

**CUANTIFICACIÓN DE CARBONO ALMACENADO EN CINCO USOS DE
SUELO FINCAS GANADERAS, MUNICIPIO DE GUACHUCAL,
DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

NANCY JOHANNA ERIRA QUITIAQUEZ

CRISTIAN FERNANDO FUELANTALA ORTEGA

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL
PASTO-COLOMBIA
2012**

**CUANTIFICACIÓN DE CARBONO ALMACENADO EN CINCO USOS DE
SUELO FINCAS GANADERAS, MUNICIPIO DE GUACHUCAL,
DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

NANCY JOHANNA ERIRA QUITIAQUEZ

CRISTIAN FERNANDO FUELANTALA ORTEGA

**Anteproyecto de tesis como requisito para optar el título en Ingeniería
Agroforestal**

**PRESIDENTE
DAVID OJEDA I.AF.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL
PASTO-COLOMBIA
2012**

NOTA DE RESPONSABILIDAD

Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva del autor.

Artículo 1^o del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

Firma del Presidente de tesis

Firma del jurado

Firma del jurado

San Juan de Pasto, Febrero de 2012

CONTENIDO

	PAG.
RESUMEN.....	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCION	8
MATERIALES Y METODOS	9
RESULTADOS Y DISCUSION	10
CONCLUSIONES.....	16
AGRADECIMIENTOS	17
BIBLIOGRAFIA	18

**CUANTIFICACIÓN DE CARBONO ALMACENADO EN CINCO USOS DE
SUELO FINCAS GANADERAS, MUNICIPIO DE GUACHUCAL,
DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

**QUANTIFICATION OF CARBON STORED IN LAND USES IN FIVE
LIVESTOCK FARMS MUNICIPALITY OF GUACHUCAL,
DEPARTMENT OF NARIÑO.**

Nancy Johanna Erira Q.¹

Cristian Fernando Fuelantala O.²

Javier Aníbal León Guevara.³

RESUMEN

Esta investigación se realizó en el municipio de Guachucal departamento de Nariño, a una altura de 3.087 msnm, y una latitud norte de 0° 57' 50" y a 77° 43' 50" de longitud al oeste de Greenwich; con una temperatura media de 11 ° C, y precipitación media anual de 940 milímetros. Se cuantificó el carbono almacenado en cinco usos de suelo (Bosque, pastura mejorada, pastura natural cerca viva natural y cerca viva plantada), a tres profundidades (15- 30 – 45 cm). Donde se evaluó once (11) fincas de productores ganaderos, tomando cuatro muestras de suelo de un kilogramo por cada profundidad, las cuales se llevaron a los laboratorios Especializados de la Universidad de Nariño según metodología Tropical Soil biology and Fertility progame (TSBF). Posteriormente, se analizó el carbono orgánico mediante análisis Walkley y Black, determinando el almacenamiento en cada una de las profundidades y por cada uso de suelo. A partir de los datos obtenidos se procedió a realizar un análisis de varianza, en el programa InfoStat, donde se encontraron diferencias significativas tanto para usos como para profundidades; presentando mayor almacenamiento de carbono el bosque con un promedio de 5,5 T C Ha⁻¹ en las tres profundidades; seguido de las pasturas con 3,61 T

¹ Estudiante de Ingeniería Agroforestal; Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. 2012. nancyerira@yahoo.es

² Estudiante de Ingeniería Agroforestal; Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. 2012. cris-f-7@hotmail.com

³ I.AF., MSc. Investigador del proyecto en Carbono y cambio climático departamento de Nariño. 2012. aleon@catie.ac.cr

C Ha⁻¹. Y bajo almacenamiento en los suelos provenientes de las cercas naturales y plantadas con un promedio de 3,48 T C Ha⁻¹.

Finalmente se concluye que existe una relación carbono almacenado – profundidad -- uso, determinando que a medida que incrementa la profundidad hay mayor almacenamiento de carbono; por lo tanto, los suelos de un bosque presentan mayor potencial de almacenamiento de carbono por la presencia de material vegetal en descomposición y porque estos suelos son menos expuestos a los diferentes factores que causan pérdida de carbono.

