

ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN DOS SISTEMAS SILVOPASTORILES INSTALADOS EN QUEVEDO PROVINCIA DE LOS RIOS

Raquel Orrala Augustin-Bourne¹, Giniva Guiracocha Freire²

¹Ingeniera Agropecuario, ESPOL, 2007;email: rorrala@espol.edu.ec

²Directora de Tesis: Ingeniera Agrónoma, Universidad de Guayaquil, 1992; Postgrado Costa Rica CATIE, Investigador del INIAP, email: gginiva@catie.ac.cr

Resumen

Este estudio estimó el carbono almacenado en el suelo y en la biomasa aérea de dos sistemas silvopastoriles (*Tectona grandis* + *Panicum maximum*; *Schizolobium parahyba* + *P. maximum*) en comparación con pasto a pleno sol (*P. maximum*).

La metodología incluyó muestreos no destructivos y destructivos para la recolección de datos y la integración de métodos estadísticos paramétricos y no paramétricos para el análisis de estos.

En promedio, la capa superficial del suelo (20 cm de profundidad) del sistema *T. grandis* + *P. maximum* almacenó la mayor cantidad de carbono (84.12 t C ha⁻¹); sin embargo no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

El análisis estadístico tampoco detectó diferencias significativas entre tratamientos para la variable carbono en biomasa aérea. Los valores encontrados fueron 4.59 t C ha⁻¹ para el pasto solo; 3.87 t C ha⁻¹ para *T. grandis* + *P. maximum* y 2.95 t C ha⁻¹ para *S. parahyba* + *P. maximum*. Según componentes, en promedio, del total de carbono almacenado en los dos sistemas silvopastoriles, el 95.75% se encontró en el suelo, el 3.99% en el pasto y sólo el 0.26% corresponde a los árboles.

Con estas evaluaciones se espera contribuir al conocimiento sobre el rol que desempeñan los sistemas silvopastoriles en la provisión de servicios ambientales.

Palabras Claves: Sistema silvopastoril, *Tectona grandis*, *Panicum maximum*, *Schizolobium parahyba*, almacenamiento de carbono.

Abstract

This study estimated the stored carbon in the soil and in the aboveground biomass of two silvopastoral systems (*Tectona grandis* + *Panicum maximum*; *Schizolobium parahyba* + *P. maximum*) in comparison with pasture at full sun (*P. maximum*).

Non destructive and destructive samplings were used for the compilation of information and the integration of parametric and not parametric statistical methods for the analysis of these.

In average, the superficial layer of the soil (20 cm depth) of the system *T. grandis* + *P. maximum* stored the major quantity of carbon (84.12 t C ha⁻¹); nevertheless significant differences between the evaluated treatments were not detected.

The statistical analysis did not detect significant differences between treatments for the carbon in aboveground biomass variable. The results were 4.59 t C ha⁻¹ for the pasture at full sun; 3.87 t C ha⁻¹ for *T. grandis* + *P. maximum* and 2.95 t C ha⁻¹ for *S. parahyba* + *P. maximum*). According to averages for component, from the stored carbon in the two silvopastoral systems a 95.75 % was in the soil, 3.99 % was in the pasture and only 0.26 % in the trees.

With these evaluations we expect to contribute to the knowledge on the role of the silvopastoral systems in the provision of environmental services.

1. Introducción

Las actividades agrícola-pecuarias, entre otros agentes de cambio, han contribuido a aumentar las concentraciones de CO₂ en la atmósfera. Por ejemplo, en América Tropical la población bovina y la superficie dedicada a pastos ha crecido notoriamente en los últimos años, lo que supone la pérdida de importante biomasa vegetal que formó parte de bosques y que en su momento actuó como sumidero de carbono.

