

# Potencial de almacenamiento de carbono en áreas de regeneración natural de paisajes ganaderos de la Amazonia colombiana

## Potential of storage of carbon in areas of natural regeneration of cattle landscapes of the colombian amazonia

José A. Orjuela Ch., MVZ MSc (C)<sup>1</sup>, Bertha L. Ramírez P. PhD<sup>1</sup>, Hernán J. Andrade C., PhD<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Docentes Universidad de la Amazonia, Florencia Caquetá, Colombia

<sup>2</sup>Docente Universidad del Tolima, Ibagué Tolima, Colombia

\*Autor para correspondencia: [orjuela@uniamazonia.edu.co](mailto:orjuela@uniamazonia.edu.co)

Recibido: 1/03/2010, Aceptado: 2/06/2010

### Resumen

El trabajo se realizó en el Sur-oriente de Colombia, en la zona de colonización consolidada del departamento de Caquetá donde los procesos de expansión de agricultura y ganadería se basan en la deforestación. El establecimiento y renovación de pasturas se orienta con modelos de tumba-quema del bosque y de sistemas de regeneración natural conocidos localmente como rastrojos de diversas edades de formación, lo que conlleva a procesos de degradación del ecosistema y baja productividad de la ganadería. Se estimó el almacenamiento de carbono en rastrojos de cinco años de formación, considerando para ello el almacenamiento en la biomasa, necromasa y el suelo. En promedio, los rastrojos estudiados mostraron un potencial de almacenamiento de carbono total de 91.7 Mg ha<sup>-1</sup>, de las cuales 57.3 Mg ha<sup>-1</sup> se encuentran en el suelo hasta 30 cm de profundidad, 25.2 Mg ha<sup>-1</sup> en biomasa arriba del suelo, 2.4 Mg ha<sup>-1</sup> en biomasa de raíces finas a 30 cm de profundidad y 6.8 Mg ha<sup>-1</sup> correspondiente a necromasa del sistema. El manejo de la sucesión vegetal y la conformación de vegetación secundaria (rastrojos), después del abandono de tierras agrícolas, pueden influir en la distribución y dinámica del almacenamiento de carbono en el suelo y otros compartimentos del sistema, convirtiéndose a la vez en una práctica

favorable para procesos de restauración ecológica en la región.

**Palabras claves:** Vegetación secundaria; Regeneración natural; rastrojo; servicio ecosistémico; almacenamiento de carbono, fijación de carbono.

### Abstract

The research was carried out in the south of Colombia, specifically in the consolidated settled area of Caquetá department, where the expansion processes of agriculture and livestock is based on the deforestation of the Amazonian jungle. The establishment of pastures is based on the slash and burn model of the jungle and the pasture renovation on the slash and burn of the natural regeneration, which leads to degradation processes of the eco-system and to low livestock productivity. The study estimated the carbon storage of natural regeneration in livestock landscapes. The potential total carbon storage found was 91.7 Mg.ha<sup>-1</sup>, of which 57.34 Mg.ha<sup>-1</sup> were estimated as carbon stored in soil up to 30 cm depth; 25.2 Mg.ha<sup>-1</sup> in biomass, and 6.8 Mg.ha<sup>-1</sup> in the dead mass of the system. The handling of the vegetable succession and the conformation of secondary vegetation (stubbles), after the abandonment of agricultural lands, can influence in the

distribution and dynamics of the storage of carbon in the soil and other compartments of the system, becoming a favorable practice at the same time for processes of ecological restoration in the region.

**Key words:** Secondary Vegetation; natural regeneration; stubble; ecosystemic service; Carbon storage, Carbon Fixation.

## Introducción

Los bosques del trópico húmedo contienen la más grande concentración de biomasa y biodiversidad de la tierra, por lo tanto, su deterioro trae serias consecuencias para el planeta. Cuando estos bosques cambian a otros usos de la tierra, a través de la quema de su biomasa, práctica común en las poblaciones de la región amazónica, más del 85% del carbono almacenado en la vegetación se pierde en la atmósfera, principalmente como CO<sub>2</sub>, conduciendo a una acelerada pérdida de sus funciones ecosistémicas (FAO 2002).

