

# ESTIMACIÓN DEL ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN LA BIOMASA RADICAL EN DIFERENTES PASTURAS DE ARREGLOS SILVOPASTORILES EN EL MUNICIPIO DE PASTO

## ESTIMATE OF CARBON STORAGE IN THE ROOT BIOMASS IN DIFERENT ARRANGEMENTS GRASSES SILVOPASTORIL GRASS IN THE MUNICIPAL OF PASTO

Jorge Navia Estrada<sup>1</sup>  
Yudis Elena Barahona Jiménez<sup>2</sup>  
Aidi Germima Preciado Guerrero<sup>3</sup>

### RESUMEN

El presente trabajo se realizó entre, los meses de enero y septiembre de 2009, en la vereda Alto Casanare, corregimiento de Catambuco, el municipio de San Juan de Pasto, departamento de Nariño, a una altura entre los 2500-3500 m.s.n.m, precipitación de 750 a 1500 mm anuales, humedad relativa de 76 % y una temperatura de oscila entre 5 a 15 °C. (POT municipio de Pasto 2009 – 2014). Con el fin de estimar la cantidad de almacenamiento de carbono, en la biomasa radical en pasturas a diferentes profundidades arreglos, se realizó un experimento en 6 fincas de producción ganadera y se utilizó unas parcelas de 200 m<sup>2</sup>., y unas subparcelas de 250 cm<sup>2</sup>. La principal variable de evaluación, fue el almacenamiento de carbono a partir de la biomasa radical en pasturas naturales de kikuyo (*Pennisetum Clandestinum*), como en raíces de pasturas mejoradas reygrass (*Lolium perenne*.) en diferentes arreglos silvopastoriles Se utilizó un diseño de tratamientos con un arreglo factorial 2 X 2 X 3, el factor A corresponde a cercas con acacia y cerca con aliso, factor B corresponde a pasto natural de kikuyo y pasto mejorados de ryegrass y factor C corresponde a las tres profundidades diferentes (0-15, 15-30 y 30- 45 cm.) y tres repeticiones.

El análisis de varianza para el carbono capturado por las raíces de los pastos naturales y pastos mejorados en los diferentes arreglos con árboles, muestra que existe una relación altamente significativa ( $p < 0.01$ ) para la interrelación pastos y profundidad, indicando que existe una relación estrecha entre el tipo de arreglo y la profundidad en cuanto a la captura de carbono en las raíces.

La prueba de comparación de medias de tukey muestra que los mayores contenidos promedios de captura de carbono se encuentran en las raíces de las pasturas de *Pennisetum clandestinum* en cercas sembradas con aliso *Alnus acuminata* a profundidades de 30-45 cm.

---

<sup>1</sup>Ph Director Programa de Recursos Naturales y Sistemas Agroforestales. Facultad de ciencias agrícolas. Universidad de Nariño. Pasto. Colombia. E-Mail: [jornavia@udenar.edu.co](mailto:jornavia@udenar.edu.co)

<sup>2</sup>Ingenieras agroforestales. Trabajo de grado. Programa de Recursos Naturales y Sistemas Agroforestales. Facultad de ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. [yudis.barahona@gmail.com](mailto:yudis.barahona@gmail.com), [mafiapre6@yahoo.es](mailto:mafiapre6@yahoo.es).

con valor de 38,6. Sin embargo no existe diferencias significativas en cuanto a captura de carbono en raíces de pastos *lolium perenne* con cerca sembradas con *Acacia melanoxylon* una profundidad de 15-30 cm.

De acuerdo a la comparación de medias de tukey para la interacción arreglo por pasturas, evidencia que existe diferencias significativas en la captura de carbono almacenada en raíces de *L. perenne* en cercas sembrada con *Alnus acuminata* y *Acacia melanoxylon*, con valores de 35,4 a 34,8; sin embargo aunque los promedios son diferentes, estadísticamente no hay diferencias significativas.

En tanto para la interacción arreglo por profundidad se observó que no se presentan diferencias significativas en cuanto a la captura de carbono en raíces de las pasturas de los diferentes arreglos como para las diferentes profundidades, es decir que a pesar de presentar promedios diferentes estadísticamente existe la misma cantidad de carbono en raíces superficiales de 0-15 como de 30-45 cm.

**Palabras claves:** captura, carbono, pastos, biomasa, raíces

### ABSTRACT

This work was carried out between the months of January and September 2009, in the village High Casanare, Catambuco district of the municipality of San Juan de Pasto, Nariño, located in southwestern Colombia, at an altitude between 2500 -3500 m, precipitation from 750 to 1500 mm annually, 76% relative humidity and temperature ranges from 5 to 15 ° C. (POT municipality of Pasto 2009 - 2014)

To estimate the amount of carbon storage in root biomass in pastures at different depths and different arrangements, an experiment was performed in 6 farm livestock production and use a square plots of 200 m<sup>2</sup>., And some subplots 250 cm<sup>2</sup>. This study was performed in the municipality of Pasto.