Los incrementos en la concentración atmosférica de dióxido de carbono y otros gases, han llamado la atención de la comunidad científica mundial en la búsqueda de alternativas para mitigar y/o adaptarse al cambio climático resultante. Algunas de las alternativas propuestas incluyen el recurrir a actividades forestales y agroforestales para capturar y almacenar el carbono, gas muy importante dentro de la dinámica del calentamiento global. En este contexto, un cambio en el uso de la tierra de las áreas de pasturas hacia sistemas silvopastoriles podría contribuir a generar múltiples beneficios sociales, económicos y sobre todo ecológicos.

En la Cuenca alta del Río Guayas se instaló en el año 2000 el componente arbóreo de dos sistemas silvopastoriles experimentales, con el fin evaluar el potencial de estos sistemas para generar ingresos al productor y ofertar servicios ecológicos. Con base a las interrogantes existentes sobre la magnitud de los servicios que podrían proporcionar, se estimó las cantidades de carbono fijadas en la biomasa de las especies involucradas en cada diseño y en suelo en que fueron establecidos.

Disponer de información sobre el carbono capturado por diferentes alternativas de producción silvopastoril permitirá asignarle un valor económico y ecológico agregado a este uso de la tierra, lo que incentivaría el manejo sustentable de la ganadería y el establecimiento de nuevos sistemas que ofrezcan servicios ambientales.

2. Materiales y métodos

La investigación se realizó en la Finca Experimental "La Maria" donde se desarrolla el Proyecto "Evaluación de sistemas silvopastoriles para la alimentación mejorada de ganado doble propósito en la parte alta y baja del Río Guayas", conducido por el INIAP y la UTEQ¹. La finca se sitúa en el kilómetro siete de la vía Quevedo - El Empalme (Los

Ríos), a 01° 6' de latitud sur y 79° 29' longitud oeste y a una altitud de 120 msnm.

Se estimó el carbono almacenado en el suelo y en la biomasa ubicada sobre el suelo. Las unidades experimentales fueron cinco repeticiones de cada uno de los tratamientos que representan los diferentes sistemas silvopastoriles y al pasto solo (testigo).

Tratamientos

1. *Schizolobium parahyba* (Pachaco) + *P. maximum* (Pasto saboya)
2. *Tectona grandis* (Teca) + *Panicum maximum*
3. Pasto a pleno sol (Pasto saboya)

El tamaño de las unidades experimentales es de 4.068 m² (área útil 2340 m²); las distancias de siembra son de 12 x 12 m para pachaco y 18 x 18 m para la teca. El pasto fue establecido en 1990 y los árboles en el 2000. La investigación se efectuó entre junio y septiembre del 2005.

2.1 Procedimientos

2.1.1 Cuantificación del carbono almacenado en el suelo

Por cada tratamiento y repetición se tomaron 24 submuestras de suelo a profundidad de 0-20 cm; una vez homogeneizadas, se obtuvo una muestra compuesta de aproximadamente un kilogramo. Los análisis (que incluyeron estimaciones de la cantidad de nutrientes presente en el suelo -N-P-K-, el pH y la clase textural del suelo de cada tratamiento y repetición) se efectuaron en el Laboratorio de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Boliche del INIAP.

La cantidad de carbono (t m⁻²) presente en el suelo se calculó con base al promedio de la densidad aparente multiplicado por el porcentaje de carbono obtenido en la muestra (por oxidación en frío) y la profundidad de muestreo respectiva, mediante la siguiente ecuación:

$$CAS = \%CS \times DA \times P \quad (1)$$

Donde:

CAS = Carbono almacenado en el suelo

% CS = Concentración de C en el suelo (%)

DA = Densidad aparente (t m⁻³)

P = Profundidad de muestreo (m)

El carbono almacenado en el suelo se transformó a toneladas por hectárea (t ha⁻¹) al multiplicar por 100.

