

FIJACIÓN DE CARBONO EN CERCAS VIVAS DE FINCAS GANADERAS DE LA CUENCA DEL RÍO LA VILLA¹

Jéssica Hassán²; Jaime Espinosa-Tasón³; Leonel Ríos⁴

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el propósito de determinar el potencial de carbono en las cercas vivas de fincas ganaderas de la cuenca media y baja del río La Villa. Se evaluaron dos tipos de cercas: simples (de una a dos especies) y múltiples (más de dos especies), donde el contenido de Carbono (C) se determinó según componentes: a). Carbono de la biomasa viva sobre el suelo y b). Carbono orgánico en el suelo. Como resultado en el contenido de carbono según componentes podemos señalar que el mayor contenido se encuentra en el carbono orgánico del suelo, aproximadamente 90% del carbono total del sistema. El análisis estadístico comparando el contenido de carbono en la biomasa para los tipos de cerca simple y múltiple, mostró diferencias altamente significativas ($P < 0,001$) con medias de 3,76 y 5,77 t C.ha⁻¹, respectivamente. El carbono orgánico en el suelo en promedio fue de 39,35 y 37,76 t C.ha⁻¹, respectivamente donde no hubo diferencia estadística. Los valores promedio totales de potencial en captura de carbono total para el tipo simple fueron 43,40 y para el tipo múltiple de 47,53 t C.ha⁻¹.

PALABRAS CLAVES: Potencial de captura, servicio ecosistémico, materia orgánica, suelo, biomasa.

¹Recepción: 13 de octubre de 2017. Aceptación: 20 de noviembre de 2017.

²M.Sc. Agroforestería Tropical. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Azuero (CIAA). e-mail: yessaimee@hotmail.com

³M.Sc. en Socioeconomía Ambiental. IDIAP. CIAA. e-mail: jaet78@gmail.com

⁴Ing. en Producción Animal. IDIAP. CIAA. e-mail: riosleonel17@hotmail.com

CARBON FIXATION IN LIVE FENCES OF LIVESTOCK FARMS FROM THE VILLA RIVER BASIN

ABSTRACT

The present work was carried out with the purpose of determining the potential of carbon in the live fences of livestock farms of the middle and lower basin of La Villa river. Two types of fences were evaluated: simple (one - two species) and multiple (more than two species), where the content of Carbon (C) was determined according to components: a). Carbon in living biomass on the ground and b). Organic carbon in the soil. As a result of the carbon content according to components we can point out that the highest content is found in the soil organic carbon, approximately 90% of the total carbon of the system. Statistical analysis comparing the carbon content in biomass for single and multiple fence types showed highly significant differences ($P < 0,001$) with a mean of 3,76 and 5,77 t C.ha⁻¹, respectively. The organic carbon in the soil was on average 39,35 and 37,76 t C.ha⁻¹, respectively, with no statistical difference. The total average values in total carbon capture potential for the simple type was 43,40 and for the multiple type was 47,53 t C.ha⁻¹.

KEY WORDS: Capture potencial, ecosystem service, organic matter, soil, biomass.

INTRODUCCIÓN

La ganadería, es una de las actividades productivas, desarrolladas por el ser humano que ha generado gran presión hacia los recursos naturales donde se evidencian los impactos de origen antropogénico a los ecosistemas por la necesidad de suplir las demandas en productos y servicios de una población creciente.

Esta actividad ha ocasionado diferentes impactos ambientales, como deforestación, fragmentación de los bosques, contaminación de cuerpos de agua, desertificación, erosión, y es también relacionada con el incremento

de las emisiones de gases de efecto invernadero por su relación directa con el flujo de carbono (C), donde se ha llegado a liberar en América Latina por el cambio de uso de suelo 150 Pg C.ha⁻¹, siendo el secuestro y almacenamiento de carbono el servicio ecosistémico más controversial en la actualidad por su efecto en el cambio climático y las consecuencias del mismo (Steinfeld 1999, Kanninen 2006, FAO 2002, Harvey *et al.* 2003).