The primary end point was the storage of carbon from the biomass contained in the radical in natural pastures of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) and in roots regrass improved pasture (*Lolium perenne*.) In different arrangements silvopastoral was used treatments design with a factorial 2 X 2 X 3, the factor A is fencing with acacia and close to alder, factor B is natural grass and kikuyu grass and ryegrass enhanced factor C corresponds to the three different depths ( 0-15, 15-30 and 30 - 45 cm.) and three replications. The information was processed using the SAS package and made the respective correlations between root biomass produced and carbon storage .

The analysis of variance for the carbon sequestered by roots of natural grass and improved pastures in the different arrangements of trees (Table 1), shows that there is a highly significant ( $p < 0.01$ ) for pastures and deep relationship, indicating that. There is a close relationship between the type of arrangement and depth in terms of carbon sequestration in the roots.

The comparison test of Tukey showed that higher average contents of carbon capture at the roots of *Pennisetum clandestinum* pastures in fences planted with alder *Alnus acuminata* at depths of 30-45 cm. value of 38.6. However there is no significant difference in terms of carbon sequestration in roots of perennial ryegrass pastures planted with *Acacia melanoxylon* near a depth of 15-30 cm.

According to the Tukey mean comparison test for interaction with pastures, there is evidence that significant differences in the capture of carbon store in roots *L. perenne* planted perennial *Alnus acuminata* and *Acacia melanoxylon*, with values of 35.4 to 34.8, but although the averages are different, no statistically significant differences.

As for the settlement by depth interaction was observed that no significant differences in terms of carbon sequestration in roots of grasses of different arrangements to different depths, meaning that although they have different means statistically there same amount of carbon in shallow roots of 0-15 as of 30-45 cm.

**Key words:** carbon, sequestration, root, grasses, biomass

## INTRODUCCIÓN

El CO<sub>2</sub> es uno de los principales gases que contribuye al efecto de invernadero. Este es principalmente 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 como a mayores profundidades, (Fischer, 2000).

Existe un consenso mundial acerca de que las tasas actuales de uso de combustibles fósiles llevarían hacia consecuencias inaceptables para el ser humano. Las emisiones de CO<sub>2</sub> reflejan más o menos el bienestar de sociedades y el desarrollo va acompañado con un aumento de la tasa de combustión. Las medidas técnicas para reducir las emisiones son costosas y por eso se prefiere el potencial de la biosfera para esta función (Jand, 2001).

El aumento de las concentraciones de CO<sub>2</sub> 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).

Además de producir alimento y fibra para el hombre, la agricultura también tiene un importante papel en la modificación de las reservas de carbono en el suelo. Por ejemplo, el carbono puede acumularse en sistemas de pastos en rotación o en sistemas agropastoriles (Thornley et al., 1991). Además su gran capacidad de fijación se debe a que la mayoría de las praderas están compuestas por gramíneas las cuales son plantas C<sub>4</sub>.

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 podrían ser considerados como una alternativa ambientalmente sostenible debido a su gran capacidad de fijación de carbono.

De acuerdo a Hoyos (2009), se evaluó en nueve fincas tradicionales ganaderas, la cantidad de carbono orgánico fijado por el suelo y la biomasa de la pastura mejorada (*Lolium perenne*) para establecer una línea base de carbono; igualmente se cuantificó las emisiones de GEI por agentes contaminantes como fermentación entérica, metano en desechos y óxido nítrico del sistema ganadero teniendo en cuenta el número total de cabezas de ganado.

Abarca (1996) Debe considerarse el empleo de sistemas agroforestales y silvopastoriles, manejo de gases, prácticas que incrementen la materia orgánica del suelo, mecanismos financieros para el pago de servicios ambientales y estímulos económicos para la producción con baja contaminación, entre otros.

El presente trabajo hace parte del macroproyecto “Alternativas de Mitigación del Cambio Climático en diferentes Agro ecosistemas”, cofinanciado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, y tiene como objetivo general estimar el porcentaje de carbono que pueden almacenar las raíces finas de pastura natural y mejorada en diferentes arreglos silvopastoriles en el municipio de Pasto.

## METODOLOGIA

### LOCALIZACION

El presente trabajo se realizó entre los meses de enero y septiembre de 2009, en el municipio de Pasto, corregimiento de Catambuco, vereda Alto Casanare a una altura entre los 2500-3000 m.s.n.m, precipitación de 750 a 1500 mm anuales, humedad relativa de 76 % y una temperatura de oscila entre 5 a 15 °C. (POT municipio de Pasto 2009 – 2014).

