ISSN 2238-457X

Potencial de los diferentes tipos de pasturas presentes en dos zonas agroecológicas de Costa Rica para almacenar y fijar carbono.

Casasola, F[1]; Ibrahim, M[2], Villanueva, M[3]; Tobar, D[3]; Sepúlveda, C[3]; Vega, A[3].

Palabras clave: Zonas agroecológicas, almacenamiento de carbono, fijación de carbono, sistemas silvopastoriles

Resumen

Este estudio tiene por objetivo mostrar los resultados obtenidos en diferentes condiciones agroecológicas Costa Rica sobre almacenamiento y la fijación de carbono en pasturas manejadas en sistemas ganaderos de producción tradicionales y silvopastoriles y reportar la contribución potencial de diferentes usos de la tierra ganaderos para actuar como sumideros de carbono. El estudio se realizó en los ecosistemas del trópico húmedo y en el trópico subhúmedo. Se determinó el carbono existente sobre el suelo (pasturas y leñosas) y bajo el suelo a un metro de profundidad. Se revisó la literatura existente y se estimó un área de pasturas en cada una de las dos zonas agroecológicas, luego se tomaron las tasas de fijación de carbono anuales y se multiplicaron por las áreas de pasturas existentes bajo los diferentes ecosistemas para obtener la fijación potencial de carbono en cada uso de la tierra presente en cada agroecosistema evaluado.

El carbono total almacenado en pasturas mejoradas de *Brachiaria brizantha* (153 ton/ha) fue menor que en las pasturas de la misma especie asociadas con *Eucalipto deglupta* (173.7 ton/ha) *y con Arachis pintoi* (186.8 ton/ha). Los árboles en las pasturas almacenan importantes cantidades de carbono en sus fustes, esto es de suma importancia pues este carbono tiene una mayor permanencia en el sistema que el que se acumula en la vegetación herbácea. En el trópico sub húmedo se observaron las mismas tendencias que el trópico húmedo pues conforme mejora la pastura y la misma se arboriza la cantidad de carbono almacenado es mayor.

El manejo de pasturas mejoradas con árboles adecuadamente en el trópico húmedo y subhúmedo podría potencialmente fijar anualmente alrededor de 635000 toneladas de CO_2 al año. Las pasturas en el trópico húmedo tienen una mayor capacidad de almacenar y fijar CO_2 que las pasturas en el trópico subhúmedo.

Introducción

La ganadería en Costa Rica se le asocia con una imagen negativa, pues se ha dicho que es la responsable de la deforestación de amplias áreas (Szott et al 2000), y una marcada disminución en provisión de servicios ecosistémicos. Por otra parte en Costa Rica la producción de leche y carne generalmente está basada en el manejo de pastizales con poco o ningún manejo lo que conlleva a que las fincas presenten indicadores de producción relativamente bajos, por ejemplo la producción de leche en los sistemas tradicionales varía entre 3 a 5 litros/vaca/día, excepto en los sistemas de producción de leche intensiva donde se utiliza mayor cantidad de concentrados y fertilizantes.

1 Investigador del programa de ganadería y manejo del medio ambiente del CATIE. Autor para correspondencia Email: fcasasol@catie.ac.cr

2 Líder del programa de Ganadería del CATIE

3 Investigadores del programa de ganadería y manejo del ambiente del CATIE

ISSN 2238-457X

Aunque se reconoce que una finca ganadera mal manejada presenta una serie de externalidades negativas se debe hacer mención que las fincas bien manejadas pueden conservar y mejorar los recursos naturales, actúan como sumideros de carbono, permiten la sostenibilidad de las mismas a largo plazo y por ende mejoran los medios de vida de quienes viven en ellas. Algunas tecnologías apropiadas conocidas hoy día para realizar un adecuado manejo de una finca son la introducción de sistemas silvopastoriles (p.e, la integración de los árboles en potreros, la introducción de cercas vivas), así como el manejo de los bosques, la regeneración natural y la reforestación las cuales resultan en mayores tasas de fijación de carbono al compararlos con los sistemas de pasturas convencionales o mal manejadas (Ibrahim et al 2011).