Palabras claves: Carbono almacenado, usos del suelo, cercas vivas

ABSTRACT

This research was conducted in the municipality of Guachucal Nariño department, at an altitude of 3,087 meters, a latitude of 0 ° 57 '50 "and 77 ° 43' 50" longitude west of Greenwich, with an average temperature of 11 ° C , and average annual rainfall of 940 mm. We quantified the carbon stored in five land uses (forest, improved pasture, natural pasture and natural living fence living fence planted), at three depths (15 - 30 - 45 cm). Where was evaluated eleven (11) farms livestock producers, taking four soil samples of one kilogram for each depth, which led to specialized laboratories at the University of Nariño as Tropical Soil Biology and Methodology Fertility program (TSBF). Where we analyzed organic carbon by analysis Walkley and Black, determining the storage in each one of the depths and each soil use. From the data we proceeded to implement an analysis of variance in the InfoStat program where it was found significant differences for both variables as uses as depths, it presented higher carbon storage in the forest with an average of 5.5 CTHa-1 in the three depths followed by pasture with 3.61 CT-1 Ha-1, under storage in soils from natural fences and planted with an average of 3.48 tC ha-1.

We conclude that there is a relationship between carbon stored - depth - use, determining that while depth increases there is a greater carbon storage and forest

soils have higher carbon storage potential because of the presence of decaying plant material and these soils are less exposed to the various factors which cause loss of carbon.

Keywords: use of the soil, life fences, storage carbon

INTRODUCCION

El cambio climático representa una de las amenazas más preocupantes para el medio ambiente global, debido al gran impacto negativo que está causando en la salud humana, la seguridad alimentaria, la economía mundial, los recursos naturales y la infraestructura física. (Eguren 2004).

El progresivo deterioro de los suelos del Departamento de Nariño es un problema derivado de un conjunto de factores tales como patrones de ocupación de la tierra insostenibles, la ampliación de la frontera agrícola, prácticas inadecuadas de manejo y la contaminación que conllevan a su destrucción, debido a un aprovechamiento por encima de su capacidad; rebajándose el potencial del suelo, lo cual se traduce en bajas producciones y rendimientos por unidad de área.(Corponariño Plan de Acción Trienal 2007- 2009).

Por esta razón es necesario adelantar nuevas estrategias y políticas apropiadas para el manejo de la agricultura y los bosques. Una opción se basa en la captura de carbono en los suelos y/o en las biomásas terrestres, sobre todo en las tierras usadas para la agricultura, ganadería o la forestación (Barbaran 1998), para obtener un pago por servicios ambientales, tales como se observa en otros países no desarrollados como México, Guatemala, donde se ha desarrollado experiencias en pago por servicios ambientales Ford-Prisma, 2002), y. (FAO. 2003), el cual soluciona gran parte del manejo del suelo, con proyección a la conservación del mismo.

Esta investigación tuvo como objetivo cuantificar y comparar el almacenamiento de carbono en suelo en diferentes compartimentos y en diferentes usos del suelo,

determinando a que profundidad hay mayor almacenamiento de carbono y en cual de los cinco usos de suelo hay mayor stock de carbono, siendo este uno de los objetivos del proyecto desarrollado por la Universidad de Nariño, la fundación Biofuturo, SAGAN, con la Financiación del Ministerio de Agricultura y desarrollo Rural denominado “*Evaluación y desarrollo de alternativas de mitigación frente al cambio climático en diferentes Agroecosistemas*”

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se desarrollò en el municipio de Guachucal, localizado a una altura de 3.087 msnm, temperatura media de 11 ° C, y precipitación media anual de 940 milímetros.

