

**ESTIMACIÓN DEL ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN PRADERAS DE
LOS MUNICIPIOS DE PUPIALES, GUACHUCAL Y CUMBAL***

**JUAN CARLOS HORMAZA CHAMORRO
JARVI ALBEIRO ROSERO CEBALLOS**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PROGRAMA INGENIERIA AGRONOMICA
PASTO
2012**

**ESTIMACIÓN DEL ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN PRADERAS DE
LOS MUNICIPIOS DE PUPIALES, GUACHUCAL Y CUMBAL***

**JUAN CARLOS HORMAZA CHAMORRO
JARVI ALBEIRO ROSERO CEBALLOS**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero
Agrónomo**

**ASESOR:
JORGE FERNANDO NAVIA ESTRADA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PROGRAMA INGENIERIA AGRONOMICA**

PASTO

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, Noviembre de 2012

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN	9
MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
RESULTADOS Y DISCUSION	13
CONCLUSIONES.....	22
AGRADECIMIENTOS.....	23
BIBLIOGRAFIA	24

**Estimación del almacenamiento de carbono en praderas de los municipios de
Pupiales, Guachucal y Cumbal***

**Estimate of the storage of carbon in prairies of the municipalities of Pupiales,
Guachucal and Cumbal**

1. Juan Carlos Hormaza Chamorro

1. Jarvi Albeiro Rosero Ceballos

2. Jorge Fernando Navia Estrada

RESUMEN

El estudio se realizó en los municipios de Guachucal ($0^{\circ}59'37''$ N y a $77^{\circ}43'50''$ W), Cumbal ($0^{\circ}55''$ N y $77^{\circ}48''$ W) y Pupiales ($0^{\circ}54'N$ y $77^{\circ}39'W$); con el objeto de estimar el almacenamiento de carbono en el suelo y en labiomasa aérea de usos de suelo como praderas naturales (*Penisetum clandestinum*, *Trifolium repens* y *Holcus lannatus*) y mejoradas (*Lolium sp*, *Phalaris sp*, *Trifolium pratense* y *Medicago sativa*) a diferentes profundidades (0-15cm; 15-30cm; 30-45cm). Se seleccionaron 5 fincas, en donde la unidad experimental estaba constituida de una parcela de 200 m², en la cual se realizaron diez aforos en zic-zac, se cortó el pasto a ras de suelo y se peso para determinar la producción de forraje por hectárea determinando la producción de biomasa aérea en tn /ha; se tomaron las raíces presentes a las tres profundidades, se lavaron, secaron y fueron llevadas a los laboratorios de la Universidad de Nariño para determinar el carbono orgánico. Se tomo un kilo de suelo de diferentes profundidades según la metodología MacDicken (1997) y a tres profundidades mediante la utilización de cilindros metálicos. Los resultados mostraron que (*Penisetum clandestinum*, *Trifolium repens* y *Holcus lannatus*) fue quien almaceno mas carbono en la profundidad 0-15 cm en los tres municipios, con (11.15 tn/ha de C) y la profundidad donde menos se almaceno carbono fue la profundidad 30-45 cm, (*Penisetum clandestinum*, *Trifolium repens* y *Holcus lannatus*) también mostro un almacenamiento significativo en la profundidad 0-15 cm con 9,43 tn/ha de C en los tres municipios y en la profundidad 30-45 cm se presentó el menor almacenamiento con 7,12 tn/ha de C. En cuanto a la producción por ha fue 11.21 en el caso de (*Penisetum clandestinum*, *Trifolium repens* y *Holcus lannatus*) menor a la de (*Lolium sp*, *Phalaris sp*, *Trifolium pratense* y *Medicago sativa*) con 10.88 tn/ha de C. En la biomasa radicular se encontró 52.31 tn/ha de C a los 15

cm, 51.58 tn/ha de C a los 30 cm y 52.3 tn/ha de C a los 45 en (*Penisetum clandestinum*, *Trifolium repens* y *Holcus lannatus*) y menor a lo encontrado en (*Lolium sp*, *Phalaris sp*, *Trifolium pratense* y *Medicago sativa*) con 48.46 tn/ha de C; 48.07 tn/ha de C; 47.54 tn/ha de C respectivamente (15 cm,30 cm,45 cm).

Palabras clave: cambio climático, pradera natural, pradera mejorada, CO₂.

* Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Ingeniero Agrónomo.

1 Estudiantes de Ingeniería Agronómica. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto, Colombia. E-mail; rofeco1717@hotmail.com; j.ceballos87@hotmail.es. 2012.

2 I. AF. Ph.D. Profesor Tiempo Completo. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Ingeniería Agroforestal. E-mail;jornavia@hotmail.es.2012.