### Descripción de los arreglos

**Finca 1. Arreglo acacia japonesa (*Acacia melanoxylon*) con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y de ryegrass (*Lolium perenne*).** Cuenta con un área de 3 hectáreas. En épocas anteriores este lote fue intervenido con cultivo de papa pastusa (*Solanum tuberosum*). En la actualidad, se encuentra dedicado a la pastoreo con *Pennisetum clandestinum* y en menor cantidad ryegrass (*Lolium perenne*) y con ganado bovino de raza holstein, con periodos cortos de recuperación, los cuales oscilan entre 10 y 20 días.

**Finca 2. Arreglo de aliso (*Alnus acuminata*) y pastos de ryegrass (*Lolium perenne*), y de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*),** Cuenta con una área de 2.5 ha. Se caracteriza por presentar cercas con aliso y pasturas de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y ryegrass

(*Lolium perenne*), para el pastoreo de ganado bovino y para corte y acarreo para especies menores.

**Finca 3. Arreglo de acacia japonesa (*Acacia melanoxylon*) con pastura de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y ryegrass (*Lolium perenne*).** Presenta una área de 5 has. Hace 10 años, éste lote fue sometido a la producción de cultivos como maíz (*Zea mays*) y papa pastusa (*Solanum tuberosum*); posteriormente, fue destinado a la producción de pastos de pasto kikuyo (*P. clandestinum*), con el fin de que se aproveche como sombrero para los bovinos. Bajo este sistema el ganado bovino pastorea a libre disposición y en la actualidad no se realizan prácticas de poda ni fertilización del lote.

**Finca 4. Arreglo de aliso (*Alnus acuminata*) con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y ryegrass (*Lolium perenne*).** Cuenta con una área de 4.6 has. Debido a los bajos rendimientos en cuanto a la producción de los cultivos, el propietario en el año 2000, implementó el sistema de árboles dispersos con arreglo de aliso (*Alnus acuminata*) en potrero de pasto kikuyo (*P. clandestinum*) y bajo este sistema el ganado pastorea a libre disposición.

**Finca 5. Arreglo de acacia con pastura kikuyo (*Pennisetum Clandestinum*) y ryegrass (*Lolium perenne*).** Cuenta con una área de 7 has. Este lote fue destinado a la producción de cultivos de papa *Solanum tuberosum*, en el transcurso del tiempo de forma natural se propagó de forma dispersa el pasto kikuyo (*P. clandestinum*) y también implemento parte de su finca con pasturas mejoradas con *Lolium perenne*, bajo este sistema el ganado vacuno pastorea y ramonea a libre disposición

**Finca 6. Arreglo de aliso (*Alnus acuminata*) con pastura kikuyo (*Pennisetum Clandestinum*) y ryegrass (*Lolium perenne*).** Cuenta con una área de 8 has. Es un lote que se destino a la producción de cultivos de maíz (*Zea mays*) y papa *Solanum tuberosum*, posteriormente el propietario cambio el uso del suelo de ese mismo lote a el pasto kikuyo (*P. clandestinum*) y también implemento parte de su finca con pasturas mejoradas con *Lolium perenne*, bajo este sistema el ganado vacuno pastorea y ramonea a libre disposición

### **Toma de muestras.**

Para el desarrollo de esta investigación se utilizó la base de datos de productores ganaderos generada en el 2008 por el Proyecto Cambio Climático, por lo que permitió seleccionar algunas fincas (entre 1 a 10 ha) que por sus características principales en el manejo de la ganadería en forma tradicional fueron homogenizadas, tales características se fundamentaron en: el tipo de pastura, *Pennisetum Clandestinum* y *Lolium perenne*, que en asocio con cercas sembradas con acacia (*Acacia melanoxylon*) y cercas sembradas con aliso *Alnus acuminata*, un nivel relativamente plana, que se haya presentado rotación de cultivo (especialmente papa).

Se utilizo parcela cuadradas de 200 m<sup>2</sup>., y unas subparcelas de 250 cm<sup>2</sup>, partiendo de un punto seleccionado al azar tirando el botanal, se definió un trayecto caminando en forma de zigzag, cada 10 m. se tomo una muestra de raíces, en un total de 6 fincas; con un área experimental dentro de cada finca en promedio fue de 250 m<sup>2</sup>, prefiriéndose la condición plana. Las muestras de biomasa radicular se tomaron mediante el uso de un barrenador “Eijkelkamp” los cilindros del suelo obtenidos tienen una longitud de 15 cm. y un diámetro de 8 cm., a una profundidad de 0 a 15, 15 a 30 y 30 a 45 cm., los muestreos se realizaron en días de mínima precipitación, tomando en cada sitio una muestra de 100 gramos, de la cual se extrajo manualmente las raíces finas.

