CAPTURA Y FLUJO DE CARBONO EN SILVOPASTOREO CON BOVINOS EN EL TROPICO COLOMBIANO

L. A. Giraldo, M. Zapata y E. Montoya
Departamento de Producción Animal, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Calle 64 Nº 59-20, Medellín

INTRODUCCIÓN

Las tendencias actuales de la producción animal en el trópico, hacen énfasis en modelos que tengan un desarrollo armónico entre los aspectos sociales, ambientales y económicos. En los últimos años se viene acumulando una creciente fuente de conocimientos y evaluaciones sobre el potencial de los sistemas silvopastoriles para la producción animal, lo que permitirá avanzar más rápido en la construcción de nuevos modelos sostenibles que aprovechen el potencial de los agroecosistemas para ofertar productos, ingresos y servicios ambientales. En Colombia el silvopastoreo ha mostrado mejora de la cantidad y calidad nutricional de la dieta en oferta, mayor carga animal, mayor reciclaje de nutrientes y como consecuencia mayor productividad animal (Giraldo, 2000). Se fijo como objetivo evaluar y desarrollar un protocolo para la medición de la captura de carbono en diferentes compartimientos y el flujo entre animales y el suelo, como un servicio ambiental en un sistema silvopastoril (SSP) en clima cálido de Colombia, cuyo propósito final es la implementación de proyectos Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) dentro del protocolo de Kyoto.

MATERIAL Y METODOS

En Colombia, en el departamento de Antioquia en el Bajo Cauca, se realizó un proyecto utilizando un SSP de seis años de edad, con una asociación: del árbol leguminoso *Acacia mangium* + la gramínea *Brachiaria dyctioneura* a dos densidades de siembra de árboles [169 árboles/ha, Alta Densidad (AD), y 100 árboles/ha, Baja Densidad (BD)]. La metodología utilizada se basa en la propuesta de Winrock (MacDicken, 1997) y los procedimientos seguidos en Colombia por Orrego et al (2003). La captura de carbono se estimó en los compartimentos: 1) Biomasa aérea de las plantas: comprende la biomasa aérea tanto de árboles y pasturas. 2) Biomasa radical: comprende la biomasa de las raíces de los árboles y las pasturas asociadas. 3) Carbono en suelo: comprende el carbono almacenado en el suelo en formas húmicas. 4) Carbono en heces de animales bovinos. Se seleccionaron 2has y se establecieron aleatoriamente tres parcelas permanentes circulares de 500 m^2 en cada SSP de AD y BD. El área asignada de 2 has, como testigo (pasto sólo), se considero como única parcela en su totalidad. Se realizó un inventario inicial de árboles, se midió el perímetro del fuste con cinta métrica y se realizó la primera medición con microdendrómetro. La altura de los árboles se midió con un hipsómetro mecánico al 30% de los árboles en cada parcela. Para estimar la biomasa aérea de los árboles se utilizó el método de las ecuaciones de biomasa, cosechando 6 árboles, con corte a ras del suelo. Para calcular la masa verde del árbol se separó por componentes (hojas, ramas y fuste) y se pesó en campo en su totalidad, tomando muestras de 500 g para cada componente y secándolas para obtener masa seca. Para la extracción de las raíces de los árboles, se rastreó el sistema radicular hasta un diámetro mínimo de 5 mm. Todas las raíces de cada árbol se limpiaron y se pesaron en campo y tomaron muestras para determinar el contenido de humedad y encontrar su peso seco. Para el muestreo de las raíces en las pasturas, se utilizó un barreno de golpe para muestreo de raíces, tomando en

cada parcela permanente cinco puntos aleatoriamente hasta una profundidad de 30 cm (dos muestras por punto). Se descongelaron lo cilindros de suelo y se separaron las raíces del suelo, mediante el lavado con agua del grifo, usando tela de muselina. Para estimar la biomasa de la pastura se cosechó el forraje que se encuentra disponible exactamente sobre los puntos de muestreo de raíces. Para el muestreo del suelo, se utilizó un barreno sacabocado para extraer seis muestras de 15 cm de alto hasta alcanzar 90 cm de profundidad, estableciendo los siguientes estratos: 0-15; 15-30; 30-45; 45-60; 60-75; y 75-90 cm. Para la estimación del flujo de carbono a través de las heces, se monitorearon 8 hembras bovinas de la raza Brahman, con un peso promedio de 261,8±4 kg. Para la cuantificación de la cantidad de heces producidas por animal en pastoreo libre, se utilizó como marcador interno la fibra en detergente ácido indigerible (Cochran et al., 1988).

RESULTADOS Y DISCUSION

El modelo alométrico ajustado y obtenido para la *A. mangium* es: $Bt = 0{,}1278D^{2{,}3635}$ R^2=0.93; donde *Bt* es la biomasa aérea en kg y *D* es el diámetro normal en cm.
El modelo obtenido para las raíces fué: $\ln(BR) = -2{,}8642 + 2{,}1256 \ln(D)$; $R^2 = 0{,}94$; donde *BR* es la biomasa radical del árbol y *D* es el diámetro del fuste. Este modelo se utilizó para predecir la biomasa total del sistema radical hasta 5 mm de diámetro en todos los árboles de cada parcela y luego su equivalente en carbono por hectárea.