ABSTRACT

The study was conducted in the municipalities of Guachucal (0 ° 59'37 N and 77 ° 43'50 W), Cumbal (0 ° 55 "N and 77 ° 48 'W) and Pupiales (0 ° 54'N and 77 ° 39' W) in order to estimate the carbon storage in soil and air labiomasa land uses and natural grasslands (*Penisetum clandestinum*, *Trifolium repens* and *Holcus lannatus*) and improved (*Lolium sp*, *Phalaris sp*, *Trifolium pratense* and *Medicago sativa*) at different depths (0-15cm, 15-30cm, 30-45cm). 5 farms were selected, where the experimental unit consisted of a plot of 200 m², in which there were ten zic-zac haircuts, cut the grass at ground level and weighed to determine forage production per hectare determining the biomass production in tons / ha roots were taken at three depths present, washed, dried and were taken to the laboratories of the University of Nariño to determine organic carbon. It took one kilo of soil at different depths according to the methodology MacDicken (1997) and three depths using metal cylinders. The results showed that (*Penisetum clandestinum*, *Trifolium repens* and *Holcus lannatus*) was who I store more carbon in the 0-15 cm depth in the three municipalities, with (11.15 tons / ha of C) and the depth where less carbon was stored was 30-45 cm depth, (*Penisetum clandestinum*, *Trifolium repens* and *Holcus lannatus*) also showed a significant storage depth 0-15 cm with 9.43 tons / ha of C in the three municipalities and 30-45 cm

depth is storage had the lowest with 7.12 tn / ha of C. Regarding the production per hectare was 11.21 in the case of (*Penisetum clandestinum*, *Trifolium repens* and *Holcus lannatus*) lower than in (*Lolium spp*, *Phalaris sp*, *Trifolium pratense* and *Medicago sativa*) with 10.88 tons / ha of C. In root biomass was found 52.31 tn / ha of C at 15 cm, 51.58 tons / ha of C at 30 cm and 52.3 tons / ha in the 45 C (*Penisetum clandestinum*, *Trifolium repens* and *Holcus lannatus*) and less to that found in (*Lolium spp*, *Phalaris sp*, *Trifolium pratense* and *Medicago sativa*) with 48.46 tons / ha of C; 48.07 tons / ha of C, 47.54 ton / ha of C respectively (15 cm, 30 cm, 45 cm).

Keywords: climate change, natural grassland, improved pasture, CO₂.

INTRODUCCIÓN

La tierra está cubierta por gases que permiten la entrada de energía solar, la cual calienta su superficie. Este es un efecto natural que mantiene a la tierra con una temperatura promedio arriba del punto de congelación y permite la vida. Sin embargo algunos de los gases en la atmósfera, llamados gases de efecto invernadero (GEI), impiden el escape de este calor hacia el espacio, incrementando la concentración de radiación calórico en la atmósfera baja y calentando la tierra. Las actividades de los humanos en los últimos tiempos (sobre la segunda mitad del siglo pasado), han incrementado la producción de GEI (principalmente de CO₂, CH₄ y N₂O), lo que acelera y agrava el problema de calentamiento de la tierra (Beaumont, 1999).

El aumento de las concentraciones de CO₂ se constituye en un verdadero problema ecológico ya que los gases se dispersan sobre toda la atmósfera en lugar de concentrarse alrededor de su lugar de emisión, ocasionando un calentamiento global que se manifiesta en todos los lugares de la tierra. (Forero, 2000).

El CO₂ es uno de los principales gases que aumenta el efecto de invernadero; sin embargo este es capturado de la atmósfera mediante la fotosíntesis en las plantas. Al mismo tiempo que las plantas crecen y mueren, el carbono de la planta entra al suelo, donde puede ser almacenado o secuestrado en la materia orgánica del suelo a medida que se descompone, tanto en la superficie del suelo y en sus diferentes profundidades. (Schlesinger, 1995 citado por Fischer, 1998).

Skjemstad *et al.*, 1996 manifiesta que una de las principales soluciones utilizadas en el manejo de las pasturas es el control del pastoreo -intensidad, frecuencia, estacionalidad y también un mejor manejo del fuego para el control de las especies leñosas. Otras soluciones incluyen el mejoramiento del suelo y la calidad de los pastos.

En un experimento hecho en Cuba por Taymer M., R. Machado, Hilda Machado y P. Duquesne el carbono almacenado por el sistema silvopastoril fue mayor que el secuestrado en el sistema de pasto natural. El carbono forestal y el retenido en los pastos y en el suelo alcanzó valores de 64,38 y 24 t/ha, respectivamente. El sistema silvopastoril secuestró 126 t

de carbono, a diferencia del sistema de pasto natural que solo alcanzó 32 t/ha en el año de evaluación.

El presente trabajo se realizó con el objetivo de estimar el almacenamiento de carbono en suelos y en la biomasa radicular a tres profundidades (0-15 cm; 15-30 cm; 30-45 cm) en pradera natural (*Penisetum clandestinum*, *Trifolium repens* y *Holcus lannatus*) y mejorada (*Lolium* sp., *Phalaris* sp., *Trifolium pratense* y *Medicago sativa*) en los municipios de Pupiales, Cumbal y Guachucal en el departamento de Nariño.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó durante los meses de junio y agosto de 2009, en los municipios de Pupiales ubicado entre los 0° 54' de Latitud Norte y 77° 39' de longitud al Oeste de Greewinch a una altura de 3.014 msnm, temperatura de 12 grados centígrados; Guachucal ubicada a una latitud norte de 0°59'37" y a 77°43'50" de longitud al oeste de Greenwich a una altura de 3.180 msnm, temperatura de 10 grados centígrados; y Cumbal localizado a 0° 55" de Latitud Norte y 77°48" de Longitud Oeste del meridiano de Greenwich a una altura promedio de 3.050 m.s.n.m, temperatura de 10 grados centígrados. (www.pupiales-narino.gov.co; www.guachucal-narino.gov.co; www.cumbal-narino.gov.co)

En cada municipio se seleccionaron cinco fincas que representaron los siguientes tratamientos; tratamientos con pradera natural (*Penisetum clandestinum*, *Trifolium repens* y *Holcus lannatus*) y mejorada (*Lolium sp*, *Phalaris sp*, *Trifolium pratense* y *Medicago sativa*), y los subtratamientos fueron tres profundidades de suelo: 0-15cm, 15-30cm, 30-45cm, la edad de la pastura no debía ser inferior a tres años.