El uso de algunas prácticas agrícolas son importantes alternativas para la acumulación o captura de carbono, especialmente en suelo y biomasa, creando condiciones favorables de fertilidad y efectos positivos sobre la productividad y sostenibilidad del ecosistema. Estas prácticas incluyen sistemas agroforestales, silvopastoriles, y diversas actividades agrícolas (cultivos y pastizales), el uso de adecuadas técnicas de labranza (labranza de conservación) y buen uso de unidades del paisaje como bosques, rastrojos y humedales. A medida en que se conocen más en detalle las bondades de estas prácticas y ecosistemas del paisaje, es probable que se reoriente su manejo actual y se masifique su aplicación como aporte en la mitigación del calentamiento global, implicando además el reconocimiento del valor económico de la captura y almacenamiento de carbono como servicio ambiental (Ospina 2006).

En la Amazonia Colombiana, estudios realizados por García et al. (2002), determinaron que el promedio de área de una finca de producción agropecuaria es de 100.1 ha. y encontraron como el 69% del área está destinada la producción ganadera, el 12.3% corresponde a áreas en bosques y se reconoce que aproximadamente el 6% del área ésta constituida por formaciones de vegetación secundaria a partir de la regeneración natural, conocidas localmente como *rastrojos* en diferentes etapas de formación, y que su manejo está condicionado a prácticas de tumba y quema para la renovación de pasturas o áreas de producción agrícola. El conocimiento sobre el potencial de captura y almacenamiento de carbono como servicio ecosistémico de los rastrojos en los sistemas ganaderos de la Amazonía Colombiana, permite estimar sus bondades, y constituirse como una herramienta para la mitigación al cambio climático y la posible vinculación a proyectos MDL o REDD+ de los sistemas productivos regionales. Este artículo reporta los resultados referentes al almacenamiento de carbono en rastrojos ubicados en fincas ganaderas de la región intervenida del Caquetá, en la Amazonia colombiana.

## Metodología

En cada uno los rastrojos seleccionados en los tres sitios de estudios (GRB, GRB y GRF) se definieron parcelas temporales de muestreo de una (1) hectárea para las determinaciones de carbono total. Se estimó el carbono total en los cuatro almacenes principales i) biomasa arriba del suelo que correspondió a herbáceas, latizales y fustales, ii) biomasa bajo del suelo siendo raíces finas, iii) necromasa: hojarasca, troncos muertos caídos y árboles muertos en pie, iv) carbono total en el suelo. Se estimó el almacenamiento de carbono siguiendo la metodología de

IPCC (2003), Andrade e Ibrahim (2003) y Delgadillo y Sotero (2006).

En cada rastrojo se establecieron tres parcelas temporales de muestreo de forma rectangular. La parcela básica de muestreo fue de 1000 m<sup>2</sup>, en donde se estimó la biomasa aérea. En una subparcela de 500 m<sup>2</sup> se estimó el carbono total almacenado en suelo, necromasa y herbáceas. Las parcelas se delimitaron usando estacas en madera y cinta reflectiva (Delgadillo y Sotero 2006).

En la parcela de muestreo se ubicaron los siguientes puntos: 1) diez subparcelas de 0,25 m<sup>2</sup> para muestreo de hojarasca, 2) tres subparcelas de 1m<sup>2</sup> para muestreo de hierbas y tres calicatas para el muestreo de suelo. El establecimiento del sitio incluyó su ubicación mediante GPS y la realización del plano dentro del sistema. La figura a continuación presenta la estructura de la parcela de muestreo.

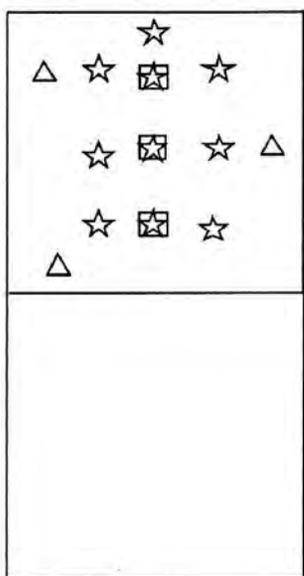


Figura 1. Esquema de parcela temporal de muestreo de 1000 m<sup>2</sup>. a) Calicatas para muestreo de suelo; b) subparcelas para muestreo de brinzales; c) subparcelas para muestreo de hojarasca y detritos; d) transecto para muestreo de árboles caídos.