- Latitud: 0° 54’ 52’’ N (Limite con Cuaspud)
1° 01’ 53’’ N (Limite con Piedrancha y Sapuyes)
- Longitud: 77° 35’ 57’’ W (Páramo Paja Blanca)
77° 48’ 55’’ W (Laguna de La Bolsa).

Se seleccionaron once (11) fincas representativas del municipio según el clúster análisis realizado de 100 fincas analizadas en el proyecto “*Evaluación y desarrollo de alternativas de mitigación frente al cambio climático en diferentes Agroecosistemas*”, en donde se evaluó la captura de carbono bajo el suelo en diferentes compartimientos (tres profundidades 15,30,45 cm) y cinco usos del suelo (bosque, pastura natural , pastura mejorada, cerca viva natural y cerca viva plantada).

Para la toma de muestras de carbono en suelo, se tuvo en cuenta la metodología del Tropical Soil biology and Fertility programe (TSBF), en donde se seleccionaron 11 fincas ganaderas.

El muestreo se realizó en cada uso del suelo (pasturas mejoradas y naturales, bosque, cercas vivas plantadas y naturales) y a tres (3) profundidades; A: 0 – 15cm; B: 15 – 30cm y C: 30 – 45cm, determinando en Laboratorios especializados de la Universidad de Nariño la cantidad de carbono almacenado por medio del método de Walkley y

Black. Posteriormente se analizó el carbono por profundidad teniendo en cuenta la siguiente ecuación recomendada por MacDiken 1997.

$$CA = \%CO \times D_A \times P_S$$

Donde:

CA: Carbono almacenado;

%CO: Carbono en el suelo (%);

D_A: Densidad aparente (g/cm³);

P_S: Profundidad del suelo (cm).

Con los resultados obtenidos y mediante análisis estadístico y graficas de comparación se determinó las diferencias significativas de acumulación de carbono entre las diferentes profundidades y por usos del suelo

El análisis y comparación del carbono orgánico almacenado se realizó mediante un análisis estadístico con el programa INFOSTAT, análisis de ANDEVA y gráficos acumulativos, para determinar a qué profundidad hay mayor almacenamiento de carbono y establecer en que uso de suelo hay mayor stock de carbono.

RESULTADOS Y DISCUSION

Comparación de carbono almacenado por cada uso del suelo

USO BOSQUE (BO)

De acuerdo a los resultados obtenidos se encontró que para el uso Bosque, hay mayor almacenamiento de carbono en la profundidad C con un promedio de 2,67 T C Ha⁻¹; seguido de la profundidad B con un promedio de 2,08 T C Ha⁻¹ y por último la profundidad A con un promedio de 0,75 T C Ha⁻¹.

Orrego y Del valle (2001) en un estudio realizado en el noreste de Antioquia, siguiendo la metodología MacDicken (1997), encontraron en los primeros 30 cm de profundidad en el suelo para bosques primarios 99.24 t/ha⁻¹ y 93.60 t/ha⁻¹ para bosques secundarios, estos datos fueron obtenidos a profundidades de 30–45 cm. Cifuentes et al. (2004) encontraron existencias de carbono orgánico del suelo de 93,5 T C Ha⁻¹, con valores

similares entre bosques primarios y secundarios. Feldpausch et al. (2004) encontraron una tasa de acumulación de carbono en el suelo de 42 a 84 T C Ha⁻¹ hasta 45 cm de profundidad en bosques secundarios de 12 a 14 años.

Los valores obtenidos en este estudio son más bajos que lo reportado en la literatura, debido al diferencial en la velocidad de descomposición de la materia orgánica de las especies dominantes en cada zona teniendo en cuenta que la zona de estudio y el uso de tierras ha estado en constante variación por la mala práctica agrícola que se da en esta región, ya sea con maquinaria o el mal manejo de insumos agrícolas en los terrenos.