Recientemente se ha reconocido la importancia de los sistemas agroforestales como sumideros de carbono y su contribución para reducir las emisiones enmarcado en la mitigación

del cambio climático. Los sistemas de producción agropecuarios de Panamá se desarrollan bajo condiciones insostenibles principalmente por la deforestación vinculada al cambio de uso de suelo en la producción agrícola y para uso en pastoreo, observándose que en los últimos 50 años la transformación de los bosques en potreros y cultivos han ocupado el 37% de la superficie del territorio nacional, porcentaje mayor a la capacidad agroecológica del suelo (ANAM 2010).

El área de estudio, la cuenca del río La Villa, no escapa de la realidad antes descrita donde el paisaje predominante es principalmente de pasturas con poca o baja densidad de árboles dispersos, donde la mayor población de árboles la encontramos en las áreas ribereñas y las cercas vivas, a lo que hace mención Harvey *et al.* (2003), donde señala que en América Central de 60% a 95% de las fincas ganaderas tienen cercas vivas y la mayor concentración de árboles está en ellas.

En relación con esto Miranda *et al.* (2007), señala que a las cercas vivas se les ha subestimado el valor con relación a los servicios ecosistémicos por el potencial de captura de carbono o remoción de CO₂ de la atmosfera. Considerando las cercas vivas como un componente importante en el sistema ganadero integral y sostenible,

y que es escasa la información existente, el objetivo de este trabajo fue estimar su potencial como sumideros de Carbono específicamente en las fincas ganaderas de la cuenca del río La Villa.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la parte media y baja de la cuenca del río La Villa, localizada en la península de Azuero entre las provincias de Herrera y Los Santos, cuyas coordenadas geográficas son 7°30' y 8°00' de latitud Norte y 80°12' y 80°50' de longitud Oeste. El área de drenaje total de la cuenca es de 1284,3 km², hasta la desembocadura al mar y la longitud del río principal es de 117 km. La precipitación media anual de 1785 mm, oscilando entre 1000 y 2400 mm, donde el 91% de la lluvia ocurre entre los meses de mayo a noviembre y el 9% restante se registra entre los meses de diciembre a abril (ETESA 2015).

El trabajo se desarrolló durante el año 2012, en 15 fincas de productores colaboradores, donde se tomaron muestras de las cercas vivas presentes, ubicadas en la parte media de la cuenca en las localidades de Macaracas, Los Pozos, Calabacito, Llano de Piedra, Chupaito y Las Lomas; y en la parte baja con productores de las localidades de Santa Ana, La Espigadilla, y Tres Quebradas (Figura 1).



Figura 1. Sitios del muestreo de las cercas vivas en fincas ganaderas de la cuenca del río La Villa.

Previo al muestreo se realizó una caracterización de las cercas vivas con la participación del productor para así determinar el manejo y los tipos de cerca según los siguientes criterios:

- Manejo y frecuencia de poda
- Edad en años de las cercas vivas
- Tipos de especies presentes y su frecuencia relativa

Teniendo en cuenta que los sistemas agroforestales acumulan carbono en cuatro componentes (biomasa sobre el suelo, hojarasca, sistema radicular y carbono orgánico del suelo), en este trabajo se consideró el aporte en fijación de carbono (C) según dos componentes:

a. Carbono de la biomasa viva de árboles y arbustos sobre el suelo (CB).

Para el caso del potencial de reserva de carbono en la biomasa sobre el suelo, por finca se muestrearon transeptos de cercas vivas con una longitud de 400 m y un ancho de 5 m (ancho relacionado a la cobertura de la copa), a cada individuo (árboles y arbustos) se le midió el diámetro normal a 1,3 m de altura (DAP > 5 cm), la altura total (HT), y el diámetro de la copa.

Para la estimación de la biomasa (B), al no disponer de ecuaciones alométricas específicas del área ni de las especies a determinar, se utilizaron ecuaciones alométricas genéricas de información secundaria (Cuadro 1).

CUADRO 1. ECUACIONES ALOMÉTRICAS GENÉRICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA BIOMASA (B).