En cada finca se seleccionó una unidad experimental de 200 m², en la cual se realizaron diez aforos al azar, en cada uno de los aforos se lanzó una cuadrícula hecha en tubos de PVC que presentaba unas dimensiones de 50 cm cuadrados, mediante la utilización de machete se cortó el pasto a ras de suelo y se pesó inmediatamente en fresco para obtener producción de materia verde.

La época de la toma de muestras fue en cosecha o pastoreo, que correspondía según los agricultores a tres meses después del periodo de ocupación.

Se hicieron muestreos de suelo a tres profundidades: 0-15cm, 15-30cm y 30-45 cm, mediante la utilización de cilindros metálicos con dimensiones de diez centímetros de diámetro y quince centímetros de alto; el cilindro fue ubicado sobre la superficie del suelo (previamente retirada la capa vegetal que lo cubría). Para facilitar la entrada del cilindro en el suelo se utilizó una herramienta metálica colocada sobre el borde del cilindro, la cual era golpeada en la parte superior, buscando así que el cilindro penetrara en el suelo, se homogenizó el suelo de acuerdo a cada profundidad y fueron tomados dos kilogramos tanto

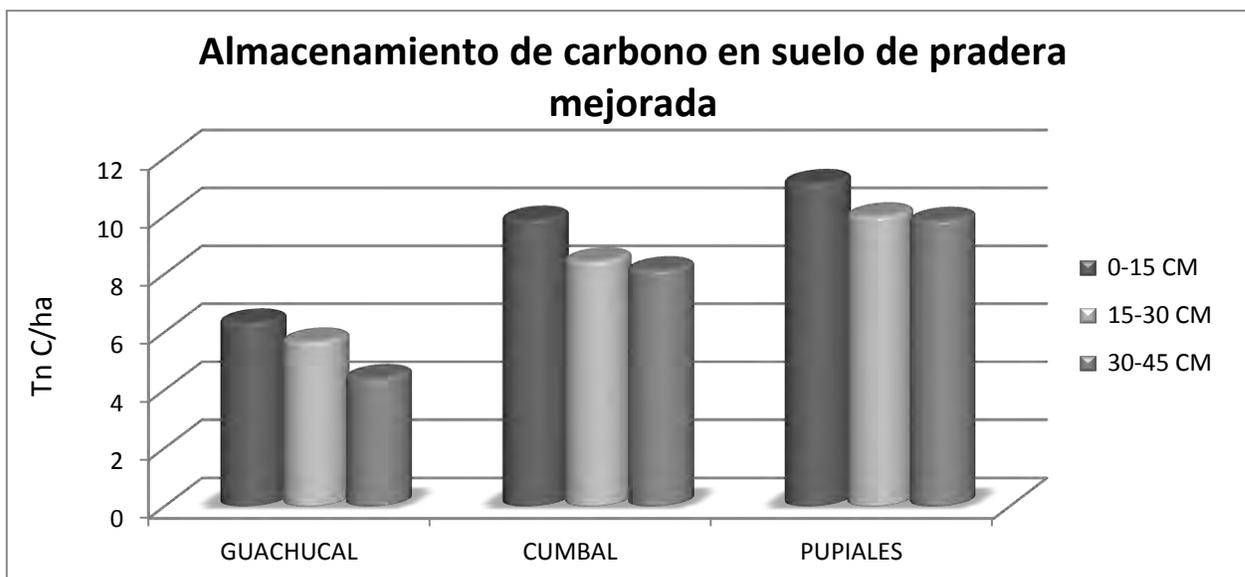
para análisis de carbono orgánico en el suelo como para la extracción de raíces, la cual se hizo mediante el uso de un tamiz metálico, la raíces se lavaron, secaron y fueron llevadas a los laboratorios de la Universidad de Nariño para determinar el carbono orgánico presente. El contenido de carbono será reportado en kg/ha y transformado a ton/ha. Para determinar el contenido de carbono, es necesario conocer la densidad aparente del suelo. Para esto se utiliza el método del “Cilindro de volumen conocido” descrito por MacDicken (1997) como se presenta a continuación:

1. Utilizar un cilindro de volumen conocido.
2. Preparar la superficie del suelo a la profundidad deseada.
3. Introducir el cilindro en el suelo sin comprimir el mismo.
4. Colocar la muestra en una bolsa plástica numerada y obtener peso húmedo (p_1), para llevar al laboratorio y secar en un horno a 105° C hasta peso constante.
5. Después de secar, pesar nuevamente (p_2).
6. Calcular la densidad aparente: $D_a = \text{Peso seco} / \text{Volumen del cilindro}$.

Los datos obtenidos se analizaron mediante el diseño de parcelas divididas y prueba de comparación de medias LSD a un nivel de significancia del 0.05 mediante el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System).