USO PASTURAS (PN vs PM)

Para el uso de Pastura Natural (PN) y Pastura Mejorada (PM), presentó diferencias significativas con unos resultados que se encuentran entre (A) 0,56 PN y PM 0,69 T C Ha⁻¹, (B) 1,03 y 1,19 T C Ha⁻¹, y (C) 1,61 y 1,73 T C Ha⁻¹, Amézquita *et al* (2008), reporta que la evaluación de suelos para almacenamiento de carbono en pasturas mejoradas (*Brachiaria decumbens*) a 20 cm de profundidad existe un promedio de 14,1 T C Ha⁻¹, en donde las gramíneas mejoradas presentan mayor desarrollo de biomasa radicular en las partes más profundas del perfil del suelo, (0-20 centímetros), lo que permite mayor acumulación de carbono en el suelo. Encontrando así que la PM tiene mayor capacidad de carbono almacenado en la profundidad de 45 cm, corroborando lo que mencionan los estudios de Fisher et al, (1994), en donde las pasturas con base en gramíneas "mejoradas" secuestran más Carbono en partes profundas del perfil del suelo, generalmente debajo de la capa arable (30-45 cm). Esta característica hace que este carbono este menos expuesto a los procesos de oxidación y por tanto su pérdida como gas de invernadero.

Ingram y Fernández, (1999), citados por Medina Cristóbal (2007) indican que los niveles actuales del almacenamiento de carbono en el suelo con pasturas están controlados por factores de reducción entre los cuales están las pérdidas directas por erosión, lixiviación y volatilización y se presenta mucho más en pasturas naturales, ya que estas no se presentan en el suelo en forma uniforme sino en forma dispareja o desordenada (forma de parches), por las causas del manejo de residuos de las cosechas y pisoteo por sobrepastoreo hacen que puedan limitar la cantidad de carbono que se

almacena en el suelo; además los valores de esta investigación son relativamente bajos, y puede darse por que el tipo de especies que utilizo el autor y las especies de pastura mejorada de esta investigación que son muy diferentes lo que hace que el almacenamiento en el suelo también cambie, además de tener en cuenta las condiciones climatológicas, fisiológicas, y topográficas que presentan las dos investigaciones.

USO CERCAS (CN y CP)

Para el uso de cerca viva con especies nativas y cerca viva con especies introducidas no se encontró diferencias significativas en la profundidad de 0-15 cm, teniendo en cuenta que el carbono almacenado se encuentra entre 0,65 y 0,62 T C Ha⁻¹, dependiendo de la edad, del manejo de la especie (cortes o podas, fertilización o algún tipo de manejo) las concentraciones de carbono almacenado en el suelo aumentan con la profundidad del suelo teniendo 1,09 y 1,13 T C Ha⁻¹ para la profundidad (B) y 1,52 y 1,73 T C Ha⁻¹ en (C) teniendo en cuenta que a mayor profundidad, la concentración va a ser mayor pero se mantendrá la diferencia entre cercas. El total de carbono almacenado en CN es de 3,26 T C Ha⁻¹ y en CP 3,48 T C Ha⁻¹, encontrando que en las siguientes profundidades si se encuentran diferencias de almacenamiento de carbono; por lo tanto, las especies introducidas tienen mayor almacenamiento de carbono en el suelo, y se da por el rápido crecimiento que tiene las plantas introducidas