2.1.2 Cuantificación del carbono secuestrado en la biomasa ubicada sobre el suelo (biomasa aérea).

¹ INIAP = Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones agropecuarias; UTEQ = Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Dentro del experimento, como biomasa ubicada sobre el suelo se consideró a los árboles (teca y pachaco) y a la pastura.

a) Carbono secuestrado en los árboles

Para cuantificar el carbono almacenado en los árboles se efectuaron muestreos no destructivos y destructivos. Los muestreos no destructivos proporcionaron datos básicos (diámetro del fuste, altura total y comercial, área basal) para el cálculo del volumen y biomasa del fuste de los árboles en pie y para la selección de los árboles a muestrearse destructivamente¹. Cada árbol de la muestra destructiva (5 árboles talados, uno por repetición) se dividió en cuatro componentes: fuste, ramas gruesas y delgadas y hojas. Con los datos obtenidos a partir de estos componentes se calculó el volumen real del fuste, la gravedad específica, el factor de forma y el factor de expansión de cada árbol (ASTM 2003; Fehse *et al.* 1999; Snowdon *et al.* 2001). Los valores promedios de los tres últimos parámetros se aplicaron posteriormente a los árboles muestreados en forma no destructiva.

La biomasa aérea total de los árboles se calculó según la siguiente fórmula:

$$BT = Btf \times Feb \quad (2)$$

BT= Biomasa aérea total (t ha⁻¹).

Btf = Biomasa total del fuste (t ha⁻¹).

Feb = Factor de expansión de biomasa (t ha⁻¹).

La cantidad de carbono almacenado en la biomasa aérea total resultó de multiplicar la biomasa aérea total por el factor 0.5 sugerido por Brown y Lugo (1984).

b) Cuantificación del Carbono secuestrado en el forraje

El carbono secuestrado en el forraje se calculó con base a la biomasa del forraje y su contenido de carbono. La *biomasa del forraje* se evaluó una sola vez, antes del pastoreo, a inicios de la época seca. Diez submuestras se tomaron en zig-zag, dentro del área útil de cada repetición; cada submuestra se pesó inmediatamente; el material se homogeneizó y se obtuvieron dos muestras compuestas de 250 g cada una. El cálculo de la biomasa del pasto se efectuó a partir del promedio de los valores obtenidos en cada submuestra.

$$B_p = \frac{P_p \times Psm}{Phm} \text{ (kg)} \quad (3)$$

Donde:

B_p= Biomasa de la pastura (kg)

P_p= peso húmedo de la pastura en campo (kg)

Psm = Peso seco de la submuestra de pasto (kg)

Phm= Peso húmedo de la muestra del pasto (kg)

La biomasa de la pastura por parcela (Kg MS) se transformó a toneladas por hectárea y el carbono total presente en la pastura se obtuvo al multiplicar la biomasa por 0.45 (The World Bank 1998; Arévalo *et al.* 2003).

2.2 Análisis estadístico

Los datos se analizaron en un Diseño Completamente al Azar (DCA) y la comparación de medias se efectuó mediante la prueba de Duncan al 5% de probabilidad. En los casos que ameritaban comparaciones de solo dos tratamientos, se recurrió a estadística no paramétrica (prueba de Kruskal Wallis. López 2004). Los análisis estadísticos se efectuaron manualmente y se corroboraron con el paquete estadístico FAVANL versión 2.5 (Olivares Saénz 1994). (4)

3. Resultados y discusión

Características del suelo en que se desarrolló el experimento

a) Nutrientes y textura

Los resultados de los análisis de suelo de los dos sistemas silvopastoriles y el pasto solo, indicaron bajos contenidos de nitrógeno frente a otros dos elementos importantes (P y K) que resultaron en altos niveles. Se observó también un potencial de Hidrógeno (pH) medianamente ácido (rango 5.5 a 5.8). La textura del suelo fue variable aunque sobre una base textural franca.

b) Densidad aparente del suelo

Los valores promedios de densidad aparente (DA) del suelo de los sistemas estudiados (Tabla 1) se encuentran dentro de los rangos denominados "ideales" para el crecimiento radical de las plantas (USDA 1999).