## • Medición del almacenamiento de carbono en compartimientos

### *Muestreo de hojarasca y detritos*

Fue el primer componente muestreado para evitar que el resto de material se disturie por pisoteo. Se tomó todo el material encontrado en diez marcos de 0.5 x 0.5 m<sup>2</sup> y se colectó en bolsas plásticas individuales. Las muestras obtenidas se pesaron y se mezclaron para obtener una muestra compuesta por sitio de 300 g, la cual se llevó al laboratorio para el cálculo de materia seca mediante secado en horno a 70° C hasta alcanzar peso constante.

### *Muestreo de árboles muertos en pie y troncos caídos*

La estimación de la biomasa en árboles muertos en pie se realizó a partir de la cuantificación del total de individuos muertos en pie en cada una de las parcelas temporales de muestreo. Las variables registradas fueron dap y altura total.

La estimación de la biomasa de los troncos caídos, árboles completos o secciones de árboles de diámetros mayores a 1 cm se hizo mediante el "método del machete", método aprobado por la IPCC (2003), en el que se definen un transectos de 50 m. en cada parcela de muestreo. Se trazaron tres transectos en cada rastrojo definido por la línea del borde de cada parcela de muestreo, para un total de 150 m. Se midieron los diámetros de cada pieza que se intercepta con la línea. Cada una de las piezas de madera muerta se clasificó según la densidad, golpeándolas con un machete y registrando el efecto que este golpe causa, considerando: alta (consistente), media (intermedio) y baja

(podrido), y se les asignó el promedio de gravedad específica: 0,23; 0,42 y 0,60 g cm<sup>-3</sup>, respectivamente (Segura 2005).

#### Muestreo de biomasa de hierbas

Este componente se estimó en tres parcelas de 1 m<sup>2</sup> cada una distribuidas al azar dentro de la parcela de muestreo temporal. Luego de ubicado el marco en el sitio de muestreo, se cortó todo el material herbáceo encontrado dentro de él y se pesó en fresco, las muestras se mezclaron y se a partir de esta muestra compuesta se tomó submuestra de 300 g para estimar el contenido de materia seca en el laboratorio mediante secado en horno a 70° C hasta peso constante.

#### Muestreo de biomasa del componente leñoso

La biomasa arriba del suelo se estimó identificando y clasificando los individuos encontrados como latizales y fustales, teniendo en cuenta la altura y diámetro a

la altura del pecho (dap), ver cuadro a continuación.

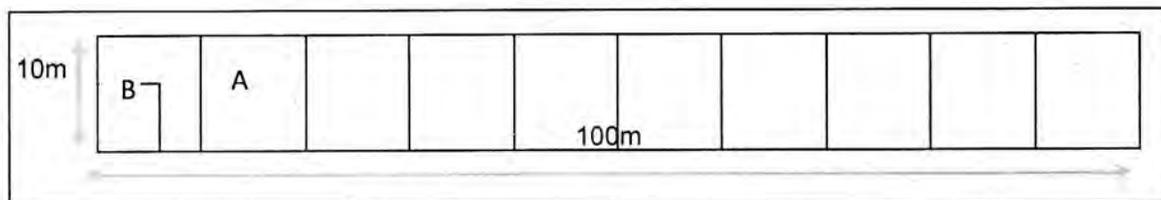
Se realizó el inventario florístico en cada rastrojo usando las 3 parcelas temporales de muestreo de 1000 m<sup>2</sup> en cada rastrojo definidas anteriormente. Se siguió la metodología propuesta en las guías técnicas del Ministerio del Medio Ambiente de Colombia (2002), teniendo en cuenta que para la identificación de fustales se usan subparcelas de 10 x 10 m (A), y dentro de éstas se muestrearon subparcelas de 5 x 5 m para la identificación de latizales (B), Figura 2.

El dap se midió a 1,30 m de altura sobre el suelo usando cintas diamétricas. Se consideran aspectos como la presencia de troncos torcidos, bifurcados, con contrafuerte, inclinados o sobre pendientes del terreno. La medición de la altura se hizo con el uso de un clinómetro (instrumento óptico que se usa para estimar o medir la altura de los árboles).

**Cuadro 1.** Características y tamaños por categorías de regeneración

Categoría	Características	Tamaño de unidades de muestreo
Fustal	Árboles con dap = 10 cm	10 x 10 m
Latizal	Plantas = 1,5 m de h y dap < 10 cm	5 x 5 m

Fuente: Melo et al (1997). dap:



**Figura 2.** Diseño de parcelas para inventario florístico.

La biomasa del componente leñoso se estimó usando el siguiente modelo alométrico desarrollado para bosques secundarios:

$$\text{Log}_{10} Y = -4.4661 + 2.707 \log_{10} \text{dap}$$

(Ferreira, 2001).