Las muestras de las raíces finas fueron lavadas y pesadas directamente en campo en una balanza, empacadas, selladas y posteriormente llevadas al laboratorio de la universidad de Nariño en donde se realizo el lavado, identificación de raíces finas y la determinación de biomasa (peso fresco) de cada muestra.

### **Análisis de laboratorio**

Las muestras de raíces finas fueron llevadas a los laboratorios especializados de la Universidad de Nariño, se pesaron teniendo en cuenta la metodología de Pearsus citados por Delgado y Martínez (2006), que consistió en pesar cada muestra fresca en una balanza electrónica, posteriormente se llevó a cabo el secado en el horno a una temperatura de 70° durante 48 horas y finalmente se estimo la materia seca total.

Dentro de los controles para evitar las contaminación de la raíces con suelo mineral se procedió a cenizar, cada muestra y se expreso los valores como peso seco libre de ceniza propuesta por SHLÖNVOIGT (2000).

### **VARIABLES A EVALUAR**

La variable de evaluación principal fue el almacenamiento de carbono a partir de la biomasa contenida en la parte radicular para pastos naturales de *Pennisetum clandestinum* y pastos mejorados de *Lolium perenne* en arreglos con árboles de acaia (*Acacia melanoxylon*) y aliso (*Alnus acuminata*), teniendo en cuenta la metodología de Segura y Kanninem (2002), mediante la ecuación:

$$MS \% = (PSM/PFM) * 100$$

Donde:

*MS*: es el porcentaje de materia seca.

*PSM*: es el peso de la muestra seca en gramos.

*PFM*: es el peso fresco en gramos.

En el calculo del contenido de humedad, fue realizado por medio de diferencias de porcentaje de peso seco perdido con respecto a la muestra llevada de campo (Segura, M. y Kanninen, M. 2002).

$$CH\% = \frac{PFM - PSM}{PSM} \times 100$$

Donde:

*CH%: contenido de humedad.*

*PFM: peso fresco de la humedad (gr)*

*PSM: peso seco de la muestra (gr)*

Una vez obtenida la materia seca, se calculo la biomasa multiplicando el porcentaje de materia seca por el peso fresco de las raíces finas, fuera de impurezas y suelo. Se aplico la siguiente formula para encontrar la totalidad de la biomasa radicular (Segura, M. y Vanegas, G. 1999).

$$B = [PFC * MS (\%)] / 100$$

Donde:

*B: biomasa radicular (gr)*

*PFC: peso fresco en el campo (gr)*

*MS (%): porcentaje de materia seca.*

### **Obtención de la fracción de carbono en la raíces.**

El resultado de las muestras secas de raíces finas se trituraron con un mortero, finamente para que pase por una tamiz de 1 mm (Apraez, 2000), y se determino la fracción de carbono correspondiente mediante su incineración, este método para MakDicken (1997) citado por Orrego y Del Valle (2003), es un método sencillo y rápido para encontrar fracciones de carbono.

### **Carbono almacenado.**

Para estimar el carbono almacenado, se utilizó la ecuación recomendada por Ávila (2000)

$$CA = Bt * FC$$

Donde:

*CA: carbono almacenado (Kg).*

*Bt: biomasa total (Kg).*

*FC: fracción de carbono.*

Para calcular los almacenes de carbono de cada componente (subterráneo) de los sistemas de uso de la tierra, se emplearon los resultados de las mediciones o estimaciones de la biomasa y de la concentración de carbono.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó un anova factorial 2 X 2 X 3 el factor A- corresponde a los arreglos de cercas plantadas con acacia y cercas plantadas con aliso; el factor B corresponde a los pastos de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y ryegrass (*lolium perenne*), y el factor C corresponde a las diferentes profundidades (0-15, 15-30, 30-45 cm.). Los resultados obtenidos se interpretaron a partir de un análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey ( $p < 0.05$ ). (Little, M. y Hills, f. 1972).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza para el carbono capturado por las raíces de los pastos naturales y pastos mejorados en los diferentes arreglos con árboles (Tabla 1), muestra diferencias altamente significativa ( $p < 0.01$ ) para la interacción pastos\*profundidad, es decir que hay una estrecha relación entre el tipo de pastura y las diferentes profundidades en cuanto al porcentaje de carbono que almacenas las raíces en el suelo.

