplasma de Centroamérica, México y el Caribe. Documento de Trabajo N'90, CIAT, Cali, Colombia. 269 p.
- LAL, R. 1996. The potential of U.S. cropland to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect. Chelsea: Ann Arbor Press.
- MACHECHA, L. 2002. El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. Rev Col Cienc Pec Vol. 15: 2. 231p.
- MACHECHA, L; ROSALES, M; MOLINA, C.H. 1999. Experiencias de un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala*, *Cynodon plectostachius* y *Prosopis juliflora* en el valle del Cauca. En: Agroforestería para la producción animal en América Latina. Estudio FAO sobre Producción y Sanidad Animal. 143 Edit Sánchez y M. Rosales. Roma. 407 p.

- MATUS, P. 1994. Agricultural Mechanization and the Evolution of Farming Systems in Sub- Saharan Africa. John Hopkins University Press. Baltimore, USA. 74 p.
- MENEZES, R.S; SALCEDO, I. H; ELLIOTT, E. T. 2002. Microclimate and nutrient dynamics in a silvopastoral northeastern Brazil. Agroforestry Systems 28 p.
- MOSCATELLI, K; AREVALO, L; SONCCO, C. 2005. Manual de laboratorio para análisis físicoquímico de suelos. ICRAF. Lima, Perú. 56 p.
- NAIR, P. 1984. Soil Productivity Aspects of Agroforestry. Science and Practice of Agroforestry No. 1. ICRAF. Nairobi 35 p.
- PEZO, D; IBRAHIM, M. 1999. Sistemas silvopastoriles: Módulo de enseñanza agroforestal No. 2. 2 ed. Turrialba, CR, CATIE. 79 p.
- PINTO, A; BROOK, R; IBRAHIM, M. (2000). Growth, production and carbon sequestration of silvopastoral systems with native timber species in the dry lowlands of costa rica. plant and Soil, 308 p.
- PINZON, F; REYNEL, C. 1991. Árboles útiles de la Amazonía peruana y sus usos. Manual de identificación ecológica y propagación de las especies. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. 509p.
[En línea]: (<http://www.scribd.com/doc/17139180/caracteristicas-fenologicas-de-la-bolaina>, documento 24 de Jun 2011).

- PROYECTO ESPECIAL ALTO HUALLAGA (PEAH). 2012. Estudio de suelos del distrito Luyando – proyecto de reforestación con fines de recuperación de suelos degradados - 1300 has. Proyecto Especial alto Huallaga. Informe final – Direst - Peah. Tingo María, Perú. 125 p.
- RAZZ R; CLAVERO. T. 2006. Cambios en las características químicas de suelos en un banco de *Leucaena leucocephala* y en un monocultivo de *Brachiaria brizantha*. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 331 p.
- RENNER, S. 1990. Flowering plants of Amazonian Ecuador—A checklist. AAU Rep. 241 p.
- RHOADES, C; ECKERT, G; COLEMAN, D. 1998. Effect of pasture trees on soil nitrogen and organic matter: Implications for tropical Montane Forest Restoration. Restoration ecology. 270 p.
- RÍOS, N; ANDRADE, H; IBRAHIM, M. 2008. Evaluación de la recarga hídrica en sistemas silvopastoriles en paisajes ganaderos. Zootecnia Tropical 26(3): 183 p.
- ROMERO, G. 2010. Chemical and biological indicators of decline/degradation of *Brachiaria* pastures in the Brazilian Cerrado. Agriculture, Ecosystems and Environment. 103 p.
- RUSSO, R; BOTERO, B. 2005. El componente arbóreo como recurso forrajero en los sistemas silvopastoriles. Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda, EARTH, San José, Costa Rica. 36 p.

- SADEGHIAN, S; J. M; RIVERA. M. E; GÓMEZ. 1998. Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de los suelos. Disponible en línea: <http://www.fao.org/WAICENT/FaoInfo/Agricult/Siavosh6.pdf>. Consultado el 10 de Noviembre de 2008.
- SANDOVAL, I. 2006. Producción de hojarasca y reciclaje de nutrientes de dos especies arbóreas y dos gramíneas en pasturas de Muy Muy, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 160 p.
- SÁNCHEZ, M; ROSALES, M; MURGUEITIO, E. 2003. Agroforestería pecuaria en América Latina. En: Agroforestería para la producción animal en América Latina. Edit. D.M Sánchez y M. Rosales. FAO. Roma. 10 p.
- SCHROTH, G; SINCLAIR, J; BARRIOS, E. 2003. Soil nutrient availability and acidity. Ecosys. Environ. 13 p.
- SPAIN, J. M; GUALDRÓN. 1991. Degradación y rehabilitación de pasturas. Establecimiento y renovación de pasturas. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 283 p.
- SZOTT, L. T; FERNANDES, E; SANCHEZ, P. 2000. Soil-plant interactions in agroforestry Systems. Forest ecology and Management. 152 p.
- VAN VEEN, L; KUIKMAN, F. 1990. Variables associated with corky root and Phytophthora root rot of tomatoes in organic and conventional farms. Phytopathology. 654 p.