Ecuaciones alométricas	R ²	Fuente
1. $Y = \exp [-3,1141+0,9719 \ln(D^2HT)]$	0,97	Brown <i>et al.</i> 1989 (Precipitación < 1500mm)
2. $\text{Log}_{10} B = -0,82 + 238_{\text{Log}_{10}} D$	0,95	Pérez y Kanninen (2003)

B=Biomasa total (kg.árbol⁻¹). D=Diámetro altura del pecho (cm), HT=Altura total del árbol (m)
Y=kg de Ms sobre el suelo por árbol

La estimación del contenido de carbono se realizó a través del inventario de la biomasa, empleando la fracción de carbono (*fC*) con un valor de 0,5 (IPCC 1996 y Ruiz 2002), lo que nos estimaría el CB según individuo con la ecuación:

$$CB = fC \times B$$

b. Carbono orgánico en el suelo (COS).

El potencial de suelo en capturar carbono orgánico depende de dos variables, el contenido de materia orgánica por su relación con la concentración de carbono orgánico (CO) y la densidad aparente (*da*) (Andrade *et al.* 2003). Para determinar el contenido de COS se utilizó adecuaciones de las metodologías propuestas por Lapeyre *et al.* (2004), Amézquita *et al.* (2004) y Rüginitz *et al.* (2009).

El muestreo del suelo se realizó en las parcelas lineales de las cercas donde se habían tomado los datos para CB (a lo largo del transecto de 400 m x 5 m), se estableció una calicata principal de 1 m² en el centro del transecto por cada 100 m

y 2 mini calicatas (0,4 x 0,4 x 0,4 m²) a una distancia de 50 m de la calicata principal a lo largo de la cerca. Las muestras de suelos se tomaron a las profundidades (*Ps*) de 20 cm a 40 cm (Figura 2).



Figura 2. Minicalicata de 0,4 x 0,4 x 0,4 m².

En la determinación de la densidad aparente se utilizó el método del cilindro, tomando las muestras de tres de las paredes de cada calicata y mini calicata, diferenciado por profundidad. De igual forma se tomaron muestras disturbadas para la determinación de materia orgánica y análisis general. Todas las muestras se analizaron en laboratorio, y se utilizó un factor de 0,58 de C en materia orgánica (MO) según factor determinado por Walkley y Black (1934).

$$\%CO = 0,58 \times \% MO$$

En la estimación del COS se utilizó la siguiente ecuación en base a las variables antes descritas:

$$COS = \% CO \times da \times Ps$$

Para el análisis se desarrolló una base de datos en MS Excel y fue analizada a través del software InfoStat, se determinaron las medidas resumen

de las variables con su tendencia central y dispersión, se analizaron gráficos de frecuencia y gráficos de caja para las distribuciones muestrales, y se realizaron pruebas de t para la comparación estadística de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las fincas se estudiaron un total de 39 transectos de cercas vivas, de las cuales resultaron dos tipos según el número de especies arbustivas y árboles presentes, una cerca simple con una o dos especies (56%) y cercas múltiples que contienen de tres a 10 especies (44%). La edad de los transectos en los dos tipos de cerca presentó una media general de 4,5 años con una desviación típica de 2,7 años (Figura 3). El manejo de la poda según indicaron los dueños de las fincas es cada dos o tres años.

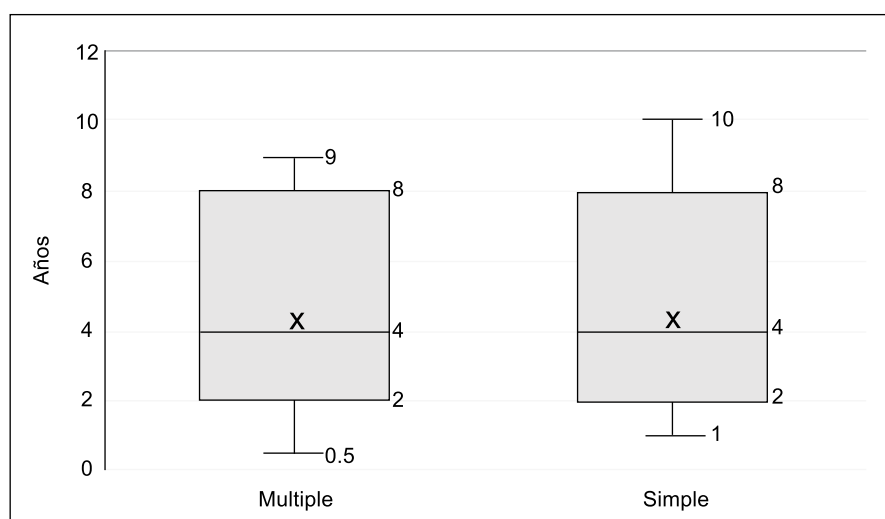


Figura 3. Edad de los transectos de las cercas vivas.