En Costa Rica la actividad ganadera es el principal uso de la tierra por tanto se asume que la ganadería bien manejada podría jugar un papel preponderante en almacenar, fijar y retener importantes cantidades de carbono en las fincas, pudiendo estas remociones compensar las emisiones a nivel de finca e incluso al realizar balances de GEIs estos podrían ser neutros o positivos. Este artículo pretende mostrar los resultados obtenidos en diferentes condiciones agroecológicas Costa Rica sobre almacenamiento y la fijación de carbono en sistemas ganaderos de producción tradicionales y silvopastoriles y mostrar la contribución potencial de los sistemas silvopastoriles como sumideros de carbono.

Metodología

El estudio se realizó en dos ecosistemas en Costa Rica. En el trópico húmedo (Guápiles, Siquirres, Puerto Viejo de Sarapiquí), donde se presenta una precipitación de 4500 mm al año, una temperatura promedio de 24,7 ºC y el suelo pertenece al orden de los inceptisoles y el trópico subhúmedo (Esparza, Cañas) donde se presenta una precipitación de 2000 mm anuales, temperatura promedio de 27,2 ºC y el suelo pertenece al orden de los alfisoles. Se determinó el carbono existente sobre el suelo (pasturas y leñosas) y bajo el suelo a un metro de profundidad.

Estimación del carbono orgánico en el suelo (COS)

El COS se determinó mediante el procedimiento de combustión húmeda (Walkley y Black 1934). En cada repetición el COS fue determinado a cuatro profundidades (0-10, 10-20, 20-40 y 40-100 cm), y la densidad aparente fue determinada por el método del cilindro (Forsythe 1975), tomando tres muestras de suelo por profundidad, provenientes de tres de las caras de cada calicata principal para un total de 36 muestras. El COS almacenado a 1 m de profundidad se obtuvo mediante la sumatoria del COS en cada profundidad analizada. El COS a cada rango de profundidad, se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$COS(tha^{-1}) = A.\rho.fC.Pm$$

donde

A=área (ha); ρ=densidad aparente del suelo (t m-3); fC=fracción de carbono y Pm=profundidad de muestreo (m). Se hizo el ajuste de la densidad aparente según el uso de la tierra sugerido por Buurman et al. (2004).

Biomasa arbórea

ISSN 2238-457X

La biomasa del componente arbóreo se midió en todos los usos de la tierra mencionados en el cuadro 2 que presentaban árboles. La biomasa del componente arbóreo en pasturas se estimó siguiendo la metodología sugerida por McDicken (1997). Se establecieron parcelas circulares de 1000 m^2 alrededor de cada calicata principal, obteniendo un área total de muestreo de 3000 m^2 por repetición en cada uso de la tierra. En estas parcelas se registró la especie y el diámetro a la altura del pecho (dap) de todos los individuos con dap $\geq$ 5 cm incluyendo las palmas. La biomasa del componente arbóreo en potreros y palmas se estimó usando ecuaciones alométricas reportadas en la literatura (Ruiz, 2002; Frangi y Lugo 1985). La biomasa total en base a materia seca fue multiplicada por 0,5 para estimar el contenido de carbono.

Biomasa de las herbáceas

La producción anual de pasto se estimó tomando el promedio de producción por ciclo y multiplicando por el número de ciclos en un año. La producción de pasto por ciclo de rotación fue calculada de la siguiente manera,

Donde:

PPC = Producción por ciclo kg MS ha^{-1}; PPO = Producción ofrecida kg $MSha^{-1}$; PPR=Producción del pasto rechazado del ciclo anterior. Para la obtención de materia seca las muestras fueron secadas en un horno a 65 ^{O}C. Se asumió que el 50 % de la materia seca era carbono.

PPC = PPo –PPR-1.

Se revisó la literatura existente y se estimó un área de pasturas en cada una de las tres zonas agroecológicas. De los estudios realizados en las tres zonas agroecológicas se tomaron las tasas de fijación de carbono anuales y se multiplicaron por las áreas de pasturas existentes bajo los diferentes ecosistemas para obtener la fijación potencial de carbono en cada uso de la tierra presente en cada agroecosistema.