RESULTADOS Y DISCUSION

Como se puede observar en la gráfica 1 en el municipio de Pupiales, el mayor almacenamiento de carbono en el suelo se presenta en la profundidad 0-15 cm con 11,15 t C/ha, mientras que en la profundidad 15-30 cm se presenta un almacenamiento de 9,99 t C/ha, siendo la profundidad 30-45 cm donde se presenta el menor almacenamiento con 9.84 t C/ha. De la misma manera en el municipio de Cumbal el mayor almacenamiento de carbono en el suelo se presenta en la profundidad 0-15 cm con 9,88 t C/ha, mientras que en la profundidad 15-30 cm se presenta un almacenamiento de 8,44 t C/ha, siendo la profundidad 30-45 cm donde se presenta el menor almacenamiento con 8,13 t C/ha. Así mismo en el municipio de Guachucal el mayor almacenamiento de carbono en el suelo se presenta en la profundidad 0-15 cm con 6,33 t C/ha, en la profundidad 15-30 cm con 5,67 t C/ha, siendo la profundidad 30-45 cm donde se presenta el menor almacenamiento con 4,4t C/ha, con estos resultados podemos concluir que el mayor almacenamiento de carbono se presentó en la primer profundidad (0-15 cm) mientras que el menor almacenamiento se presentó en la tercer profundidad (30-45 cm).



Grafica 1. Almacenamiento de carbono en suelo de pradera mejorada

McVay y Rice (2002), manifiesta que el suelo constituye la segunda fuente más grande de carbono a nivel mundial; sin embargo, al parecer los resultados contradicen este planteamiento. Ello se justifica a partir de las evidencias expuestas por Arias et al. (2001),

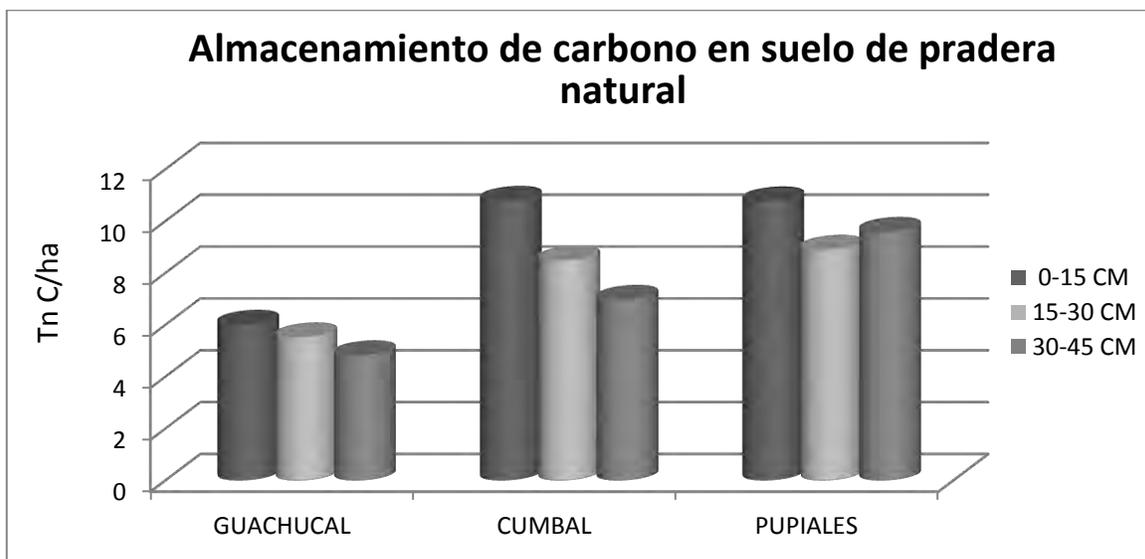
quienes aseguran que el 75% del carbono orgánico del suelo se localiza entre los 20 y 80 cm.

En un trabajo basado en los estudios de Robert M. (2002) afirma que las praderas también tienen un gran potencial de captura de carbono, especialmente las tierras degradadas o sobrepastoreadas pueden ser restauradas a un nivel de mayor productividad aplicando algunas medidas como la siembra en fajas de leguminosas que cubran una pequeña parte del total de la superficie, fertilizando con fosfatos en las fajas y alternando el pastoreo con períodos de reposo de la tierra. El incremento de la productividad primaria inicia así un ciclo con una mejor cobertura y una mayor masa de raíces en el suelo, más bioporosidad y una tasa mayor de infiltración, reducción de la escorrentía y la erosión y más humedad disponible para la vegetación. Este proceso da lugar a un incremento importante de la materia orgánica estable en el suelo, incluso en las capas más profundas. Prácticas como las nombradas por el autor serían de gran necesidad para así poder incrementar el almacenamiento de carbono en los suelos además de las buenas condiciones de las praderas y también la producción.

En los Llanos colombianos Fisher et al, (1994), determinaron 234 t C/ha en una pastura asociada de *Andropogon gayanus-Stylosanthes capitata*, almacenado en un período de 6 años, comparado con 186 t/ha de la pastura no mejorada. En el trópico húmedo de Costa Rica, estudios del contenido de carbón total (CT) en el suelo mostraron valores entre 47.9 y 52 t/ha en pasturas asociadas con *Brachiaria brizantha-Arachis pintoi*, contra 53,3 t C/ha del bosque primario en las mismas condiciones edáficas y climáticas (Ibrahim 1994, Torres 1995, Abarca 1996). En comparación con el estudio realizado se encontró que la siembra de una leguminosa junto con una gramínea aporta de manera significativa al almacenamiento de carbono.