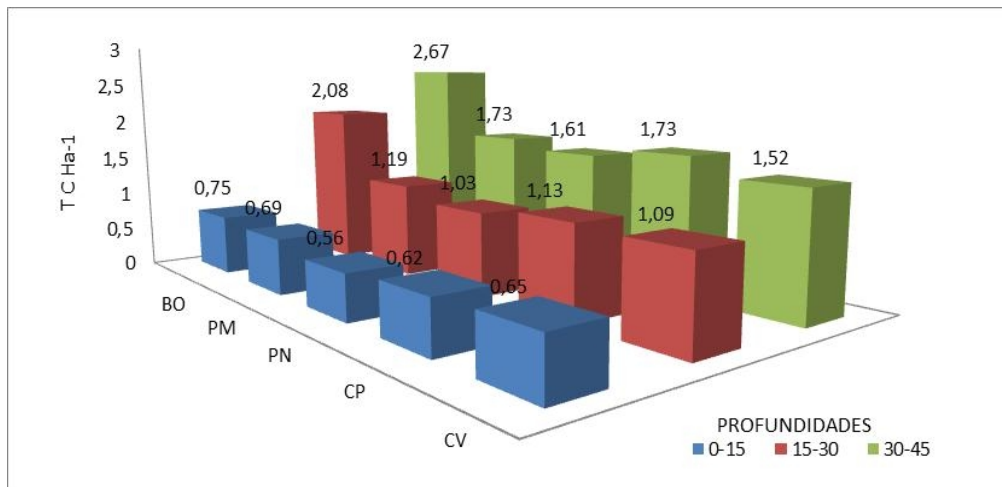
Albrecht y Kandji (2003) reportan almacenamiento de carbono similares para sistemas silvopastoriles (cortinas rompevientos) en zonas bajas húmedas de Sudamérica (39-102 T C Ha⁻¹). La cantidad de C almacenado en las cercas vivas con especies introducidas ha sido estimada en 16 a 48 T C Ha⁻¹ (Houghton *et al.*, 1985). Sin embargo, Fisher *et al.* (1994) calcularon 1,5 a 5 veces más la cantidad de C en el suelo a una profundidad de 1 m en los Llanos Orientales de Colombia.

El uso del suelo que presenta menor almacenamiento de carbono es el de cercas vivas en comparación con las investigaciones citadas anteriormente, lo cual puede ser por aspectos de biodiversidad en especies, menor tasa fotosintética por las condiciones climáticas que puede tener cada especie al adaptarse a la zona y a la degradación y mal manejo del suelo.

Tabla 1 promedio de carbono almacenado por profundidad del suelo

Profundidad T C Ha ⁻¹	Promedio	
C 30-45	1,62	a
B 15-30	1,19	b
C 0-15	0,76	c

Grafica No 1. Comparación de promedios de Carbono almacenado en T Ha⁻¹, por cada uso suelo



Fuente: Este estudio (2012)

Comparación de carbono almacenado por usos de suelo

El análisis de varianza muestra que hay diferencias altamente significativas entre usos de suelo, determinando que el uso BO almacena mayor cantidad de carbono con un promedio de 1,69 T C Ha⁻¹; seguido de la PM con un promedio de 1,21 T C Ha⁻¹. Posteriormente se encuentran la CN y CP con un promedio de 1,09 y 1,01 T C Ha⁻¹ respectivamente y por último la PN con un promedio de 0,97 T C Ha⁻¹. De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio se puede concluir que los suelos vírgenes tienen

mayor potencial de almacenamiento de carbono que para este estudio es el suelo de los bosques. Esto puede explicarse por la disposición de material orgánico por medio del aporte directo de las raíces o por el transporte de residuos orgánicos a través del perfil por la meso y macrofauna. Diekow *et al.* (2005).

Tabla 2. Promedio de carbono almacenado en T C Ha⁻¹ en los cinco usos de suelo

Uso	Promedio T C Ha ⁻¹	
Bosque (BO)	1,69	a
P. mejorada (PM)	1,21	a b
C. natural (PN)	1,09	b
C. plantada (CP)	1,01	b
P. natural (PN)	0,97	b

**letras diferentes = diferencias significativas*

Bosque (BO): De acuerdo a la tabla 2 se encontró que este uso de suelo presentó mayor almacenamiento de carbono, lo que podría explicarse por la acumulación de materia orgánica proveniente de la hojarasca y de las raíces de los árboles. Además el suelo del BO está menos expuesto a los factores climáticos principalmente la temperatura, y a los procesos más importantes que causan pérdidas de carbono del suelo como la erosión, la mineralización de la materia orgánica y la lixiviación. (Robert 2002),

Pastura mejorada (PM): La gran cantidad de carbono en estos suelos es posible por las gramíneas en evaluación, quienes aportan al suelo a través de exudados de la raíz y por muerte de raíces finas. Para este estudio se reporta 1,21 T C Ha⁻¹. El sistema desarrollado por las pasturas mejoradas permite desarrollar sistemas radicales

profundos; lo cual puede contribuir fuertemente en la productividad primaria neta de las especies y por tanto en la capacidad de inmovilización de carbono y su almacenamiento (Botero, 2001).