Tabla 1. Resumen de las existencias de carbono en cinco compartimientos y el flujo a través de las heces de bovinos en pastoreo.

Compartimiento	SSP- AD	SSP - BD	Testigo
Parte aérea de árboles (t C/ha)	35,52	30,22	---
Parte radical de árboles (t C/ha)	7,08	6,00	---
Parte aérea de pastos (t C/ha)	0,63	1,21	2,49
Parte radical de pastos (t C/ha)	5,90	13,49	15,18
En suelo (0-15 cm) (t C/ha)	16,67	19,66	20,41
Total C (t/ha)	65,80a	70,60a	38,08b
Flujo en heces (tC/UA/ha/año)	0,243a	0,219b	0,216b

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente (P<0,05)

La cantidad de carbono (Tabla 1) capturada por los árboles, las pasturas y el suelo ascendió a 65,80 y 70,59 tC/ha para AD y BD respectivamente, cantidades mayores (P<0,05) a las encontradas (38,07 tC/ha) en las áreas testigo (sin árboles). El flujo de carbono a través de las heces producidas por los animales fue mayor (P<0,05) en el tratamiento AD (0,24 tC/UA/ha/año) respecto a los tratamientos BD y potreros sin árboles o testigo. Alrededor del 65 y del 51% del carbono total almacenado en los SSP de AD y BD respectivamente, corresponden a la parte aérea de los árboles, porcentajes inferiores a los reportados por Andrade (1999) de 76% y 94% para *A. mangium* y *E. deglupta* cuando se asocian con *B. brizantha*, *B. decumbens* y *P. maximum* respectivamente, diferencias debidas principalmente a la edad y densidad de plantación. El monitoreo de la captura de carbono se debe realizar anualmente, con el propósito de poder cuantificar las diferencias de carbono con respecto al área testigo y así poder determinar la adicionalidad ambiental (diferencia de carbono entre la línea base: potrero testigo, y la situación con proyecto: SSP bajo los delineamientos de proyectos de MDL). En la tabla 2, se muestran los incrementos medios anuales (IMA) o tasa de fijación de carbono obtenido. Los valores hallados son altos especialmente para el año 2 (P<0,05), comparados con los incrementos

medios anuales reportados para las zonas de vida semejantes, debido a que estos SSP son jóvenes y se encuentran en su período de máximo crecimiento.

Tabla 2. Incrementos medios anuales (IMA) de carbono en SSP de AD y BD, durante dos años.

	IMA (t C/ha/año)	
Densidad/Repetición	**Año 1**	**Año 2**
AD/1	5,63	8,38
AD/2	6,59	7,76
AD/3	4,81	9,50
Promedio	5,68±0,89a	8,55±0,88b
BD/1	3,93	9,69
BD/2	6,22	10,26
BD/3	4,34	10,20
Promedio	4,83±1,22a	10,07±0,33b

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente (P<0,05)

Estos valores son mayores a los reportados por Andrade (1999) en Costa Rica (1.75 y 1.8 tC/ha/año) para *A. mangium* y *E. deglupta* respectivamente, puesto que la edad de los SSPs de Colombia es seis años y dos para Costa Rica, además la densidad de plantación es mayor (C. Rica: 370/ha). Pero son incrementos de fijación de carbono semejantes para otras plantaciones forestales tropicales a densidades mayores como: *Pinus caribea*, *Casuarina spp*, *Pinus patula*, *Acacia mearsii*, *Cassia siamea* y *Acacia nilotíca* (3,9; 6,0; 5,5; 2,9; 7,8 y 2,8 tC/ha/año respectivamente). En base a la información obtenida, se pudo proponer y probar, una de las primeras propuestas metodológicas de cuantificación del carbono capturado en los diferentes compartimientos en SSP de Colombia. Su mayor virtud se encuentra en la precisión y la intensidad que se utiliza para efectuar dichas determinaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade, H. 1999. Dinámica productiva de sistemas silvopastoriles con *Acacia mangium* y *Eucalyptus deglupta* en el trópico húmedo. Tesis Mg. Sci. Turrialba. Costa Rica. CATIE.

Cochran, R., D. Adams, J. Wallace and M. Galyean. 1988. Predicting digestibility of different diets with internal markers: evaluation of four potential markers. J. Anim. Sc. 63: 1476-1484.

Orrego, S., Del Valle, I. y Moreno F. 2003. Medición de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales Tropicales de Colombia. Contribuciones para la Mitigación del Cambio Climático. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Centro Andino para la Economía del Medio Ambiente. Colombia

MacDicken, K. 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Winrock International Institute for Agricultural Development. U.S.A.

Giraldo, L. A. 2000. Sistemas Silvopastoriles: Alternativa Sostenible para la Ganadería en Colombia. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. PRONATTA/ CONISILVO. Colombia.