¹ La selección se efectuó según la técnica del árbol promedio en cuanto a área basal, Mc Dicken 1997

Tabla 1. Densidad aparente del suelo en tres sistemas de producción ganadera. Promedios de cinco parcelas. Finca Experimental La María, UTEQ-Quevedo. 2005

Sistema	Densidad g/cm ³
Pachaco-pasto	1.08 (r=1.05 – 1.10)
Teca-pasto	1.02 (r=0.95 – 1.05)
Pasto	1.07 (r=0.93 – 1.14)

r = rango

Si bien los suelos evaluados en el presente estudio han sido sometidos a pastoreo constante, la densidad no parece haber sido afectada respecto a evaluaciones realizadas cinco años atrás. Debe considerarse que los valores obtenidos corresponden a mediciones en la primera capa del suelo.

Características del componente leñoso

a) Crecimiento

Los árboles de pachaco alcanzaron, en promedio 8.24 m de altura y 8.57 cm de dap a los 5 años (árboles con dap > 5 cm) y de 3.02 m de altura y 3.51 cm de dap (árboles con dap < 5 cm). El crecimiento promedio de teca fue de 9.71 m de altura y 10.75 cm de dap a los 5 años (árboles con dap > 5 cm).

b) Factor de forma

El factor de forma promedio de las dos especies evaluadas en los sistemas silvopastoriles fue de 0.56 y 0.50 para pachaco y teca respectivamente (calculados con base a cinco árboles por cada especie).

c) Gravedad específica de la madera

A partir de 25 probetas evaluadas por especie, se encontró que la gravedad específica promedio de secciones de fuste de pachaco y teca fueron 0.38 y 0.57 g cm⁻³ respectivamente. En las ramas gruesas de teca, la gravedad específica promedio fue de 0.50 g cm⁻³.

d) Factor de expansión de biomasa

En árboles con un diámetro mayor a 5 centímetros, el factor de expansión de biomasa Feb, (promedio de 5 árboles) fue de 1.17 y 1.39 para pachaco y teca respectivamente. En los árboles de pachaco con un diámetro menor a 5 centímetros el Feb promedio fue de 1.05.

Carbono almacenado sobre y bajo el suelo

Cuantificación del carbono secuestrado en la biomasa ubicada sobre el suelo (biomasa aérea).

La cantidad de carbono almacenado en la biomasa aérea de los sistemas en estudio fue de 4.59 t ha⁻¹ para el pasto solo; 3.87 t ha⁻¹ para el tratamiento Teca-pasto y de 2.95 t ha⁻¹ para el tratamiento Pachaco-pasto. El análisis estadístico no encontró diferencias significativas entre tratamientos (DCA: F_{2,12} = 3.62, P = 0.05).

En este estudio el pasto resultó ser el mayor aportante al total del carbono almacenado en la biomasa ubicada sobre el suelo (Fig. 1). El aporte pudo ser mayor si se hubiese utilizado el factor de conversión de 0.50 al que han recurrido algunos investigadores en ausencia de valores propios de fracción de carbono para cada especie (*i.e* Andrade 1999; Ávila 2000).

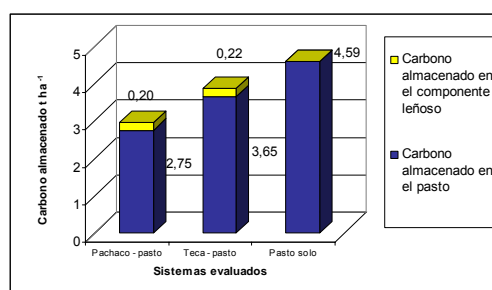


Figura 1. Carbono almacenado en la biomasa aérea de dos sistemas silvopastoriles y pasto solo. Finca Experimental La María, UTEQ-Quevedo. 2005

La estimación del carbono almacenado en especies leñosas y herbáceas se realiza con base a la cantidad de biomasa encontrada en la especie y a la fracción de carbono que posea dicha especie. En este contexto, la biomasa del componente leñoso en una hectárea de pastura con árboles está definida por las características de la especie, su edad, crecimiento, la densidad en que se desarrolla y la composición diamétrica de los árboles. Mientras que en el forraje está definida por la especie, su manejo, su tolerancia a la sombra y a la asociación con especies arbóreas.