**Tabla 1. Análisis de la Varianza para la captura de carbono en raíces de pastos con los diferentes arreglos**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Arreglo	0,376893	1	0,376893	0,010797	0,9175
Pastura	515,441515	1	515,441515	14,765994	0,0002*
Profundidad	409,956867	2	204,978433	5,872073	0,0039
Arreglo*Pastura	7,063559	1	7,063559	0,202352	0,6538
Arreglo*Profundidad	11,560763	2	5,780381	0,165592	0,8476
Pastura*Profundidad	1209,942607	2	604,971304	17,330779	0,0001**
Arreglo*Pastura*Profu.	13,100541	2	6,550270	0,187647	0,8292
Error	3351,104222	96	34,907336		
CV	17,908892				



**Tabla 2 Prueba de Tukey**

Arreglo	Pastura	Profundidad	Medias				
Aliso	Kikuyo	30-45	38,698889	A			
Acacia	Ryegrass	15-30	37,924444	A	B		
Aliso	Ryegrass	15-30	37,251111	A	B		
Acacia	Kikuyo	30-45	36,977778	A	B		
Acacia	Ryegrass	0-15	34,423333	A	B	C	
Aliso	Ryegrass	0-15	34,155556	A	B	C	
Acacia	Ryegrass	30-45	34,122222	A	B	C	
Aliso	Ryegrass	30-45	33,174444	A	B	C	D
Aliso	Kikuyo	0-15	29,578889	A	B	C	D
Acacia	Kikuyo	0-15	28,708889		B	C	D
Acacia	Kikuyo	15-30	26,141111			C	D
Aliso	Kkuyo	15-30	24,730000				D

*Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)*

La prueba de comparación de medias de tukey muestra que los mayores contenidos promedios de captura de carbono se encuentran en las raíces de las pasturas de *Pennisetum clandestinum* en cercas sembradas con aliso *Alnus acuminata* a profundidades de 30-45 cm. con valor promedio de 38,6. Sin embargo no existe diferencias significativas en cuanto a captura de carbono en raíces de pastos *lolium perenne* con cerca sembradas con *Acacia melanoxyton* una profundidad de 15-30 cm. (37,9), tampoco evidencia diferencias estadísticamente significativas en la captura de carbono en raíces *lolium perenne* en cerca sembrada con *A. acuminata* a profundidades de 15-30 cm. (con promedio de 37,2), de igual forma sucede con la captura de carbono en raíces de *P. clandestinum* sembrada con cercas de *A. melanoxyton* a una profundidad de 30-45 cm. (36,9). En contraste la captura de carbono encontrada en raíces de *P. clandestinum* sembrada con cercas de *A. acuminata* y *A. melanoxyton* a 15-30 cm. presentaron los promedios mas bajos con valores que van de 26,7 a 24,7 (Figura 1)

Para la interacción arreglo por pasturas, se evidencia que existe diferencias significativas (p<0,05) en la captura de carbono almacenada en raíces de *L. perenne* en cercas sembrada con *Alnus acuminata* y *Acacia melanoxyton*, con valores de 35,4 a 34,8; sin embargo aunque los promedios son diferentes, estadísticamente no hay diferencias significativas. Por el contrario la captura de carbono en raíces de *P. clandestinum* en arreglo con *A. melanoxyton* fue inferior con un promedio de 30,6.

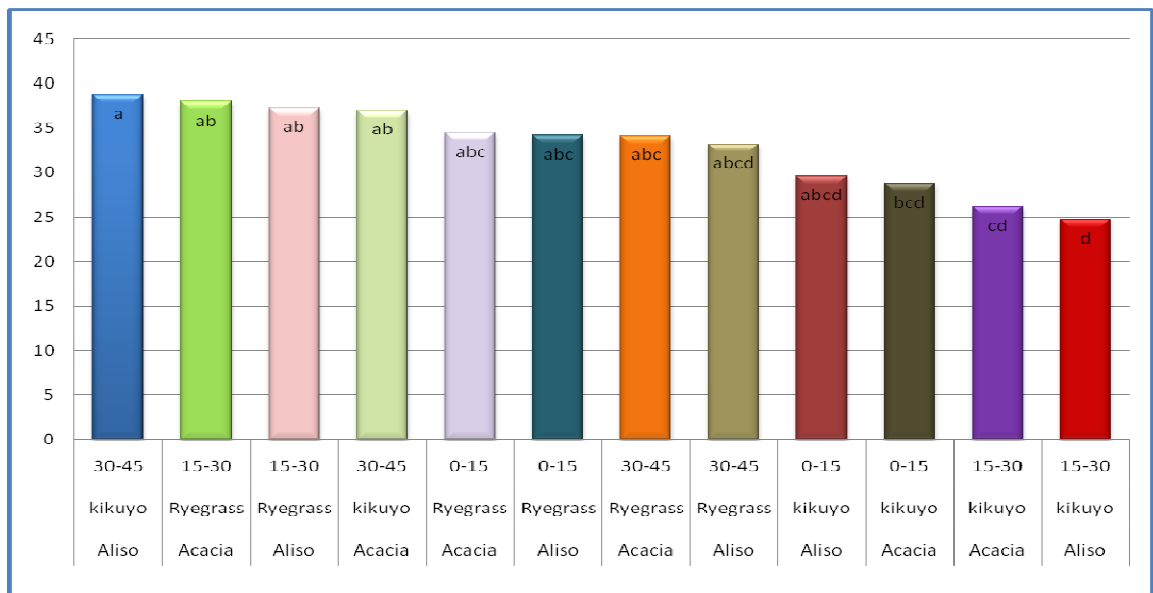
Las diferencias en cuanto a la captura de carbono en raíces de los pastos de *P. clandestinum* y pasturas *L. perenne* a profundidades de 30-45 y 15-30 cm. en cercas sembradas con aliso, puede ser debido a la materia orgánica depositada por la hojarasca del aliso, que aporta nitrógeno al suelo y que finalmente es aprovechado por las raíces mas profundas de *Pennisetum clandestinum*.