Se encontró un total de 34 especies en las cercas vivas (Figura 4), donde las especies predominantes fueron *Jatropha curcas* (55%), *Bursera simaruba* (20%), *Bursera tomentosa* (9%) y *Gliricidia sepium* (6%).

Carbono de la biomasa viva de árboles y arbustos sobre el suelo

El potencial de captura de carbono está directamente relacionado con la producción de biomasa por lo que la densidad de especies arbustivas en las cercas vivas se considera un factor importante. La mediana de la densidad en las cercas simples fue de 349 plantas. ha⁻¹ con una desviación intercuartílica de 160 plantas. ha⁻¹, y para las cercas

múltiples fue de 339 plantas. ha⁻¹ con una desviación intercuartílica de 105 plantas. ha⁻¹ (Figura 5). En cuatro casos las cercas tuvieron valores atípicos altos para la variable densidad, situación que está relacionada al uso de la especie *Jatropha curcas* en altas densidades.

La comparación por prueba de t de los resultados del carbono de la biomasa viva de árboles y arbustos sobre el suelo según los dos tipos de cercas vivas mostró una diferencia altamente significativa ($P < 0,001$) donde las cercas múltiples resultaron en promedio con una diferencia de 2 t C. ha⁻¹ más que las cercas vivas simples (Cuadro 2 y Figura 6).

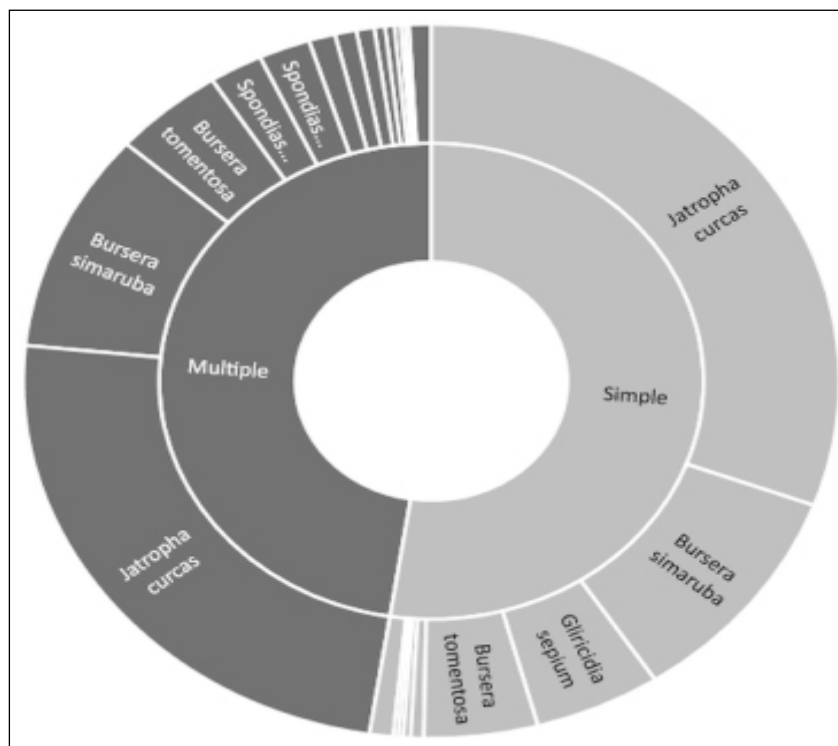


Figura 4. Frecuencia de especies arbustivas en las cercas vivas.