Para pasturas en degradación es indispensable la renovación con especies mejoradas, las cuales deben mostrar estrategias de uso del suelo que aporten a la recuperación y la conservación de los ecosistemas locales, mejorando de manera progresiva la integridad de los mismos (CSDAC, 2004).

Datos reportados de pasturas tropicales en Latinoamérica muestran cómo el establecimiento de pasturas mejoradas logra aumentar los niveles de carbono bajo el suelo. En Brasil, el establecimiento de pasturas mejoradas en áreas deforestadas provocó incrementos en la acumulación de carbono orgánico (De Camargo et ál. 1999). Esto difiere con lo mencionado por Ramos, 2003 en un estudio realizado en Puntarenas, Costa Rica, evaluó tres usos de suelo (PmA= pastura mejorada con árboles, Pd= pastura degradada y Bs = Bosque secundario) a tres profundidades (0- 20, 20 -40, 40 – 60 cm), encontró que PmA (64.44 t ha⁻¹) y Pd (63.11 t ha⁻¹) fueron significativamente mayores que Bs (41.41 t ha⁻¹) Al comparar con los resultados reportados en este estudio, Ramos encontró que la PmA almacena mayor carbono en el suelo y el que almacena menor cantidad de carbono es el Bs, estas diferencias pueden deberse a que la pastura mejorada evaluada por Ramos tiene presencia de arboles los cuales pueden aumentar la cantidad de humus y materia orgánica a través de la hojarasca lo que mejoraría la calidad del suelo y por ende la cantidad de carbono almacenado.

Pastura Natural (PN): Las pruebas realizadas mostraron que para este uso hay diferencias significativas con el uso (BO) y (PM), reportando un promedio de 0,97 T C Ha⁻¹. Estos resultados son similares a los obtenidos por Alegre *et al.* (2002); Quienes evaluaron las reservas de carbono según el uso de la tierra en dos sitios de la Amazonia Peruana, encontrando que a una profundidad de 40 cm, el bosque almacenó 76,81 T C Ha⁻¹ y la pastura degradada 35,74 T C Ha⁻¹, lo que indica claramente que el bosque en comparación con la pastura natural, tiene un gran potencial para almacenar carbono, esto se debe a que la pastura degradada no tiene un manejo adecuado para evitar la pérdida de nutrientes y la movilización del carbono.

Según Post y Kwon 2000, los menores contenidos en este uso del suelo se deben al efecto de la edad, el historial de usos de la tierra, las entradas y salidas de materia

orgánica del sistema y el manejo de estos usos de la tierra. Para los suelos con uso ganadero o agrícola, pueden encontrarse deficiencias en las propiedades físicas y químicas por los bajos procesos de prácticas de manejo, como rotación, fertilización, baja o alta carga animal, y renuevo de pastura, la que puede desencadenarse la degradación no solamente del suelo como de la pastura. Las condiciones físicas y biológicas del suelo y la historia de las entradas de material orgánico a los suelos pueden determinar las tasas de cambio de carbono orgánico bajo el suelo cuando la vegetación y las prácticas de manejo han cambiado, tal como en la eliminación de bosque para establecer pasturas.

Carbono en el suelo en Cerca Natural (CN) y Cerca Plantada (CP): El análisis estadístico realizado mostro en la prueba de Tukey, que el carbono almacenado presentó similitud entre los dos usos. El almacenamiento de carbono en promedio para CN fue de $1,09 \text{ TC Ha}^{-1}$ y $1,01 \text{ T Ha}^{-1}$ para CP.