Según Batjes (1996) las existencias de carbono en el suelo hasta un metro de profundidad varían entre 4 kg/m² en las zonas áridas y 21-24 kg/m² en las regiones polares o boreales, con valores intermedios de 8 a 10 kg/m² en las zonas tropicales. La contribución de las regiones tropicales a las existencias globales de carbono en el suelo es de 384-403 Gt C a

un metro de profundidad y 616-640 Gt C a dos metros de profundidad, comparada con cerca de 1500 Gt en todo el mundo (2 736-2 456 Gt a dos metros de profundidad). Las zonas áridas que cubren el 40 por ciento de la superficie global de tierras, almacenan sólo el cinco por ciento (100 Gt) del total. Estas zonas agroecológicas desarrolladas por FAO pueden constituir un marco de referencia para evaluar y supervisar el almacenamiento de carbono en los suelos.



Grafica 2. Almacenamiento de carbono en suelo de pradera natural.

Como se puede observar en la gráfica 2 en el municipio de Pupiales el mayor almacenamiento de carbono en el suelo se presenta en la profundidad 0-15 cm con 10,76 t C/ha, mientras que en la profundidad 15-30 cm se presenta el menor almacenamiento de 8,89 t C/ha, siendo la profundidad 30-45 cm donde se presentó un almacenamiento de 9,58 t C/ha. En el municipio de Cumbal el mayor almacenamiento de carbono en el suelo se presenta en la profundidad 0-15 cm con 10,78 t C/ha, mientras que en la profundidad 15-30 cm se presenta un almacenamiento de 8,47 t C/ha, siendo la profundidad 30-45 cm donde se presenta el menor almacenamiento con 6,96 t C/ha. En el municipio de Guachucal el mayor almacenamiento de carbono en el suelo se presenta en la profundidad 0-15 cm con 6,76 t C/ha, mientras que en la profundidad 15-30 cm se presenta un almacenamiento de 5,51 t C/ha, siendo la profundidad 30-45 cm donde se presenta el menor almacenamiento con 4,82 t C/ha, con estos resultados podemos concluir que el mayor almacenamiento de carbono se presentó en la primer profundidad (0-15 cm) como en pradera mejorada

mientras que el menor almacenamiento se presentó en la tercer profundidad (30-45 cm) en la evaluación realizada en los municipios de Cumbal y Guachucal a excepción de Pupiales en donde los resultados muestran el menor almacenamiento de carbono en la profundidad 15-30 cm.

Estimaciones similares de los flujos anuales de almacenamiento de carbono en los suelos fueron hechas en Francia por Balesdent y Arrouays (1999). Los cálculos se basaron en registros históricos de áreas de uso de la tierra con atribuciones de las medias de reservorios de carbono en equilibrio para cada tipo de uso de suelo. Los valores para los diferentes reservorios de carbono total varían de 20 t/ha para tierras en descanso y viñedos a 50 t/ha para pasturas y 60 t/ha para bosques. Para evaluar el efecto del uso de la tierra sobre los distintos reservorios de carbono, se utilizó un modelo simple de dinámica del carbono en el suelo el que fue asociado con algunas constantes de tasas de descomposición de materia orgánica.

Se presentó un mayor almacenamiento de carbono en la profundidad de 0-15 cm con respecto a las otras dos profundidades tanto para pradera natural como para pradera mejorada habiendo diferencias significativas con respecto a las otras dos profundidades; no presentándose diferencias significativas entre la profundidad 15-30 cm y 30-45 cm.

En lo que se refiere al suelo, uno de los principales factores limitantes para el crecimiento de las plantas es la deficiencia de nutrientes. La fertilización en bajas dosis puede ser una solución (tal vez con P en lugar de N). Sin embargo, una mejor fertilización nitrogenada, más ecológica y más sostenible, se obtiene mediante la introducción de leguminosas fijadoras de nitrógeno. Otra solución puede ser la modificación de la calidad del pastoreo e introducir especies más productivas con sistemas radicales más profundos, más resistentes a la degradación de las pasturas. Todas estas soluciones incrementarán en buena medida la captura de carbono ya que las pasturas pueden almacenar muy altas cantidades de carbono en forma estable. Paralelamente, el incremento de los rendimientos también puede ser importante, duplicando o triplicando la producción. (Fisher *et al.*, 1994)

En suelos de praderas naturales y mejoradas no hay diferencias significativas en cuanto a almacenamiento de carbono, aunque las praderas mejoradas presentan un nivel de almacenamiento un poco mas alto, encontrándose 8.2 tn C/ha para suelos de pradera mejorada y 7.9 tn C/ha para pradera natural.

ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN BIOMASA RADICULAR

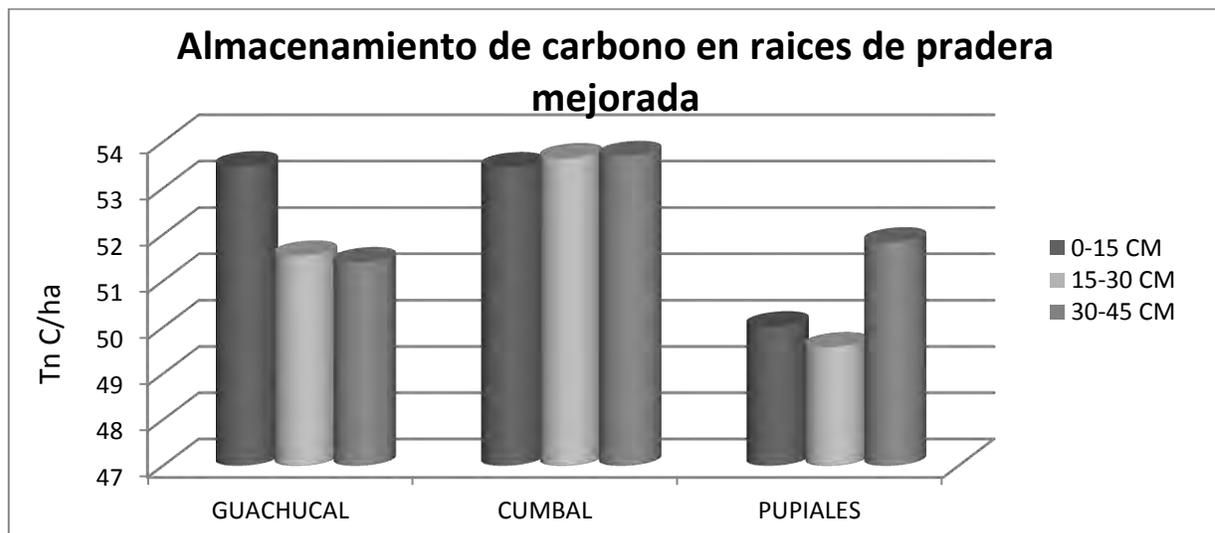
Como se puede observar en la gráfica 3 en el municipio de Pupiales el mayor almacenamiento de carbono en el suelo se presenta en la profundidad 30-45 cm con 51,83 t C/ha, mientras que en la profundidad 15-30 cm se presenta el menor almacenamiento de 49,57t C/ha, siendo la profundidad 0-15 cm donde se presentó un almacenamiento de 50,02t C/ha. En el municipio de Cumbal el mayor almacenamiento de carbono en el suelo se presenta en la profundidad 30-45 cm con 53,69t C/ha, mientras que en la profundidad 15-30 cm se presenta un almacenamiento de 53,64t C/ha, siendo la profundidad 0-15 cm donde se presenta el menor almacenamiento con 53,45t C/ha. En el municipio de Guachucal el mayor almacenamiento de carbono en el suelo se presenta en la profundidad 0-15 cm con 53,47t C/ha, mientras que en la profundidad 15-30 cm se presenta un almacenamiento de 51,54t C/ha, siendo la profundidad 30-45 cm donde se presenta el menor almacenamiento con 51,4t C/ha, con estos resultados podemos concluir que el mayor almacenamiento de carbono se presentó en la primer profundidad (0-15 cm) como en pradera mejorada mientras que el menor almacenamiento se presentó en la tercer profundidad (30-45 cm) en la evaluación realizada en los municipios de Cumbal y Guachucal a excepción de Pupiales en donde los resultados muestran el menor almacenamiento de carbono en la profundidad 15-30 cm.

Se considera que los sistemas con pastos, a diferencia de los cultivos anuales de ciclo corto, poseen un ciclo continuo de iniciación, crecimiento y muerte de unidades individuales (tallos aéreos, rizomas o estolones en gramíneas, y ramas y raíces en leguminosas), las cuales generan materia orgánica (Fisher y Trujillo, 2000).

La biomasa total a cosechar de los cultivos resulta de la acumulación neta del CO₂ asimilado durante todo el ciclo de crecimiento. Debido a que la asimilación del CO₂ resulta

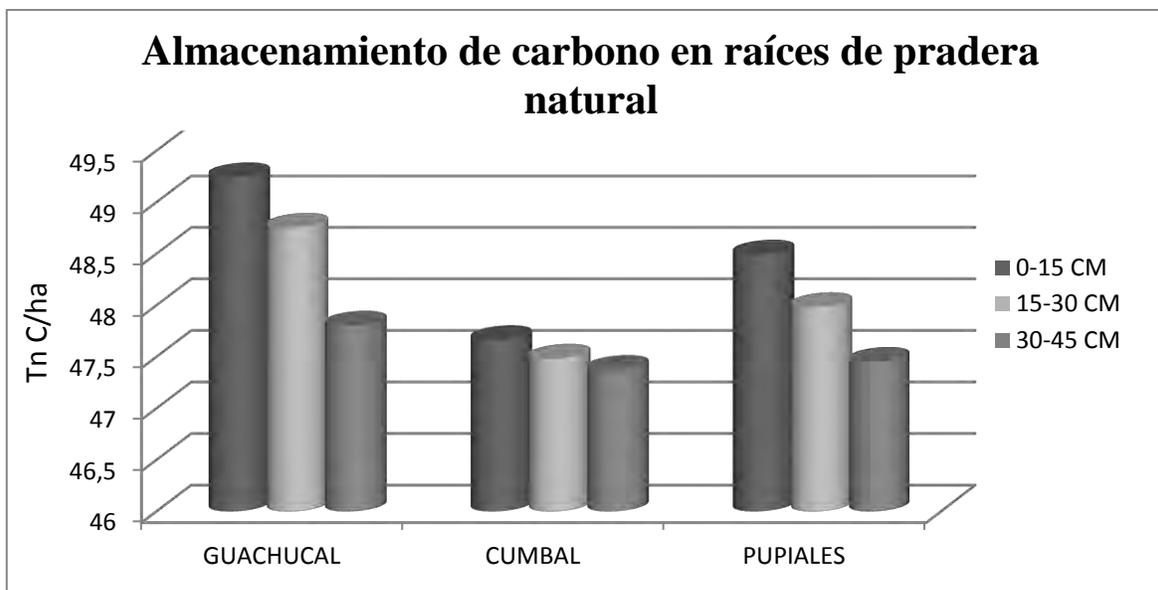
de la absorción de energía solar (radiación) y dado que ésta última está distribuida uniformemente sobre una superficie, los factores primarios que lo afectan son la radiación solar absorbida y la eficiencia de utilización de esa energía para la fijación del CO₂. (Gardner, 1985.)