Donde:

Y = Biomasa aérea total en base seca  $\text{Mg ha}^{-1}$

dap = Diámetro a la altura del pecho (cm)

#### *Muestreo de la biomasa abajo del suelo*

Se estimó la biomasa aportada por raíces finas (diámetro < 2 mm), a partir de la extracción de raíces presentes en dos bloques de suelo de 10 x 10 cm a diferentes profundidades (0-10; 10-20 y 20-30 cm) tomando muestras en tres caras de la calicata (sur, este y oeste). Luego de extraídas las raíces de cada muestra de suelo, se llevaron a laboratorio para la estimación de biomasa mediante secado en horno a 70° C por 72 horas.

Para la transformación de biomasa ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) de cada uno de los componentes del sistema en términos de Carbono Total ( $\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) se usó la fracción de carbono basado en el valor padrón del IPCC = 0,5.

#### *Muestreo para la estimación del porcentaje de carbono orgánico en suelos*

En este componente se debe tener en cuenta el cálculo de la densidad aparente del suelo diferenciando las diferentes profundidades. Se utilizó el método del cilindro de volumen conocido ( $98,18 \text{ cm}^3$ ) de los diferentes sitios de muestreo en la calicata. En total se tomaron 27 muestras por parcela temporal de muestreo. Se estimó el

contenido de carbono en el suelo en sus primeros 30 cm. Las muestras se tomaron a partir de una calicata de 0,5 x 0,5 m y de 0,5 m de profundidad, separando por incremento de profundidad así: 0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm. Las muestras obtenidas en cada uno de los puntos de muestreo se mezclaron para obtener una muestra compuesta por cada profundidad, se tomaron tres muestras compuestas por parcela. Se quitaron todas las hierbas y hojarasca de la superficie, cada muestra se secó al aire en un lugar fresco y seco. Teniendo en cuenta la densidad aparente y el ajuste de la masa realizado con respecto a la profundidad del suelo, se realiza el cálculo del carbono total en el suelo, teniendo en cuenta las profundidades definidas y el almacenamiento total de 0 a 30 cm de profundidad.

## **Resultados y discusión**

El cuadro 2 presenta los valores correspondientes a carbono ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) por componente en cada uno de los sitios de muestreo. Se encontró diferencias en las cantidades de carbono total almacenado entre los sitios, siendo en su orden mayor GRD, GRF y GRB.

#### *Carbono de la biomasa arriba del suelo*

En promedio, la cantidad de carbono acumulado en la biomasa arriba del suelo en los rastrojos evaluado fue  $25.2 \text{ Mg ha}^{-1}$ , que corresponde al 27.5% del carbono total del sistema. En proporción al carbono total del compartimento de biomasa arriba del suelo, la categoría fustal aportó el 92.5%, seguido de la categoría de latizales (3.8%) y brinzales (3.7%). Entre sitios, fue mayor en el sitio GRD lo cual se relaciona con la mayor cantidad de especímenes en estado fustal. La biomasa arriba del suelo en este

**Cuadro 2.** Carbono total (Mg.ha<sup>-1</sup>) por compartimiento y sitio de muestreo en rastrojos en la Amazonia Colombiana

Compartimiento	Subcompartimiento	Prof. (cm) y componente	GRB		GRD		GRF	
			Media	EE	Media	EE	Media	EE
Bajo el suelo	Suelo	0 - 10	26.0	0.12	21.7	0.78	28.3	1.51
		10 - 20	18.7	0.64	16.9	0.68	17.9	0.14
		20 - 30	12.1	2.16	12.8	0.78	19.6	3.96
		0 - 30	54.8	3.16	51.4	2.18	65.8	5.56
	Raíces Finas	0 - 10	2.1	0.70	1.1	0.06	1.7	0.09
		10 - 20	0.6	0.21	0.4	0.01	0.4	0.06
		20 - 30	0.3	0.07	0.3	0.01	0.3	0.04
		0 - 30	3.0	0.97	1.7	0.07	2.4	0.11
Sobre el suelo	Necromasa	Hojas caídas	1.6	0.21	0.7	0.10	3.2	0.35
		AMP	0.2	0.12	0.4	0.10	0.5	0.10
		TCM	0.3	0.21	6.9	3.25	6.6	3.10
		Total necromasa	2.1	0.53	8.0	3.33	10.2	2.76
		Vegetal	Brinzales	1.5	0.22	1.0	0.17	0.4
	Latizales		0.3	0.11	0.7	0.05	1.8	0.53
	Fustales		10.8	5.30	53.5	11.03	5.6	2.21
	Carbón del suelo		12.7	5.06	55.2	10.88	7.8	2.55
	TOTAL			72.6	6.08	116.3	5.50	86.1