MORA, V. (2001), menciona que la interacción de especies de pastos y sistemas de árboles fue significativa, para el carbono almacenado en el suelo a diferentes profundidades. Por otra parte y lo contrario a lo observado en estrella africana, en los sistemas con pasto *Pennisetum clandestinum* se consideraron las mayores cantidades en los sistemas de kikuyo con árboles con una diferencia de 29.9%. En el estrato mas profundo del perfil del suelo (60 – 100 cm.) no se encontraron diferencias en las pasturas con árboles.

Se puede resaltar que en áreas donde se encuentra mayor fijación de carbono por pasturas esta relacionado con el manejo y tipo de pastura, al igual que MONTENEGRO y ABARCA, (1999) quienes mencionan que la fijación de carbono por pasturas en especial en gramíneas como reygrass (*Lolium perenne*), con altos niveles de biomasa y bien adaptadas, tienen un rol importante en la relación de la emisión de carbono de la atmósfera mediante la deposición de biomasa aérea y raíces y por la deposición de materia orgánica en el suelo.

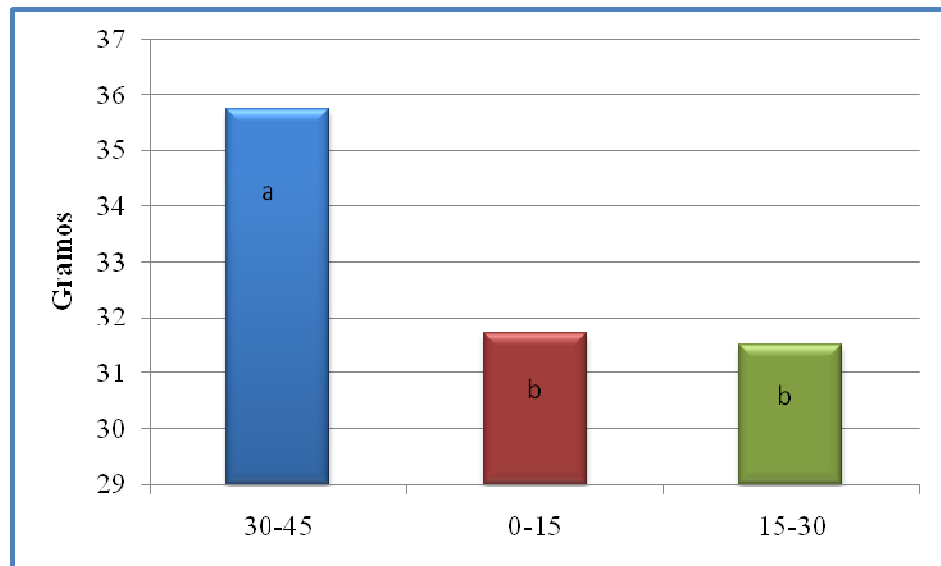
López (1999) La cantidad promedio de carbono acumulado en el suelo no fue estadísticamente diferente, bajo ninguno de los sistemas, de las tres profundidades, sin embargo, en el sistema de taconal acumulo entre 8 y 11% mas carbono en el suelo que los sistemas de pastos a pleno sol que con árboles. La cantidad de carbono acumulado en el suelo a mas de 20 cm de profundidad fue en general superior al 44% respecto al total almacenado en el suelo.

**Figura 1 Muestra del mayores contenidos de carbono en las pasturas *Pennisetum clandestinum* y *Lolium perenne* en arreglos con acacia *Acacia monoxylon* y aliso *Alnus acuminata* en diferentes profundidades.**



En la grafica 2 se establece los mayores porcentajes de carbono fue para el arreglo de pastos de kikuyo en cercas sembradas con acacia japonesa, donde se puede determinar que existe mayor porcentaje de carbono en las raíces de la profundidad de 30-45.

**Grafica 2. Raíces pasturas naturales de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en cercas sembradas con acacia (*Acacia melanoxylon*)**



## CONCLUSIONES

El análisis de varianza para el carbono capturado por las raíces de los pastos naturales y pastos mejorados en los diferentes arreglos con árboles, muestra diferencias altamente significativa ( $p < 0.01$ ) para la interacción pastos\*profundidad, es decir que hay una estrecha relación entre el tipo de pastura y las diferentes profundidades en cuanto al porcentaje de carbono que almacenan las raíces en el suelo.