Según Hicka (1993), la producción de forrajes constituye uno de los más importantes mecanismos de mejora de la fertilidad del suelo y como opción tecnológica contra la erosión y degradación, del mismo modo podríamos considerarlos como una alternativa ambientalmente sostenible debido a su gran capacidad de fijación de carbono, además su gran capacidad de fijación se debe a que la mayoría de las praderas están compuestas por gramíneas las cuales son plantas C4.



Grafica 3. Almacenamiento de carbono en raíces de pradera mejorada.

Las gramíneas con altos rendimientos de biomasa y bien adaptadas, tienen un rol importante en la retención y reducción de la emisión de carbono a la atmósfera. Lo anterior se debe tanto a la productividad de biomasa aérea como de raíces; a la longevidad de estas últimas; y a la deposición de materia orgánica al suelo cuando son establecidas en suelos de vocación agropecuaria, y en sistemas de producción adecuado (Veldkamp 1997).

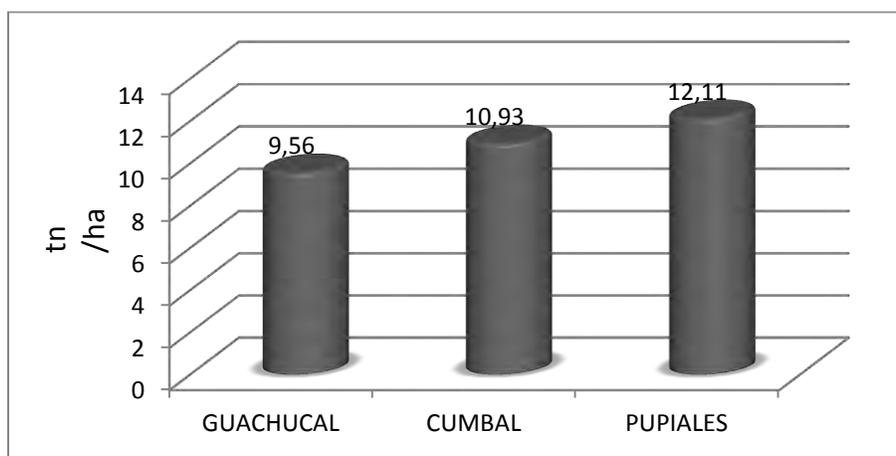


Grafica 4. Almacenamiento de carbono en raíces de pradera natural.

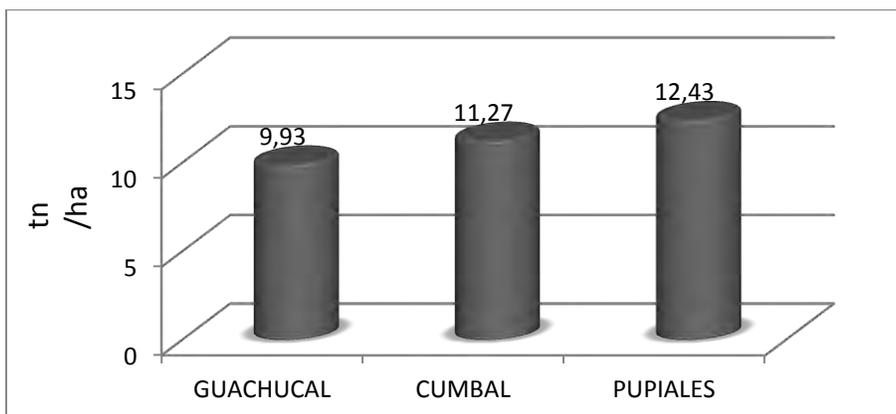
Como se puede observar en la gráfica 4 en el municipio de Pupiales el mayor almacenamiento de carbono en el suelo se presenta en la profundidad 0-15 cm con 48,49t C/ha, mientras que en la profundidad 15-30 cm se presenta el menor almacenamiento de 47,98t C/ha, siendo la profundidad 30-45 cm donde se presentó un almacenamiento de 47,45t C/ha. En el municipio de Cumbal el mayor almacenamiento de carbono en el suelo se presenta en la profundidad 0-15 cm con 47,66t C/ha, mientras que en la profundidad 15-30 cm se presenta un almacenamiento de 47,48t C/ha, siendo la profundidad 30-45 cm donde se presenta el menor almacenamiento con 47,37t C/ha. En el municipio de Guachucal el mayor almacenamiento de carbono en el suelo se presenta en la profundidad 0-15 cm con 49,24t C/ha, mientras que en la profundidad 15-30 cm se presenta un almacenamiento de 48,75t C/ha, siendo la profundidad 30-45 cm donde se presenta el menor almacenamiento con 47,8t C/ha, con estos resultados podemos concluir que el mayor almacenamiento de carbono se presentó en la primer profundidad (0-15 cm) como en pradera mejorada mientras que el menor almacenamiento se presentó en la tercer profundidad (30-45 cm) en la evaluación realizada en los municipios de Cumbal y Guachucal a excepción de Pupiales en donde los resultados muestran el menor almacenamiento de carbono en la profundidad 15-30 cm.

La presencia de mayor o menor biomasa radicular está relacionada con el almacenamiento de carbono por parte de la pradera en cuanto a raíces se puede observar que hay mayor cantidad en la pradera mejorada debido probablemente al manejo que se da en cuanto a labores culturales y las especies mejoradas que se manejan. Como se puede observar la pradera mejorada presenta mayor biomasa radicular a nivel de los tres municipios.