- VELDKAMP E. 1993. Soil organic carbon dynamics in pastures established after deforestation in the humid tropics of Costa Rica. 117 p.
- VELASCO, A; IBRAHIM, M; KASS, G; JIMÉNEZ, F; PLATERO, G.R. 1999. Concentraciones de fósforo en suelos bajo sistema silvopastoril de *Acacia mangium* con *Brachiaria humidicola*. Agroforestería en las Américas, Turrialba. 45 p.
- VIRGINIA, R. A. 1986. Soil development under legume tree canopies. For . Ecol. Manage. 79 p.
- YOUNG, A. 1987. Agroforestry for soil conservation. CABI-ICRAF, Nairobi, Kenya. 65 p.
- XAVIER, D.F; CARVALHO, M. M; ALVIME, M.J; BOSTREL, M.A. 2003 . Melhoramento de fertilidade do solo con pastagen de *Brachiaria decumbens* asociada con leguminosas arbóreas. Rev. Pasturas Tropicales. 25 p.

ANEXO

Anexo 1. Panel fotográfico



Figura 9. Toma de coordenadas de la parcela en estudio



Figura 10. Demarcación del área de estudio



Figura 11. Muestreo de suelo bajo el dosel del árbol de la parcela de bolaina



Figura 12. Muestreo de suelo bajo el dosel del árbol de la parcela de capirona



Figura 13. Muestreo de suelo de la pastura a campo abierto



Figura 14. Mullido de muestras de suelo



Figura 15. Pesado de muestras de suelo



Figura 16. Determinación de la materia orgánica y textura del suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Facultad de Recursos Naturales Renovables



Laboratorio de Análisis de Suelos

“Año del Promoción de la Industria Responsable y del Compromiso Climático

ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

SOLICITANTE : Bach. INFANTE CAMACHO, Elia Ludith

LUGAR : Suelos con sistema silvopastoril

FECHA : 05- 01-2015

Parcela	Suelo	pH	M.O	N	P	K2O	cic	cambiables cmol(+)/kg						% bases cambiables	% Ac. Cambiables
		01:01	%	%	ppm	kg/ha		ca	mg	k	na	al	h		
Bolaina	BD	6.25	1.92	0.09	8.17	306.09	21.43	18.58	2.6	0.25	0	0	0	100	0
Bolaina	BD	4.57	4.16	0.19	9.25	290.19	9.84	4.41	0.84	0	0	3.06	1.53	53.34	46.66
Bolaina	BD	4.61	2.56	0.12	4.09	280.91	8.99	3.92	0.65	0	0	2.98	1.45	50.81	49.19
Bolaina	BD	5.21	1.28	0.06	38.29	408.12	7.47	5.08	1.03	0	0	1.15	0.21	81.8	18.2
Bolaina	BD	5.98	4.48	0.2	15.49	466.42	22.59	18.45	3.28	0.86	0	0	0	100	0
Bolaina	CA	4.76	4.48	0.2	3.87	347.17	9.54	3.98	0.8	0	0	4.25	0.51	50.08	49.92
Bolaina	CA	6.4	3.52	0.16	33.98	699.63	24.79	21.3	3.23	0.26	0	0	0	100	0
Bolaina	CA	5.96	2.56	0.12	6.88	560.5	19.49	16.18	2.38	0.93	0	0	0	100	0
Bolaina	CA	5.09	1.92	0.09	2.15	430.64	12.89	8.04	1.37	0	0	3.4	0.08	72.96	27.04
Bolaina	CA	6.3	2.56	0.12	10.54	463.77	24.14	20.14	3.72	0.29	0	0	0	100	0
Capirona	BD	5.55	2.56	0.12	3.87	610.85	21.41	18.56	2.38	0.47	0	0	0	100	0
Capirona	BD	5.57	3.84	0.17	21.08	429.32	24.96	20.14	4.43	0.35	0.04	0	0	100	0
Capirona	BD	5.56	1.92	0.09	38.29	323.31	15.89	13.93	1.72	0.2	0.04	0	0	100	0
Capirona	BD	5.42	1.28	0.06	24.09	402.82	11.62	7.53	1.28	0	0	2.55	0.25	75.86	24.14
Capirona	BD	4.97	3.2	0.14	3.01	339.22	19.11	16.55	2.22	0	0	0.26	0.09	98.22	1.78
Capirona	CA	5.72	4.48	0.2	8.6	416.07	11.48	9.83	1.17	0.43	0.05	0	0	100	0
Capirona	CA	4.99	5.76	0.26	3.87	401.49	15.75	13.53	1.88	0	0	0.26	0.09	97.84	2.16
Capirona	CA	5.27	3.2	0.14	10.75	324.64	11.87	8.03	1.89	0	0	1.7	0.26	83.53	16.47
Capirona	CA	5.02	3.84	0.17	4.3	192.13	19.15	17.13	1.77	0	0	0.17	0.09	98.67	1.33
Capirona	CA	6.02	3.84	0.17	12.48	267.66	17.66	14.06	2.97	0.58	0.05	0	0	100	0

Nota: Muestras Proporcionaladas por el interesado.

.....
Ing° José D. Lévano Crisóstomo
Jefe del Laboratorio de Suelos

C.c