Al comparar los datos encontrados en este estudio con los de Muñoz . 2007, se observó que hay una diferencia significativamente alta en relación a la cantidad de carbono almacenado, esto se debe a que los sistemas Acacia – Quishuar y Aliso – Retama fueron establecidos bajo un sistema de manejo con el objetivo de encontrar alternativas de producción sostenible para el agricultor minifundista de la zona andina del Ecuador. Además son especies que mejoran las condiciones del suelo, aumentan el ciclaje de nutrientes, como también mejoran la fertilidad y los contenidos de materia orgánica, que por el contrario la CN y la CP evaluadas en este estudio, presentan diferentes especies que no han recibido un manejo adecuado para mejorar las condiciones ambientales y económicas de los productores de esta zona.

CONCLUSIONES

- El perfil que almaceno mayor cantidad de carbono en los cinco usos de suelo fue el C (30- 45 cm) con un promedio de $1,62 \text{ TC Ha}^{-1}$, seguido del perfil B (15- 30 cm) con un promedio de $1,19 \text{ TC Ha}^{-1}$, y por último el perfil A con un promedio de $0,76 \text{ TC Ha}^{-1}$

- El uso de suelo con mayor potencial de almacenamiento fue el bosque (BO) con un promedio de $1,69 \text{ TC Ha}^{-1}$, seguido de la pastura mejorada (PM) con un promedio de $1,21 \text{ TC Ha}^{-1}$, luego se encuentran las cercas vivas tanto natural (CN) como plantada (CP) con un promedio de $1,09$ y $1,01 \text{ TC Ha}^{-1}$ respectivamente; y el uso que almaceno menor carbono fue la pastura natural (PN) con un promedio de $0,97 \text{ TC Ha}^{-1}$.
- Se encontró diferencias significativas en la comparación de BO con PM, PN, CVP y CVN, donde el mayor carbono almacenado en el suelo fue en BO a la profundidad de 45 cm.
- Al comparar PM y PN se encontró diferencias significativas siendo así que el mayor almacenamiento de carbono en el suelo fue en PM en una profundidad de 45 cm.
- Comparando CVP y CVN, las diferencias no son significativas en la primera profundidad de 0-15 cm, pero en 15-30 cm y 30-45 cm si hubo diferencias significativas, siendo así que el mayor almacenamiento de carbono almacenado en el suelo fue en CVP.

AGRADECIMIENTOS

Especial agradecimiento a nuestro presidente de tesis MSc. JAVIER ANIBAL LEÓN GUEVARA por su asesoría, orientación, colaboración, apoyo y dedicación durante el proceso de desarrollo de esta investigación.

Especial agradecimiento a I.AF JORGE VELEZ, por su amistad, consejos y ayuda desinteresada.

A la Facultad de Ciencias Agrícolas, al programa de Ingeniería Agroforestal, al personal docente y administrativo.

A todas las personas que de una u otra forma hicieron posible el desarrollo y culminación de esta investigación.

BIBLIOGRAFIA

ALEGRE; ARÉVALO, L., RICSE, R. Reservas de Carbono con Diferentes Sistemas de Uso de la Tierra en dos Sitios de la Amazonia Peruana. ICRAF/INIA. 2002 Perú. 9 p.

AMEZQUITA, IBRAHIM, M; BOURMAN, P. Carbon sequestration in pasture, agropastoral and silvopastoral systems in the American tropical forest ecosystem. In Mannelje, L; Ramirez, L; Ibrahim, M; Sandoval, C; Ojeda, N; Ku, J. eds. The importance of silvopastoral system in rural livelihoods to provide ecosystem services. 2nd International Symposium on silvopastoral systems. 2003. p 304-306.

BARBARAN G. Determinación de biomasa y carbono en los principales sistemas de uso del suelo en la zona de Campo Verde. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa, Ucayali, Perú. 1998. 54 p.