Producción de materia verde en los tres municipios



Grafica 5. Producción de materia verde pradera natural



Grafica 6. Producción de materia verde pradera mejorada

Como se puede observar en las gráficas 5 y 6 la mayor producción de forraje se dio a nivel de la pradera mejorada en los tres municipios. Hay una relación directamente proporcional en cuanto al almacenamiento de carbono con respecto a la producción obtenida, ya que el carbono almacenado en las raíces es mayor si la presencia de estas en el suelo es alta, y

todo esto depende del manejo que se le pueda dar a las praderas como la fertilización, el manejo de plagas y enfermedades, el tipo de suelo sobre el que estén establecidas, la intensidad de pastoreo que sobre las praderas se maneje tratándose así del periodo comprendido entre el periodo de ocupación y el periodo de descanso de la pradera.

Un estudio conjunto de las Universidades de la Amazonia y del Valle, Captura de carbono y desarrollo radicular de sistemas de uso del suelo en la Amazonia Colombiana, estableció por ejemplo que pasturas de *Brachiaria humidicola* asociadas con leguminosas herbáceas, presentan mayores coeficientes de correlación entre peso de raíces y captura de carbono que las pasturas degradadas, concluyendo que "existe una fuerte asociación entre el peso de raíces finas de pasturas mejoradas y mayores cantidades de captura de carbono".

CONCLUSIONES

1. Las praderas mejoradas a nivel de los tres municipios presentaron un nivel de almacenamiento de carbono mayor comparado con el presentado para pradera natural.
2. La profundidad donde se encontró mayor almacenamiento de carbono en suelo o biomasa radicular fue 0-15 cm en los tres municipios con respecto a las otras dos profundidades habiendo diferencias significativas; no presentándose diferencias entre la profundidad 15-30 cm y 30-45 cm.
3. Una pradera mejorada produce mayor cantidad de materia verde por ha y mayor almacenamiento de carbono en suelo y raíces

Recomendaciones:

- Tanto para almacenamiento de carbono como para producción de forrajes es necesario que el ganadero cambie sus praderas naturales por praderas mejoradas con la introducción a los potreros de especies como pasto azul, trébol, pasto rye- grass y pasto brasileiro.
- El ganadero debe manejar un plan de fertilización para sus potreros, ya que si conseguimos mayor rendimiento de pasto en toneladas por hectárea mayor será la capacidad de carga de la finca y mayor el almacenamiento de carbono en sus suelos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, al proyecto: Alternativas de mitigación del cambio climático en diferentes agro ecosistemas; a la Universidad de Nariño y Facultad de Ciencias Agrícolas.

Y a todas las personas que de alguna u otra manera hicieron posible la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- Balesdent, J., Arrouays, D. 1999. Usage des terres et stockage du carbone dans les sols du territoire français (1900-1999) *C.R. Acad. Agric. Fr* 85 (6): 265-277.
- Batjes, N.H. 1996. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science* 47: 151-163.
- Baumont, E. 1999. El protocolo de Kyoto y el mecanismo para un desarrollo limpio: nuevas posibilidades para el sector forestal de América latina y el caribe. Santiago, Chile: FAO América Latina y el Caribe.
- Fisher, M.J. 1994. Carbon storage by introduced deeprooted grasses in the South American savannas. *Revista Nature* No. 371. Inglaterra.
- Fisher, M.J., Rao, I.M., Ayarza, M.A., Lascano, C.E., Sanz, J.I., Thomas, R.J., Vera, R.R. 1994. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. *Nature* 371: 236-237.
- Forero, A. 2000. El cambio climático, el carbono y los bosques. *Revista de ciencias agrícolas* vol. XVII. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias agrícolas. No. 1.
- Gardner, F. 1985. Fijación de carbono por los cultivos, Iowa State University Press. 57p.
- Hicka, M. 1993. Praderas artificiales, su cultivo y utilización. EDITA. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Madrid, 302 p.
- Ibrahim M. et al. 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.

- Mora, V. 2001. Fijación, emisión y balance de gases de efecto invernadero en pasturas en monocultivo y en sistemas silvopastoriles de fincas lecheras intensivas de las zonas altas de Cosía Rica. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Morán, G. y Chavez, R. 2004. Capacidad forrajera de 15 materiales de cebada de grano desnudo en cuatro municipios ganaderos de Nariño. Tesis ingeniería agronómica. Universidad de Nariño, Pasto, Nariño. 65 p.
- Pieri, C. 1989. Fertilité des terres de savanes. Ministère de la Coopération. CIRAD. 444 p.
- Robert M. captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra, Informes sobre recursos mundiales de suelos, PARIS. 202, 83P.
- Skjemstad, J.O., Clarke, P., Taylor, J.A., Oades, J.M., McClure S.G. 1996. The chemistry and nature of protected carbon in soil. *Australian Journal of Soil Research* 34: 251-271.
- THORNELLY, et al. 1991. Terrestrial carbon storage resulting from CO₂ and nitrogen fertilization in temperate grasslands. *Revista Pl. Ceil Environ.* No. 14.
- Veldkamp, et al. 1997. Effects of management on N₂O and NO emissions from pastures soils in the humid tropic of Costa Rica. Enviado a *Global Biogeochemical Cycles*.
- <http://www.pupiales-narino.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=m1f1--&m=f>.
- <http://www.guachucal-narino.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=m-r1--&m=f>.
- <http://www.cumbal-narino.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=m1T1--&m=f>