AMP: Árboles muertos en pie  
TCM: Troncos caídos muertos  
EE: Error estándar

sitio representó el 47.5% del total de carbono almacenado en el sistema, y en ella, el 96.9% correspondió al aporte dado por los fustales, esto relacionado con aspectos de manejo en la formación del rastrojo dados por el productor. La composición vegetal, en términos de aporte de biomasa por parte de brinzales, latizales y fustales influyó en la cantidad total de carbono almacenado en los rastrojos.

Resultados similares son reportados por Feldpausch et al. (2004) en su estudio de regeneración natural en pasturas de la Amazonia central en Brasil (Manaus), donde encontró una acumulación de carbono en biomasa aérea de 6.4 a 25.4 Mg ha<sup>-1</sup> en bosques secundarios entre 4 y 8 años de formación. Ferreira (2001) reporta almacenamiento de carbono en biomasa arriba del suelo de bosques secundarios con edades de formación de 6 a 8 años en San Carlos Nicaragua, valores de 7.30 y 22.98 Mg ha<sup>-1</sup> respectivamente.

El cuadro 3 presenta la biomasa y el

carbono aéreo estimado en 5 usos del suelo en la Amazonia Colombiana. Se observa como la cantidad de carbono encontrado en los rastrojos del presente estudio es más bajo que el reportado para bosques primarios o poco intervenidos, pero comparativamente mayor con respecto a usos del suelo como las pasturas de manejo tradicional en la región. Investigaciones desarrolladas por Amézquita et al. (2008), reportaron el almacenamiento de carbono en biomasa aérea para bosques nativos en terrenos de topografía plana, encontrando valores promedio de 75.9 Mg ha<sup>-1</sup>.

#### *Carbono almacenado en la biomasa subterránea: raíces finas*

El carbono encontrado en este compartimiento a 30 cm de profundidad fue en promedio 2.36 Mg.ha<sup>-1</sup>, que corresponde al 2.6% el carbono total almacenado en el sistema. En general se encontró una relación entre el nivel de profundidad y la cantidad de raíces. Entre sitios, se encontró una mayor

**Cuadro 3.** Biomasa y carbono aéreo ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) en diferentes usos de suelo en la Amazonia Colombiana (Caquetá)

<i>Uso del Suelo</i>	<i>Biomasa</i>	<i>Carbono</i>
Bosque primario (poco intervenidos)	166.5	83.345
Cultivo de caucho ( <i>Hevea brasiliensis</i> )	69	34.5
Cultivo de platano ( <i>Mussa paradisiaca</i> )	5.1	2.6
Braquiaria - monocultivo	3.8	1.9
Braquiaria – asociado	6.2	3.1

Fuente: Programa Tropenbos, IGAC 1993.

acumulación de raíces finas en GRB, posiblemente debido a la menor proporción de fustales y mayor de brinzales y latizales. El sitio GRD presentó los menores niveles de almacenamiento de carbono en raíces finas.

Amézquita et al. (2008), reportaron valores de carbono total almacenado en raíces finas hasta un metro de profundidad del orden de 5.6 y 2.7  $\text{Mg ha}^{-1}$  para bosques nativos y áreas de regeneración natural de 3.3 años de formación a partir de pasturas degradadas, respectivamente.

#### *Necromasa y Carbono en el sistema*

El carbono estimado para este almacén dentro del sistema, fue en promedio de 6.78  $\text{Mg ha}^{-1}$ , correspondiente al 7.39% del aporte al total de carbono almacenado en promedio para los tres sitios. En los sitios GRD y GRF el aporte de carbono más significativo para este componente lo hacen los troncos caídos (6.9 y 6.6  $\text{Mg ha}^{-1}$  respectivamente), para GRB el aporte más importante esta dado por la hojarasca (1.63  $\text{Mg ha}^{-1}$ ). El aporte del componente de árboles muertos en pie es más significativo en los sitios GRD y GRF. El aporte de carbono de la hojarasca al total del sistema

corresponde al 2% (1.84  $\text{Mg ha}^{-1}$ ); aparentemente no se encontró relación entre la biomasa aérea total y la biomasa de hojarasca.