En armonía con lo arriba descrito, el carbono total encontrado en la biomasa ubicada sobre el suelo de los sistemas en estudio difiere en algunos casos, y en otro se aproxima a lo hallado en ciertas investigaciones. Ruiz (2002) reportó para esta variable valores de 9.1 y 15.0 t C ha⁻¹ respectivamente, aplicados a las combinaciones pasto nativo (*Paspalum notatum* y *virgatum*, *Hiparrhenia rufa*) con árboles y pasto mejorado (*P. maximum*, *B. Brizantha* y *Cynodon dactylon*)

con árboles. Ávila (2001) reportó valores de 7.50 t C ha⁻¹ para *Eucalyptus deglupta* (3 años) en asociación con *B. brizantha* (2 años) y de 8.90 t C ha⁻¹ para *A. mangium* (3 años) en asociación con *B. brizantha* (2 años). Andrade (1999) reportó 3.7 y 4.7 t C ha⁻¹ almacenado sobre el suelo para las asociaciones *B. brizantha* y *E. deglupta* y *P. maximum* con *E. deglupta* respectivamente.

Carbono almacenado en el suelo de los dos sistemas silvopastoriles y en el pasto solo.

En promedio, la capa superficial del suelo del sistema teca – pasto almacenó la mayor cantidad de carbono (Figura 2). El análisis estadístico (DCA: $F_{2,12} = 3.66$, $P = 0.05$) no detectó diferencias significativas entre tratamientos.

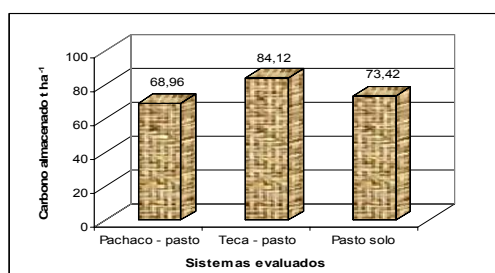


Figura 2. Carbono almacenado en el suelo de dos sistemas silvopastoriles y pasto solo. Finca Experimental La María, UTEQ-Quevedo. 2005

Las cantidades de carbono en el suelo pueden variar de acuerdo al tipo de cultivo – asociación existente sobre él y al tiempo de establecimiento de éste; por ejemplo, Ávila (2001) encontró que en el suelo de la asociación *Coffea arabica* – *Eucalyptus deglupta* (4 años de edad), se almacenaba un 0.59% más de carbono que en la asociación *Brachiara brizantha* – *E. deglupta* de 3 años. Ruiz (2002), al estudiar el carbono almacenado en el suelo de algunos sistemas pastoriles (0.0 – 0.2 m de profundidad), encontró más carbono almacenado en el suelo de pastos nativos sin árboles (*Paspalum notatum* y *virgatum*, *Hiparrhenia rufa*) que en el suelo con las mismas especies más árboles (84.3 y 73.5 t C ha⁻¹ respectivamente). López *et al.* (1998), encontró más C en el suelo de una pastura sola (*P. maximum*) que en la pastura con árboles lo cual se atribuyó a diferencias en la fertilidad del suelo entre sitios: en la pastura pura el suelo tuvo mayor cantidad de N_{total} y se encontraba menos compacto.

Probablemente en el presente estudio el sistema teca – pasto tuvo mayor cantidad de C en el suelo debido a que también presentó una mayor proporción de materia orgánica (144.68 t ha⁻¹) respecto del sistema pachaco – pasto (118.61 t ha⁻¹) y del pasto solo (126.28 t ha⁻¹).

Carbono total almacenado en los dos sistemas silvopastoriles y el pasto solo

El análisis de varianza del carbono total almacenado en los sistemas bajo estudio (DCA: $F_{2,12} = 3.86$, $P = 0.05$) mostró diferencias significativas entre los tratamientos. El sistema teca – pasto resultó ser el arreglo que mayor cantidad de carbono almacenó; sin embargo, estadísticamente, este es similar al sistema pasto solo (Fig. 3).