CIFUENTES; JOBSE, J; WATSON, V; KAUFFMAN, B. (s.f.). Determinación del carbono total en suelos de diferentes tipos de uso suelo de la tierra a lo largo de una gradiente climática en Costa Rica. San Jose, Costa Rica. 12 p.

CORPONARIÑO. Plan de Acción Trienal 2007 – 2009. San Juan de Pasto. 2007. p. 73.

DAZA, M. DELGADO, I. Cuantificación del Carbono Secuestrado en la biomasa radical de Laurel de Cera *Morella pubescens* Humb. & Bonpl. Ex Willd. Wilbur en dos agroecosistemas en el municipio de San Pablo, Departamento de Nariño, Trabajo de grado. (Ingeniero Agroforestal), Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas, Programa de Ingeniería Agroforestal Pasto, 2008.

DIEKOW, J., MIELNICZUK, J., KNICKER, H., BAYER, C, DICK, D.P., KO GEL-KNABNER, I. Soil C and N stocks as affected by cropping systems and nitrogen fertilization in a southern Brazil Acrisol managed under no-tillage for 17 years. *Soil and Tillage Research* 81, 87-95. 2005

EGUREN, Lorenzo. El mercado de Carbono en América Latina y el caribe: Balance y perspectivas. Santiago de Chile: CEPAL, 2004. 83 p. (Serie Medio Ambiente y Desarrollo).

FELDPAUSCH, TR; RONDON, MA; FERNANDES, EC; RIHA, SJ; WANDELLI, E. Carbon and nutrient accumulation in secondary forests regenerating on pastures in central Amazonia. *Ecological Applications* 14(4):164-176. 2004

FISCHER, MJ; RAO, IM; AYARZA, MA; LASCANO, CE; SAENZ, JI; THOMAS, JR; VARA, RR. Carbon storage by introduced deep rooted grasses in the South American Savannas. *Nature* 371: 236-238. 1994

GONZALES, Ángela y RIASCOS, Eliana. 2007 FORD-PRISMA, 2002), FAO. 2003). Panorama latinoamericano del pago por servicios ambientales. Vol. 10 N. 2

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

MUÑOZ HIDALGO, Johanna. Cuantificación del carbono almacenado en dos sistemas Agroforestales en la estación experimental santa catalina - Iniap. Ecuador. Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agroforestal. Pasto Colombia. 2007 123 p.

ORREGO, S.; DEL VALLE, J. y MORENO, F. Medición de la captura de Carbono en ecosistemas forestales tropicales de Colombia: Contribuciones para la mitigación del cambio climático. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2003. p 169-188.

POST, WM; KWON, KC. 2000. Citado por Muhammad Ibrahim; Mario Chacón; César Cuartas; Juan Naranjo; Guillermo Ponce; Pedro Vega; Francisco Casasola; Jairo Rojas. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. Costa Rica, Agroforestería en Las Américas ISSN: 1022-7482, 2007 vol: 45 fasc: 1 págs: 1-7.

RAMIREZ, O; GOMEZ, M. Estimación y valoración económica del almacenamiento de carbono. Revista Forestal Centroamericana. 1999. 27: 17-22 p.

RAMOS, Raúl. Fraccionamiento del carbono orgánico del suelo en tres tipos de uso de la tierra en fincas ganaderas de San Miguel de Barranca, Puntarenas. Tesis como requisito parcial para optar por el grado de Magíster Scientiae. Turrialba, Costa Rica. 2003CATIE 96 p.

ROJAS, J. Secuestro de carbono y uso de agua en sistemas silvopastoriles con especies maderables nativas en el trópico seco de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 2005 71 p.

TATTENBACH, F; PEDRONI, L. Desarrollo limpio en Costa Rica y Centroamérica. Revista Forestal Centroamericana 1999 27: 6-9.

VALERO, E. El ciclo del carbono en el sector forestal: Los bosques como sumideros de carbono: una necesidad para cumplir en el protocolo de Kyoto. Madrid, ES, Universidad del Vigo. 2004. 11 p.