Ferreira (2001) reporta un valor entre 1.66, 1.99 y 1.39  $\text{Mg ha}^{-1}$  de carbono en hojarasca en bosques secundarios con edades de formación de 6, 7 y 8 años respectivamente, y representan en promedio el 2.3% del carbono total almacenado en el sistema. Estos valores son similares a los encontrados en el presente estudio.

#### *Carbono almacenado en el suelo*

El carbono almacenado en el suelo constituye el aporte más importante al carbono total del sistema siendo en promedio de 57.34  $\text{Mg ha}^{-1}$  (62.54% del total) en los primeros 30 cm de profundidad.

En los tres sitios, se observa como el carbono total almacenado en el suelo decrece a medida que se incrementa la profundidad. Al comparar el carbono almacenado en profundidades de 0–10, 10–20 y 20–30 cm se encontró en promedio para los tres sitios 25.33, 17.18 y 14.83  $\text{Mg ha}^{-1}$  (44.2%, 30% y 25.8% del carbono total en el suelo hasta los 30cm) respectivamente. La mayor cantidad de

carbono en las capas superficiales del suelo se relaciona con la mayor actividad biológica y el aporte de hojarasca y detritus orgánicos.

El carbono almacenado en el suelo en los primeros 30 cm de profundidad representa en promedio el 62.5% del carbono total almacenado en los rastrojos de los tres sitios estudiados, similar al reportado por Ferreira (2001) para bosques secundarios en Nicaragua, Brown (1982) y Johnson et al. (2001)

sin embargo se tiene que en suelos sometidos a procesos de regeneración natural a partir de pasturas degradadas los niveles de carbono en suelo tienden a aumentar. En terrenos ligeramente ondulados, se presentó mayor cantidad de carbono total en suelo de bosque nativo. En comparación, los resultados aquí reportados son mayores que en los rastrojos estudiados, sin embargo se debe tener en cuenta que corresponden a una profundidad de 1 metro en el suelo.

**Cuadro 4.** Carbono total en suelo ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) de sistemas de uso del suelo estable en terrenos planos (A) y ligeramente ondulado (B) en la Amazonia Colombiana.

Sistema de uso del suelo	A	B
Bosque nativo	107 <sup>a</sup>	181 <sup>a</sup>
<i>B. humidicola</i>	144 <sup>c</sup>	159 <sup>c</sup>
<i>B. humidicola</i> + leguminosa	138 <sup>bc</sup>	.
<i>B. decumbens</i>	124 <sup>a</sup>	.
<i>B. decumbens</i> + leguminosa	128 <sup>b</sup>	172 <sup>b</sup>
Regeneración natural en pasturas degradadas	134b <sup>c</sup>	129 <sup>d</sup>

Medias con letra diferente son estadísticamente diferentes  $p < 0.1$

Fuente: Amezcua et al (2008)

para bosques primarios. El total de carbono almacenado en el estrato de suelo en estudio fue significativamente mayor en GRF, y en su orden GRB y GRD, relacionado probablemente con mayores niveles de rizodeposición evidenciado por mayores niveles de biomasa de raíces encontrados en GRB, GRF y menores en GRD.

El cuadro 4 muestra los stocks de carbono total en suelo reportados por Amezcua et al. (2008) en la Amazonia Colombiana (Caquetá). Se observa que los suelos usados como pasturas en terrenos planos poseen mayor cantidad de carbono total en suelos en comparación con los suelos en bosques;

Ferreira (2001) reportó  $61 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$  en los primeros 30 cm de profundidad del suelo en bosques secundarios de 6 años de formación. Feldpausch et al. (2004) reporta para profundidades de 0-15 y 15-30 cm de profundidad en el suelo niveles de carbono de  $20.71$  y  $10.63 \text{ Mg ha}^{-1}$ , en bosques secundarios de 4 a 6 años de edad, formados por regeneración natural en pasturas en la Amazonia central (Manaus, Amazonas, Brasil).