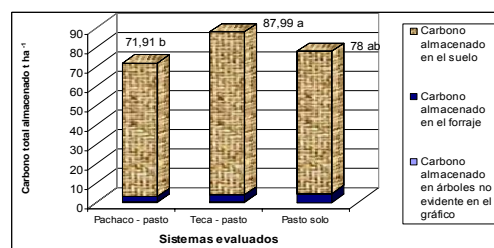


Figura 3. Carbono total almacenado en dos sistemas silvopastoriles y pasto solo. Finca Experimental La María, UTEQ-Quevedo. 2005

Según componentes, en promedio, del total de carbono almacenado en los dos sistemas silvopastoriles, el 95.75% se encontró en el suelo, el 3.99% en el pasto y solo el 0.26% corresponde a los árboles (Tabla 2). Otros estudios han encontrado similares resultados. Por ejemplo Ruiz (2002) encontró que más del 95% de C se almacenó en el suelo de los sistemas silvopastoriles evaluados. López *et al.* (1998) también encontraron por lo menos seis veces más carbono en el suelo que en la madera del tallo de *C. alliodora* en un sistema silvopastoril con *P. maximum*.

Tabla 2. Carbono almacenado por componente en los sistemas silvopastoriles según porcentajes (%) respecto del total.

Sistemas	Árboles	Forraje	Suelo
Pachaco-pasto	0,27	3,82	95,90
Teca-pasto	0,25	4,15	95,60
Promedio	0,26	3,99	95,75

Pastos bien manejados influyen sobre el contenido de C en el suelo (Fisher *et al.* 1994 citado en Ruiz 2002; Andrade 1999) así como la edad del sistema imponente en la explotación de los suelos (Palencia y Mirtini 1970 en Villanueva e Ibrahim 2002). Al momento de las evaluaciones concernientes al presente estudio el pastizal tenía

ya 15 años de haberse establecido, lo que explica en parte las proporciones indicadas en el Tabla II.

Es probable que los sistemas estudiados almacenen más carbono que el que se reporta. Esta investigación no consideró como bancos de carbono a las raíces de árboles y pasto ni la hojarasca de los árboles.

4. Conclusiones y recomendaciones.

Conclusiones

El estudio permitió el sondeo de algunos parámetros poco conocidos en Ecuador para las especies y arreglos evaluados y a las edades de evaluación: a los cinco años de edad pachaco y teca (dap > 5 cm.) tuvieron un factor de forma de 0.56 y 0.50; un crecimiento promedio de 8.24 m. y 9.71 m. en altura y de 8.57 y 10.75 cm. de dap; una gravedad específica de 0.38 y 0.57 g cm⁻³; un factor de expansión de biomasa de 1.17 y 1.39, respectivamente.

No se encontraron diferencias estadísticas significativas para el C total almacenado sobre el suelo. El aporte de los árboles al carbono total fue bajo: 0.20 t C ha⁻¹ (pachaco) y 0.22 t C ha⁻¹ (teca). El pasto aportó 2.75 y 3.65 t C ha⁻¹ (sistema pachaco-pasto y teca-pasto; respectivamente) utilizando 0.45 como fracción de carbono.

La cantidad de carbono almacenado en el suelo no fue diferente estadísticamente para ninguno de los tratamientos; sin embargo, el tratamiento que mayor cantidad de C almacenó fue el sistema Teca-pasto (84.12 t C ha⁻¹).

El carbono total almacenado (sobre y bajo el suelo) en los sistemas silvopastoriles y el pasto solo, resultó diferente estadísticamente. Se encontró dos rangos de significación (al 5% de probabilidad). El sistema teca-pasto almacenó la mayor cantidad de Carbono (87.99 t C ha⁻¹).