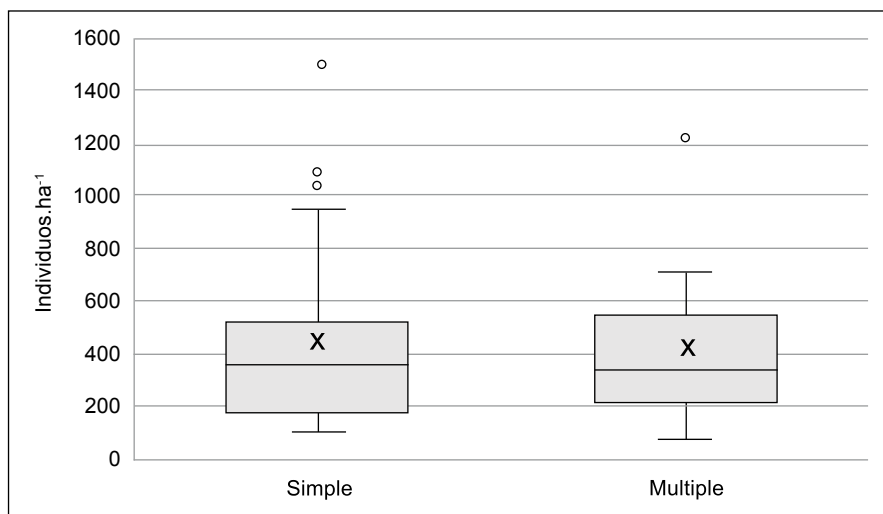


Figura 5. Densidad de especies arbustivas con DAP>5 cm en las cercas vivas.

CUADRO 2. COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL CARBONO DE LA BIOMASA, SEGÚN TIPO DE CERCAS VIVAS.

Prueba de <i>t</i>	Múltiple	Simple
n	17	22
Media	5,77	3,76
Media (1)-Media (2)	2,01	
pHomVar	0,0543	
T	3,67	
gl	37	
p-valor	0,0008	

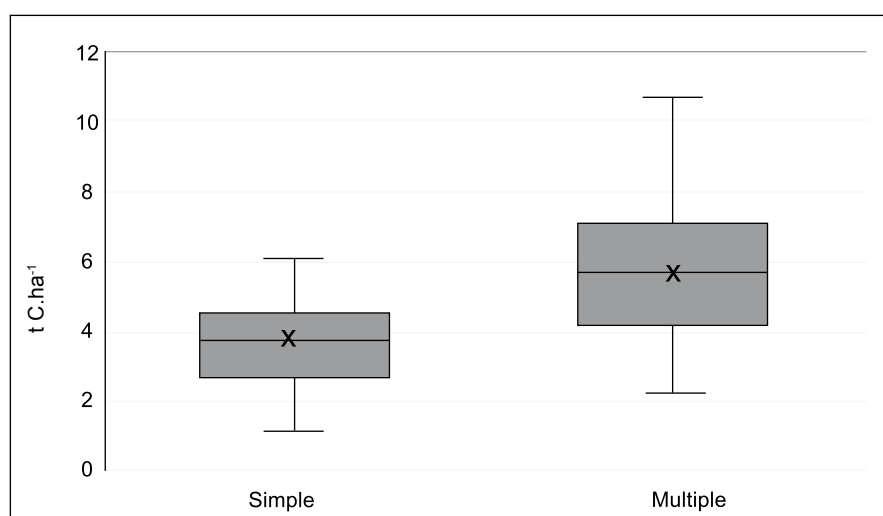


Figura 6. Carbono de la biomasa viva de árboles y arbustos sobre el suelo.

Según Miranda *et al.* (2007) se ha subestimado el valor de las cercas vivas en relación con el potencial en captura de carbono, por lo que hay escasa documentación sobre las cercas vivas. Botero (2003) en sistemas de cercas vivas obtuvo una tasa por año de 5,97 t C.ha⁻¹ en cercas con maderables.

También podemos señalar que en otros tipos de usos de suelo ganadero como son las pasturas degradadas con baja densidad de árboles se han encontrado valores menores de 4,83 t C.ha⁻¹ lo que sumado al aporte de las cercas vivas favorece el incremento del potencial en captura total.