Resultados y discusión

De acuerdo a los estudios realizados por Amézquita et al, 2008 en el trópico húmedo de Costa Rica, el carbono total almacenado en pasturas mejoradas de *Brachiaria brizantha* (153 ton/ha) fue menor que en las pasturas de la misma especie asociadas con *Eucalipto deglupta* (173,7 ton/ha) *y con Arachis pintoi* (186.8 ton/ha) Cuadro 1. Pudiendo esto ser explicado porque tanto el eucalipto mediante la adición de hojarasca y ramas al suelo como el arachis mediante la fijación de nitrógeno (Veldkamp, Keller y Muñoz, 1998) aportan nutrientes al suelo que son aprovechados por la vegetación e incorporados como carbono al suelo. Por otra parte parece ser que la interacción árbol pastura le permitió al pasto un crecimiento más acelerado que en monocultivo, y que en el asocio a pesar de que el arachis fija nitrógeno compite con la gramínea y por tanto la producción total de biomasa total es menor. Los árboles en las pasturas están almacenando importantes cantidades de carbono en sus fustes, esto es de suma importancia pues este carbono tiene una mayor permanencia en el sistema que el que se acumula en la vegetación herbácea. En el trópico sub húmedo se observaron las mismas tendencias que el trópico húmedo pues conforme mejora la pastura y la misma se arboriza la cantidad de carbono almacenado es mayor, sin embargo el almacenamiento en la pastura es menor pues debe recordarse que durante el periodo de sequía el pasto casi no crece y la acumulación de materia seca y de carbono es menor en el

ISSN 2238-457X

sistema, pero sigue habiendo una importante acumulación de carbono en los troncos de los árboles presentes en las pasturas.

Cuadro 1. Almacenamiento de carbono (ton/ha) en diferentes usos de la tierra presentes en tres ecosistemas en Costa Rica

Ecosistema	Uso de la tierra	Carbono almacenado en el suelo (Ton/ha)	Carbono almacenado en pasturas (Ton/ha)	Carbono almacenado en árboles o arbustos (Ton/ha)	Carbono almacenado en total (Ton/ha)	Tasa de fijación de carbono (Ton/ha/año)	Fuente
Bosque húmedo tropical	*Brachiaria brizantha*	150.0	3	0	153.0	1.2	Amezquita et al 2008; Andrade, 1999.
	Sistema silvopastoril (*B brizantha* + *Eucalyptus deglupta*)	160.9	8.1	4.7	173.7	1.3	Amezquita et al, 2008.
	Arachis pintoi + *B brizantha*+árboles dispersos	178.5	4.8	3.5	186.8	1.4	Amezquita et al, 2008
Bosque sub húmedo tropical	Pastura degradada	21.6	ND	5.0	26.6	0.04	Ibrahim et al 2007
	Brachiaria brizantha	114.4	2.7	0.0	117.2	1	Ibrahim et al 2007
	Brachiaria brizantha con árboles	118.0	3.0	9.0	130.0	1.3	Amézquita et al 2008

ND= No disponible.

Llama la atención que la acumulación total de carbono en una pastura degradada es 79.5 % menor que en las pasturas mejoradas asociadas con árboles lo cual indica que una adecuada manera de remover o evitar emisiones de CO_2 es promoviendo la incorporación de sistemas silvopastoriles en las fincas especialmente en suelos de pobre calidad como los Andisoles presentes en Esparza.

En los dos ecosistemas las tasas de fijación de carbono encontradas en los diferentes usos de la tierra aumentaron conforme aumentó la cobertura herbácea y arbórea de las pasturas. (Cuadro 1).

En Costa Rica existen alrededor de 1300000 ha dedicadas a pasturas (FAOSTAT, 2012), de las cuales alrededor de 767000 ha se encuentran en el bosque húmedo tropical, 390000 en el bosque subhúmedo tropical. De acuerdo a los cálculos realizados con base en las áreas presentes en los diferentes usos de la tierra presentes en los diferentes ecosistemas y al multiplicarlos por tasas de fijación encontradas en la literatura manejando pasturas mejoradas con árboles adecuadamente en el 50 % del área disponible en el trópico húmedo y subhúmedo se podrían fijar anualmente alrededor de 635050 toneladas de CO_2 al año (Cuadro 2).

Cuadro 2 Potencial de las áreas bajo pasturas en diferentes ecosistemas en Costa Rica para fijar CO_2.