Los contenidos promedios de captura de carbono se encuentran en las raíces de las pasturas de *Pennisetum clandestinum* en cercas sembradas con aliso *Alnus acuminata* a profundidades de 30-45 cm. con valor promedio de 38,6.

Se pudo establecer que los contenidos de carbono en las raíces de los pastos naturales kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y pastos mejorados rey gras (*Lolium perenne*) en asocio con árboles de aliso y acacias no presentaron diferencias estadísticas entre si, al igual que en las profundidades de evaluación 0 – 15, 15 – 30 y 30 – 45 cm.

La captura de carbono encontrada en raíces de *P. clandestinum* sembrada con cercas de *A. acuminata* y *A. melanoxylon* a 15-30 cm. presentaron los promedios mas bajos con valores que van de 26,7 a 24,7

Para la interacción arreglo por pasturas, se evidencia que existe diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en la captura de carbono almacenada en raíces de *L. perenne* en cercas sembrada con *Alnus acuminata* y *Acacia melanoxylon*, con valores de 35,4 a 34,8; sin embargo aunque los promedios son diferentes, estadísticamente no hay diferencias significativas. Por el contrario la captura de carbono en raíces de *P. clandestinum* en arreglo con *A. melanoxylon* fue inferior con un promedio de 30,6.

La mayor parte de los trabajos para determinar carbono en sistemas silvopastoriles (S.S.P.), provienen de modelos ideados para bosques, lo que representa una limitante por las adaptaciones y modificaciones que deben realizarse de los mismos. Además, hasta las investigaciones no han considerado el secuestro del carbono por parte del componente animal, que representa un eslabón muy importante dentro del S.S.P., y tampoco han inventariado otros gases de efecto invernadero como metano, oxido nitroso, y convertirlos a su equivalente de carbono (Botero 1998).

Los sistemas agroforestales (SAF) y silvopastoriles pueden mantener y hasta aumentar las reservas de carbono en la vegetación y los suelos. De hecho, la Agroforestaría fomenta prácticas sostenibles de bajos insumos que minimicen la alteración de los suelos y plantas, enfatizando la vegetación perenne y el ciclaje de nutrientes, contribuyendo a almacenar carbono a largo plazo (Kursten y Burschel 1993)

## BIBLIOGRAFIA

ADAMES, J. 1978. Seis ciases de gramíneas de clima frío y algunas mezclas con leguminosas. Establecimiento y manejo de forrajes. Bogotá. ICA., numero 134.194p.

ÁVILA, G., JIMÉNEZ, F., BEER, J., GÓMEZ, M., y IBRAHIM, M. 2001. Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. Agroforestería en las América. Vol. 8 n. 30. 4p.

BALESDENT, J., ARROUAYS, D. 1999. Usage des terres et stoc kage du carbone dans les sols du territoire francais (1900-1999) *C.R. Acad. Agric. Fr* 85 (6): 265-277p.

BATJES, H. 1996. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science* 47: 151-163p.

BATJES, H. 1999. Management options for reducing CO<sub>2</sub>- concentrations in the atmosphere by increasing carbon sequestration in the soil. ISRIC. Wageningen, The Netherlands. 114 p.

BAUMONT, E. 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.

DELGADO PORTILLA, A. M. y MARTINEZ MELO, Y. V. Estimación y Evaluación de la Biomasa y captura de carbono de Laurel de Cera (*Morella pubescens Humb. & Bonpl.ex Willd Wilbur*) en dos sistemas agroforestales en los municipios de Pasto y San Pablo, Departamento de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Ingeniería Agroforestal, Pasto, 2006. p. 31.

FAO. 2000. Sistemas de uso de la tierra en los trópicos húmedos y la emisión y secuestro de CO<sub>2</sub>. *World Soil Resources Reports* 88. Rome. 98p.

FISCHER, M., RAO I., AYARZA, M., LASCANO, C., SAENZ, J., THOMAS, J., VARA, R. 1994. Carbon storage by introduced deeprooted grasses in the South American savannas. *Revista Nature* No. 371. Inglaterra.

FISCHER, J., RAO, M., AYARZA, A., LASCANO, E., SANZ, I., THOMAS, J., VERA, R. 1994. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. *Nature* 371: 236-237p.

FISCHER, M. & TRUJILLO, W. 2000. Fijación de carbono por pastos tropicales en las sabanas de los suelos ácidos neotropicales. En: Intensificación de la ganadería en Centroamérica: beneficios económicos y ambientales. (Eds. C. Pomareda y H. Steinfeld). CATIE/FAO/SIDA. San José, Costa Rica. p. 115.