Por otro lado, al comparar los resultados de este trabajo con los obtenidos por Ibrahim *et al.* (2007) y Ruíz

(2002) donde señalan que en los bosques secundarios se pueden encontrar aportes en captura de C de 23,01 t C.ha⁻¹ a 90,78 t C.ha⁻¹ y en áreas de regeneración natural 40,7 t C.ha⁻¹, la comparación con estos resultados resalta la importancia de las cercas vivas en la conservación del servicio ecológico dentro de un sistema productivo tan señalado negativamente por sus emisiones de gases de efecto invernadero.

Carbono orgánico en el suelo

Al analizar los resultados del carbono orgánico en el suelo por tipo de cerca simple y múltiple a través de una prueba de *t* no se encontró diferencias estadísticas, entre ambos, los gráficos de cajas evidencian esta situación (Figura 7).

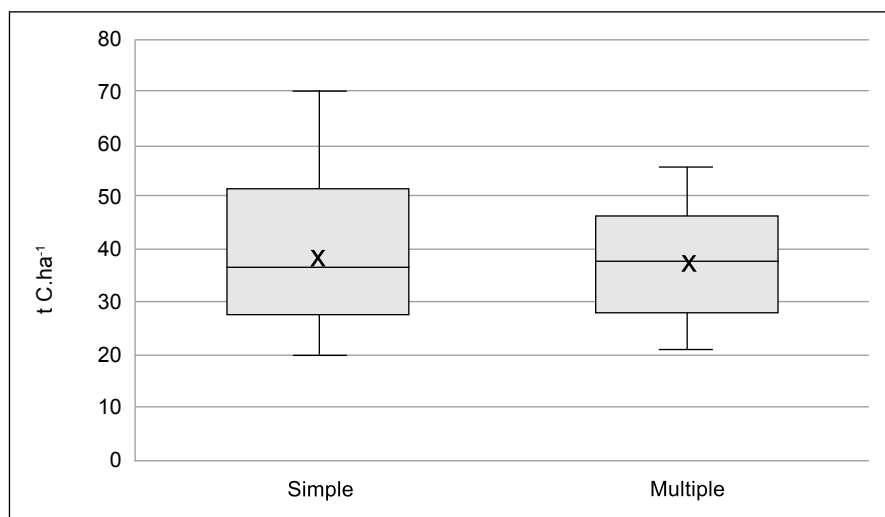


Figura 7. Carbono orgánico en el suelo.

Al comparar los promedios de carbono en el suelo con otras investigaciones en usos de suelos ganaderos como pasturas naturales con árboles y sin árboles, así como pasturas degradadas se obtuvo valores menores a los de Ibrahim *et al.* (2007) que reportó 91,0; 121,7 y 143,0 t C.ha⁻¹, respectivamente, por lo que podemos tener en cuenta que se le debe sumar el aporte de las cercas vivas a estos sistemas y así aumentara el potencial de ambos usos de suelo.

En trabajos de Ruíz (2002) en Nicaragua, y Rojas (2014) en Costa Rica, en condiciones climáticas similares a las de este trabajo, obtuvieron valores de 118,4 t.ha⁻¹ hasta los 40 cm de profundidad para pasturas naturales en monocultivo; de 117,2 t C.ha⁻¹ en pasturas mejoradas; 107,3 t C.ha⁻¹ en pasturas naturales con árboles; 118,9 t C.ha⁻¹ en pasturas mejoradas con árboles.

Podemos suponer que la diferencia en valores de otras investigaciones puede darse ya que la pastura por tener

mejor cobertura disminuirá el arrastre de la materia orgánica superficial y se tendrá mejor reposición en las capas superficiales. De igual forma lo señala Gutiérrez *et al.* (2017), donde los sistemas silvopastoriles de pasturas mejoradas con árboles obtienen los valores de la cantidad de carbono en el suelo más alto entre los 0 - 60 cm de profundidad al compararlo con sistemas que no incluyen árboles.

Al estimar el potencial en capturar carbono en las cercas vivas como parte del sistema productivo ganadero se obtuvo que el mayor contenido de carbono almacenado se encontró en el suelo con aproximadamente cerca del 90% del C total en cercas vivas múltiples y simples (Figura 8).

Resultados similares reportó Ávila *et al.* (2001) donde más del 89% del C está en el suelo. En dos tipos de manejos agroforestales, Takimoto (2008) indicó que una porción mayor de la cantidad total de C del sistema se almacena en el suelo con más del 60%.