La figura 4 presenta de forma compilada, el Carbono total almacenado por componente del sistema y por sitio en los rastrojos estudiados. Se observa la importancia del carbono almacenado en la biomasa aérea para el sitio GRD.

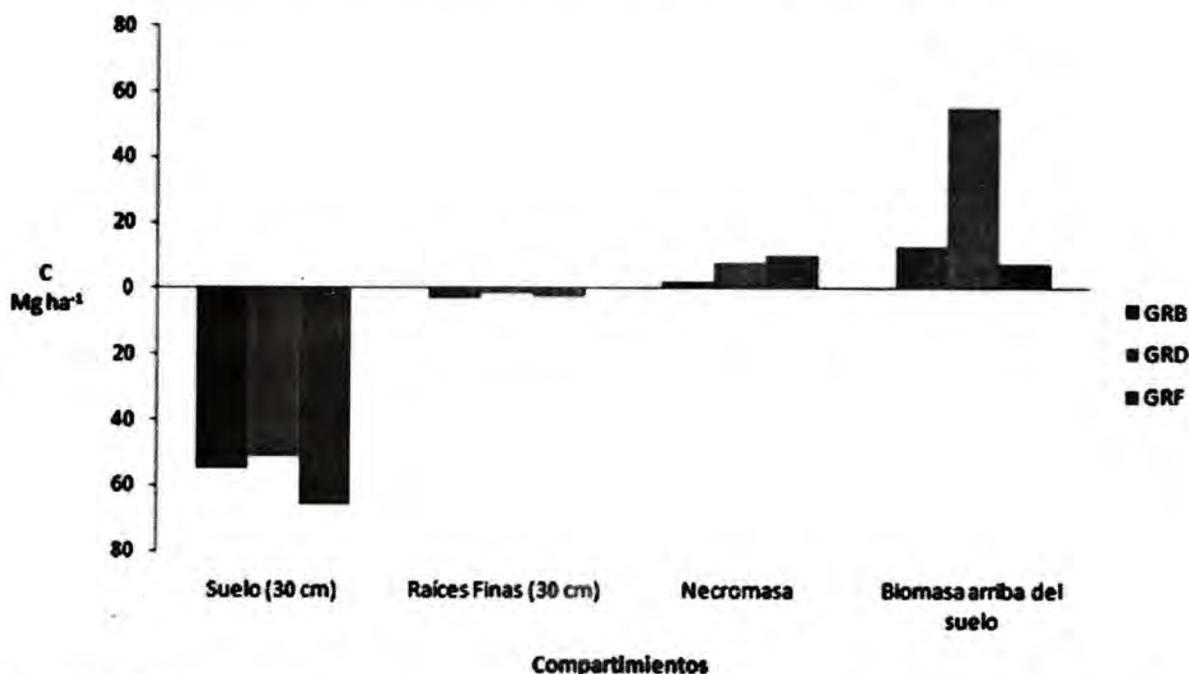


Figura 4. Carbono almacenado en los diferentes compartimientos en tres áreas de rastrojos en la Amazonia Colombiana

### Conclusiones y recomendaciones

El uso de modelos alométricos es útil para la estimación de biomasa y carbono de árboles individuales. Se seleccionó un modelo alométrico logarítmico de acuerdo al comportamiento de la distribución de los datos y la lógica biológica de las estimaciones.

El aporte de carbono total almacenado fue mayor en fustales, que en latizales y brinzales, siendo de 23.3, 1,0 y 0,9 Mg ha<sup>-1</sup> respectivamente.

El suelo de 0-30 cm de profundidad fue el compartimiento del sistema que mayor cantidad de carbono almacena (62.5% del total) en rastrojos de 5 años de edad en la Amazonía colombiana.

El manejo de la sucesión vegetal para la conformación de vegetación secundaria (rastrojos) después del abandono de tierras agrícolas, o incluso el

establecimiento de plantaciones forestales o agroforestales, puede influir en la distribución y dinámica del almacenamiento de carbono en el suelo y otros compartimientos del sistema.

El direccionamiento de la sucesión vegetal y la conformación de vegetación secundaria (rastrojos) después del abandono de tierras agrícolas, o incluso el establecimiento de plantaciones forestales o agroforestales, puede influir en la distribución y dinámica del almacenamiento de carbono en el suelo y otros compartimientos del sistema.