FORERO A., ORDOÑEZ H., FORERO F. 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.

GREENLAND, D. Land use and soil carbon in different agro ecological zones. En: Soil management and greenhouse effect. 1995. *Advances in Soil Science Series- Lewis Pubs.* Estados Unidos.

GUARNIZO, L y RAMOS, C. Influencia de la fertilización en la composición química de una pradera de reygrass singles (*Lolium perenne* L) y trébol blanco (*Trifolium repens* L).

HICKA, M. 1993. Praderas artificiales, su cultivo y utilización. EDITA. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Madrid, 302p.

HIDALGO, J. 2007. Cuantificación del carbono fijado en dos sistemas agroforestales en la estación experimental Santa Catalina. Iniap. Tesis ingeniería agroforestal. Universidad de Nariño, Pasto, Nariño. 102p.

HOUGHTON, A., SKOLE, L., LEFKOWITZ, D. 1991. Changes in the landscape of Latin America between 1850 and 1985. *Forest Ecology and Management*. 38: 173-199p.

HOYOS, ALBERTO. y DELGADO JENNY. Cuantificación en fincas ganaderas tradicionales del departamento de Nariño (Pasto, Pupiales, Cumbal y Guachucal), Tesis de grado I.A., Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Programa de Ingeniería Agronómica, Pasto, 2006. 6p.

Intergovernmental Panel on Climate Change. 200. IPCC. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual. Agriculture. Chapter 4. 114p.

JAND R. 2001. Medición de tendencias en el tiempo del almacenamiento de carbono del suelo. Centro de investigación forestal. Viena, Austria.

JARAMILLO, G. SANDRA, Estimación de la captura de carbono en la biomasa radicular en aliso *Alinus jorullensis* H.B.K. en dos sistemas agroforestales e la granja experimental de Botana, municipio de Pasto, departamento de Nariño, Tesis de grado I. AF., Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Programa de Ingeniería Agroforestal, Pasto, 2007. p. 21 – 43.

SEGURA, M. y KANNIEM, M. Inventarios para la estimación de carbono en ecosistemas forestales tropicales. Inventarios forestales para bosques latifoliados de América Central. Eds. Orozco, L; Brumér, C. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 2002. p. 202 – 222.

LEAL, H. y MORILLO, H. 1998. Estado actual de las praderas en fincas productoras de leche en el municipio de Guachucal. Tesis de Zoot. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias, 74p.

LITTLE, M.T y HILLS, F.J. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. México. Trillas. 1972. 180p.

MONTENEGRO J, y ABARCAS S, 1999. Fijación de carbono, emisión de metano y de oxido nitroso en sistemas de producción bovina en COSTA Rica. Turrialba, Costa Rica. FAO – CATIE.

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.

MORAN, 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.

ORREGO, S. y DEL VALLE, J. Existencias y tasas de crecimiento neto de la biomasa y del carbono en bosque primarios intervenidos y secundarios. En: ORREGO, S.; DEL VALLE, J.; MORENO, F. ARBELÁEZ, T. Medición de la captura de carbono en ecosistemas forestales tropicales de Colombia: Contribuciones para la mitigación del cambio climático. 2003. p. 215 – 241.

Plan de Ordenamiento del municipio de Pasto POT 2009 – 2014.

RED INTERNACIONAL DE EVALUACIÓN DE PASTOS TROPICALES. 1982. Manual para la evaluación agronómica. Centro internacional de agricultura tropical, CIAT. Cali, Colombia. 168p.

SEGURA, M. y KANNINEN, M. Inventarios para estimar carbono en ecosistemas forestales tropicales. Inventarios forestales latifoliados en América Central. Eds. Orozco, Brunmér, C. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 2002. p. 202-222.

RUIZ, A. fijación de almacenamiento de carbono en sistemas silvopastoriles y competitividad económica en Matiguás, Nicaragua. Turrialba, Costa Rica, 2002. CATIE. 48p.

SEGURA, M. y VENEGAS, G. Tablas de volumen comercial con corteza para encino, roble y otras especies del bosque pluvial montano de la cordillera de Salamanca, Costa Rica. Serie Técnica No. 306. Turrialba, Costa Rica, 1999. CATIE. 46P.

SCHLÖNVOIGT, A.; CHESNEY, P.; SHLLER, M.; y KANTEN, R. Estudios ecológicos de raíces en Sistemas Agroforestales: Experiencias metodológicas en el CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). Versión 2.0. 2000. 36 p.

THORNELY, J.H.M., D. FOWLER, y M.G.R. Cannell. Terrestrial carbon storage resulting from CO<sub>2</sub> and nitrogen fertilization in temperate grasslands. Revista Pl. Cell Environ. No. 14. 1991.