ISSN 2238-457X

Ecosistema	**Bosque húmedo tropical**	**Bosque sub húmedo tropical**	**Totales**	
Condición del suelo	Acido de buena fertilidad	Acido de baja fertilidad	Baja fertilidad	
Area ha	377000	390000	390000	1157000
Tasa de fijación en Ton CO_2 /ha/año	1.3	1	1	
Total CO_2 fijado por condición de suelo al año	245050	195000	19500	635050
Total de CO_2 e fijado por tipo de suelo al año	899333	715650	715650	2330633

En total los ecosistemas Bosque húmedo tropical y Bosque sub húmedo tropical tendrían el potencial de fijar anualmente 2330633 millones de Ton/CO_2 equivalente. Lo cual estaría contribuyendo de manera importante con la meta país trazada por Costa Rica de llegar a ser carbono neutral al año 2021.

Conclusiones

Las pasturas en el trópico húmedo tienen una mayor capacidad de almacenar y fijar CO_2 que las pasturas en el trópico subhúmedo. Aunque de manera general en ambos agroecosistemas las pasturas arboladas o en sistemas silvopastoriles presentan mayores almacenamientos de carbono y tasas de fijación que las pasturas en monocultivo. Los sistemas silvopastoriles en estos agroecosistemas almacenan entre 130 a 190 ton/ha de CO_2 y son capaces de fijar entre 1.3 y 1.4 toneladas de CO_2 al año.

Las áreas de pasturas asociadas a los ecosistemas Bosque húmedo tropical, Bosque sub húmedo tropical tienen el potencial de fijar anualmente 2313935 millones de Ton CO_2 equivalente y esto estaría contribuyendo de manera importante con la meta de Costa Rica de llegar a ser carbono neutral al año 2021.

Bibliografía

Amezquita, M.C.; Amezquita, E., Casasola, F.; Ramirez, B.L.; Giraldo, H.; Gomez, M.E.; Llanderal, T.; Velásquez, J. and Ibrahim, M. 2008. C stocks and sequestration. 49-68p. In: Mannetje, L.; Amezquita, M.C.; Buurman, P. Ibrahim, M.(Eds). Carbon sequestration in tropical grassland ecosystems. Wagenigen Academic Publisher.

Andrade C., H.J., 1999. Dinámica productiva de sistemas silvopastoriles con *Acacia mangium* y *Eucalyptus deglupta* en el trópico húmedo. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 70 p.

ISSN 2238-457X

Buurman, P; Ibrahim, M; Amézquita, M C. 2004. Mitigation of greenhouse gas emissions by silvopastoral systems: optimism and facts. In Mannetje, L´t.; Ramírez, L; Ibrahim, M; Sandoval, N; Ojeda, JK. eds. The Importance of Silvopatoral System in Rural Livelihoods to Provide Ecosystem Services (2, 2004, Merida, MX). Memoria. Mérida, MX. p. 61.

FAOSTAT, 2012. Base de datos de FAO. Consultada el 15 de agosto del 2012. Disponible en: http://faostat.fao.org/site/377/DesktopDefault.aspx?PageID=377#ancor.

Forsythe, W. 1975. Física de Suelos. IICA. San José, CR, IICA. 212 p.

Frangi, JL; Lugo, AE. 1985. Ecosystem dynamics of a subtropical floodplain forest. Ecological Monographs 55:351-369.

Ibrahim, M; Chacón, M; Cuartas, C; Naranjo, J; Ponce, G; Vega, P; Casasola, F; Rojas, J. 2007. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa aérea en sistemas de uso de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. Agroforestería en las Américas 45:27 – 36.

Ibrahim, M; Guerra, L; Neely, C; Casasola, F. 2010. Importance of Silvopastoral Systems for mitigation of climate change and harnessing of environmental benefits In Grassland Carbon Sequestration: Management Policy and Economics. Proceendings of the workshop on the role of grassland on, sequestration in the mitigation of climate change. FAO. Vol 11. p. 189 – 196.

MacDicken, K. 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. F. C. M. P. Winrock Internationl Institute for Agricultural Development. US. 91 p.

Ruiz, A. 2002. Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas silvopastoriles y competividad económica en Matiguás, Nicaragua. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 111p

Szott, L; Ibrahim, M; Beer, J. 2000. The Hamburger Connection Hangover: Cattle Pasture Land Degradation and Alternative Land Use in Central America. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 71 p. (Serie Técnica / Informe técnico, no. 313).

Veldkamp; Keller, Núñez, 1998. Effects of pasture management on N2O and NO emissions from soils in the humid tropics of Costa Rica. Global Biogeochemical Cycles, VOL. 12, No. 1, pp. 71-79.