Se plantea entonces la posibilidad de incluir los rastrojos asociados a sistemas ganaderos en planes de manejo que no implique su tumba y quema rasa tradicional, si no que se recomiende la permanencia en el sistemas de componentes como fustales y latizales que favorezcan la estabilidad del carbono almacenado por la biomasa aérea, y a la

vez permita brindar condiciones para la conformación de sistemas más sostenibles, como por ejemplo, sistemas silvopastoriles.

Desarrollar investigaciones sobre estrategias de intervención de rastrojos y su eficiencia productiva, y contribución a la sostenibilidad del entorno regional.

Desarrollar e implementar programas de pago de servicios ambientales en sistemas agropecuarios, específicamente, captura de carbono, que además de contribuir a la mitigación del cambio climático global, favorezca el desarrollo de sistemas agropecuarios más eficientes y rentables, y por lo tanto mejoraría la calidad de vida de los productores regionales.

## Bibliografía

- Amézquita, C; Murgueitio, E; Ibrahim, M; Ramírez B. 2008. Carbon sequestration in tropical grassland ecosystems. Proyecto captura de carbono Cooperación Holandesa CO-010402, CIPAV- Universidad de la Amazonia-CATIE-CIAT-Universidad de Wageningen.
- Andrade, H; Ibrahim M. 2003. ¿Cómo monitorear el secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles?. *Agrogorestería de las Américas* Vol. 10 N° 39-40. pag. 109-116. 13 p.
- Brown, S; Lugo, A.E. 1982. The storage and production of organic matter in tropical forests and their role in the global carbon cycle. *Biotropica* 14(3):167-187.
- Delgadillo, M; Sotero Q. 2006. Manual de monitoreo de carbono en Sistemas agroforestales. Comisión Nacional Forestal CONAFOR y AMBIOS S.C. DE R.L. México. 43 p.
- FAO, 2002. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2002. Captura de Carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Informes sobre recursos mundiales de suelos, FAO, Roma. 61 p.
- Feldpasuch, T; Prates, C; Fernanades, E; Riha, S. 2007. Secondary forest growth deviation from chronosequence predictions in Central Amazonia. In. *Global Change Biology* 13, 967-979, doi: 10.1111/j.1365-2486.2007-01344.x.
- Feldpausch, T; Rondon, M; Fernandes, E; Riha, S; Wandell, E. 2004. Carbon and nutrient accumulation in secondary forests regenerating on pastures in Central Amazonia. *Ecological Applications*, 14(4) Supplement 164-176.
- Ferreira, C.M. 2001. Almacenamiento de Carbono en bosques secundarios en el municipio de San Carlos, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 100p.
- García J; Cipagauta M; Gómez J; Gutiérrez A. 2002. Descripción, especialización y dinámica de los sistemas de producción agropecuaria en el área intervenida del departamento de Caquetá. CORPOICA - PRONATTA. Florencia. 63 p.
- IPCC, 2003. Guía de Buenas Prácticas del uso de la tierra, Cambio del Uso de la Tierra y Silvicultura (GBP/CUTS). Métodos Complementarios y Orientación Sobre las Buenas Prácticas que Emanan del protocolo de yoto. Capítulo 4. 132 pg. Tomado de: [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gppluluc/gpplulucf\\_languages.html](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gppluluc/gpplulucf_languages.html)
- Jhonson, CM, Vieira ICG, Zarin DJ, Frizano J., Jhonson AH. 2001. Carbon and nutrient storage in primary and secondary forest in eastern Amazonia. *Forest Ecology and Management* 147:245-252 p.

Melo, O., Martínez, H. y Huertas, f. 1997. Cuantificación de la diversidad florística y análisis estructural de ecosistemas tropicales. Universidad del Tolima. Facultad de Ingeniería Forestal. Centro Forestal Tropical Bajo Clima, 1997. 82 p.

Ospina, A. A. 2006. Agroforestería, aportes conceptuales, metodológicos y prácticos para el estudio agroforestal. Asociación del colectivo de agroecología del suroccidente colombiano. Serie Agroforestería. 209 p.

Segura M. 2005. Estimación del carbono almacenado y fijado en sistemas agroforestales indígenas con cacao en la zona de Talamanca, Costa Rica, Informe de Consultoría. Proyecto: Captura de carbono y desarrollo de mercados ambientales en sistemas agroforestales indígenas con cacao en Costa Rica (TF-052118). 11 p.