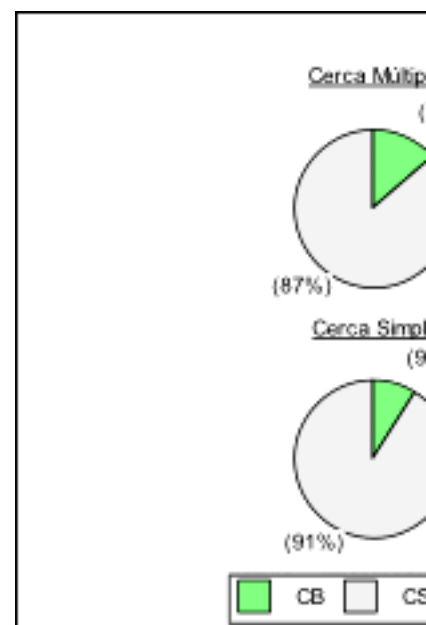
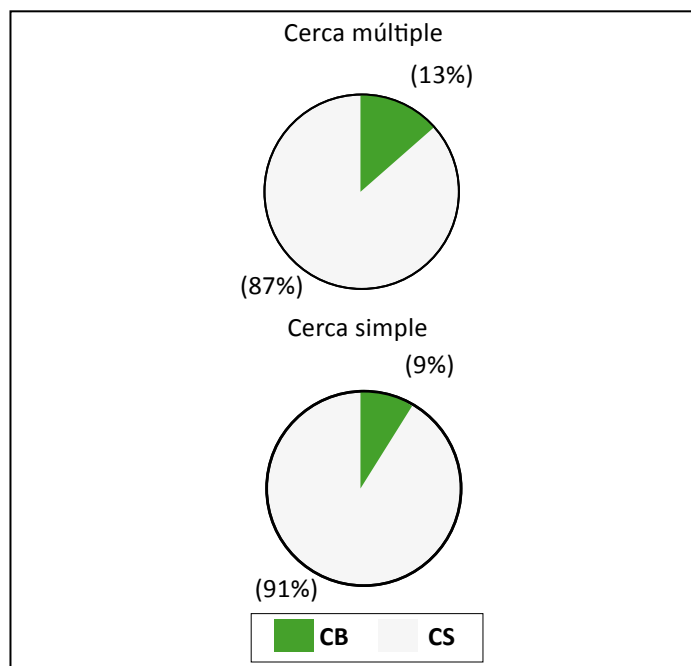


Figura 8. Almacenamiento de carbono según componentes de suelo y biomasa.

CONCLUSIONES

- Las especies predominantes en las cercas vivas son de servicios funcionales (no maderables), con valor ecológico en el potencial de captura de carbono, conectividad de paisaje y biodiversidad.
- Es evidente el aporte en captura de carbono de cualquiera de los dos tipos (simple o múltiple) de las cercas vivas en el sistema ganadero.
- El aporte del carbono orgánico en el suelo se subestima por el hecho de que exista mucha erosión por la falta de cobertura herbácea en el margen de las cercas vivas y es notorio en el 90% de los transectos muestreados que

se pierde por lavado en escorrentía la capa orgánica del suelo por su apariencia de suelo erosionado.

BIBLIOGRAFÍA

Amézquita, MC; Ibrahim, M; Bourman, P. 2004. Carbon sequestration in pasture, Agropastoral and silvopastoral systems in the American tropical forest ecosystem. *In Proc. 2nd Intl. Congress in Agroforestry Systems* (2004, Mérida, MX). p. 61-72.

ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente). 2010. Iniciativa Latinoamericana y caribeña para el desarrollo Sostenible: Indicadores de Seguimiento Panamá 2010. ANAM,

- CGR (Contraloría General de la república), INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censo) y PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 94 p.
- Andrade, H; Ibrahim, M. 2003. ¿Cómo monitorear el secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles? *Agroforestería en las Américas* 10(39-40):109-116.
- Ávila, G; Jiménez, F; Beer, J; Gómez, M; Ibrahim, M. 2001. Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. *Revista agroforestería de las Américas* 8(30):32-35.
- Botero B, JA. 2003. Contribución de los sistemas ganaderos tropicales al secuestro de carbono (en línea). *In Agroforestería para la Producción Animal en América Latina - II - Memorias de la Segunda Conferencia Electrónica (Agosto de 2000 - Marzo de 2001)*. Consultado nov. 2010. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/006/Y4435S/y4435s07.htm>
- Brown, S; Gillespie, A; Lugo, A. 1989. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest Science* 35(4):881-902.
- ETESA (Empresa de transmisión eléctrica, PA). 2015. Base de datos de precipitación y temperatura de la provincia de Los Santos y Herrera 2010 (en línea). Gerencia de Hidrometeorología. Consultado el 22 nov. 2010. Dponible en <http://www.hidromet.com.pa/index.php>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2002. Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Basado en el trabajo de Michael Robert. Institut National de recherche agronomique Paris, FR. 62 p.
- Gutiérrez, JF; Morales , S; Vivas, N; Hincapie, B; Peters M, Arango J. 2017. Stock de carbono del suelo en cuatro sistemas de pasturas del trópico seco colombiano. *In 3^{ra} Conferencia de Gases de Efecto Invernadero en Sistemas Agropecuarios de Latinoamérica. Resúmenes GALA 2017*. 4 al 6 de octubre de 2017. INIA La Estanzuela – Colonia, Uruguay. p. 126.

- Harvey, C; Villanueva, C; Villacis, J; Chacón, M; Muñoz, M; López, M; Ibrahim, M; Gómez, R; Taylor, R; Martínez, J; Navas, A; Sáenz, J; Sánchez, D; Medina, A; Vilchez, S; Hernández, B; Pérez, A; Ruiz, F; López, F; Lang, I; Kunth, S; Sinclair, F. 2003. Contribución de las cercas vivas a la productividad e integridad ecológica de los paisajes agrícolas en América Central. *Agroforestería en las Américas* 10(39-40):30-39.
- 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 arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 45:27-36.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, web sites). 1996. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (en línea). Consultado dic. 2010. Disponible en <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>
- Kanninen, M. 2006. Sistemas silvopastoriles y almacenamiento de carbono: Potencial para América Latina. *In* Memorias de una conferencia electrónica realizada entre setiembre y diciembre del 2001. Turrialba, CR. CATIE. p. 54-61.
- Lapeyre, T; Alegre, J; Arévalo, L. 2004. Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú (en línea). *Ecología Aplicada*, 3 (1,2). Consultado oct 2017. Disponible en file:///C:/Users/CIA-Azuero%20E3/Desktop/DETERMINACION_DE_LAS_RESERVAS_DE_CARBONO.pdf
- Miranda, T; Macgado, R; Machado, H; Duquesne, P. 2007. Carbono secuestrado en ecosistemas agropecuarios cubanos y su valoración económica. Estudio de Caso. *Pastos y forrajes* (en línea). Consultado oct. 2017. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942007000400007
- Pérez, D; Kanninen, M. 2003. Aboveground biomass of *Tectona grandis* plantations in Costa Rica. *Journal of Tropical Forest Science* 15(1):199-213.

- Rojas M, J. 2014. Carbon sequestration and water use in silvopastoral system with native timber trees in the dry tropics of Costa Rica. Thesis (M.Sc.), CATIE, Turrialba, CR.
- Rügnitz M, T; Chacón M, T; Porro, R. 2009. Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Lima, PE. ICRAF- IA. p. 79.
- Ruíz, A. 2002. Fijación y almacenamiento de carbón en sistemas Silvopastoriles y competitividad económica en Matiguás, Nicaragua. Turrialba, CR. CATIE. p.111.
- Steinfeld, H. 1999. Producción animal y el medio ambiente en Centroamérica.
- In* Intensificación de la ganadería en Centroamérica: Beneficios económicos y ambientales. CR. p.17-32.
- Takimoto, A; Ramachandran Nair, PK; Nair, VD. 2008. Carbon stock and sequestration potencial of traditional and improved agroforestry systems in the west African Sahel. ScienceDirect, Agriculture, ecosystems and Environment 125:159-166.
- Walkley, A; Black, A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37:29-38.