Recomendaciones

Se recomienda:

1. Efectuar estudios de cronosecuencia que permitan evaluar la evolución de los datos aquí consignados.
2. Efectuar evaluaciones sobre la fracción de carbono presente en cada especie integrante de los sistemas evaluados a fin de complementar más acertadamente los datos de próximas evaluaciones.
3. Continuar los estudios sobre almacenamiento del carbono en otros arreglos silvopastoriles y localidades con la finalidad de estimar el potencial de estos

para mitigar el cambio climático en el Ecuador.

REFERENCIAS

1. R. Orrala. "Almacenamiento de Carbono en dos Sistemas Silvopastoriles instalados en Quevedo Provincia de los Ríos" (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, EC 2006)
2. ASTM.ed.1993 Standard test methods for specific gravity of Wood and Wood – base materials. D2395-83. Philadelphia. USA. P 353-360
3. H. Andrade, 1999. "Production dynamics of Silvopastoral Systems with *Acacia mangium* y *Eucalyptus deglupta* in the humid tropic". Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 70p.
4. L. Arévalo; J. Alegre; Ch. Palm. 2003. Determinación de las reservas totales del Carbono en los diferentes Sistemas de Uso de la Tierra en Perú. Manual. INIA; ICRAF; CODESU; INAENA. PE. 29p.
5. G. Ávila; F. Jiménez; J. Beer; M. Gómez; M. Ibrahim. 2001. Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. Agroforestería en las Américas 8:30 (32-35).
6. _____. 2000. "Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas de café bajo sombra, café a pleno sol, sistemas silvopastoriles y pasturas a pleno sol". Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. 99 p.
7. S. Brown; A. Lugo. 1984. Biomass of tropical forests: A new estimate based on forest volumes. Science, 223:1290-1293.
8. J. Fehse; N. Aguirre; Ch. Paladines; R. Hofstede; J. Sevink. 1999. La productividad de cuatro bosques secundarios en la Sierra del Ecuador. Proyecto ECOPAR. Quito-Ec., 41 pp.
9. A. López; A. Schlönvoigt; M. Ibrahim; I. Kleinn; M. Kanninen. 1998. Cuantificación del carbono almacenado en el suelo de un sistema silvopastoril en la zona Atlántica de Costa Rica. Revista Agroforestería en las Américas. Avances de investigación. (en línea). Consultado mayo 2006. Disponible en <http://www.fao.org/WAIRDOCS/LEAD/X6328S/x6328S01.htm#Bibliografía>
10. K.G. MacDicken. 1997. A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects. Forest Carbon Monitoring Program. Winrock International Institute for Agricultural Development. 87p.
11. E. Olivares. 1994. Paquete de diseños experimentales FAUANL. Versión 2.5. Facultad de Agronomía UANL. Marín, N. L.
12. A. Ruiz. 2002. "Fijación y Almacenamiento de carbono en sistemas silvopastoriles y competitividad económica en Matiguás,

- Nicaragua". Tirrualba, Costa Rica. M.Sc Tesis CATIE.
13. P, Snowdon; J. Raison; H. Keith; K. Montagu; P. Ritson; P. Grierson; M. Adams; W. Burrows; D. Eamus. 2001. Protocol for sampling tree and stand biomass. National carbon accounting system technical report No. 31. Draft-March 2001. Australian Greehouse Office. 114p.
 14. The World Bank. 1998. Greenhouse Gas Assessment Handbook. A practical guidance document for the Assessment of Project level Greenhouse Gas Emissions. Environment Department papers. No. 66 p 70-80.
 15. USDA (Departamento de Agricultura, US). 1999. Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo: Densidad aparente. Traducido por Luter , A.; Salazar, J. 2000. INTA, Argentina. p 56. 1 disco compacto.
 16. C. Villanueva; M. Ibrahim. 2002 Evaluación del impacto de lo sistemas silvopastoriles sobre la recuperación de pasturas degradadas y su contribución en el secuestro de carbono en lecherías de altura en Costa Rica. Agroforestería de las Américas. Vol. 9 No. 35-36. p 69.