



MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

DEPARTAMENTO DE EXTENSIÓN

TEL: 2768-87-25 FAX: 2768-84-10

Siquirres, 26 de Octubre 2009.

DEA 095-09.

Ing. Eduardo Artavia Lobo. Mg.Sc.
Director Regional M.A.G. – Siquirres

Estimado Ing. Artavia

Con el propósito de evaluar el Impacto Ambiental de cuatro proyectos presentados por AGROECO (Monte Rey de Cariari), ASPPROA (La Argentina de Pocora), ADI (San Antonio de Florida), y Cámara Ganaderos del Caribe (Guápiles), se realizaron estimaciones de la remoción del CO₂ ocioso del ambiente por la biomasa aérea en los diferentes usos del suelo evaluados. Estos proyectos fueron implementados con recursos del PFPAS como Reconocimiento por Beneficios Ambientales que brindan a la sociedad. Los cálculos se hicieron a partir del análisis de la información de las acciones ejecutadas por los proyectos regionales y con base en la literatura científica, además de los datos generados por los especialistas regionales.

A las productores y productoras se les giraron recursos por un monto de **¢91 540.079,60** (Noventa y un millones quinientos cuarenta mil setenta y nueve colones con 90/100), por el **Beneficio Ambiental** de las inversiones realizadas. Este beneficio se estima en **7.192,6 toneladas de CO₂ anuales**, de manera tal que el precio pagado es de **US\$ 2,6 por tonelada de CO₂ fijado**, durante la vigencia del convenio.

En el adjunto detallo la información reseñada y en espera que sea de utilidad para el desarrollo del trabajo de las ASA's y del Depto de Extensión regional.

Sin otro particular me despido.

Vesalio Mora Calvo

MAG - Siquirres

Cc Ing. Yuner Alvarado Sojo. Jefe Regional Extensión

Ing. Roberto Azofeifa. PFPAS – MAG

Lic. Ricardo Zúñiga. Director a.i. PFPAS

Introducción.

Los gases invernaderos se originan en la naturaleza sin la mediación humana; estos gases incluyen: vapor de agua, dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y ozono. La acentuación en la concentración atmosférica de CO₂, CH₄, N₂O y otros gases invernadero producidos por las emanaciones de los suelos después de la deforestación, muestra que la tumba y quema de los bosques en las áreas tropicales es de importancia global. Estos gases son producto de la quema de la biomasa almacenada durante años en los bosques o por la descomposición de la materia orgánica que es sometida a procesos de oxidación (Botero 1999).

Estudios recientes proponen un escape neto de carbono desde las regiones tropicales a causa de la deforestación de 0.42 a 1.60 Pg ⁽¹⁾ año⁻¹ (Kanninen, M. 2001) de los cuales 0.1 a 0.3 Pg son originados por la reducción en la materia orgánica de los suelos. Las prácticas agropecuarias tradicionales juegan un papel importante ya sea adicionando gases de efecto invernadero, resultado de las tecnologías de producción o, reduciéndolos mediante su captura en la biomasa (Preston y Leng, 1989). En el caso de Costa Rica, se reportó para el 2.005 una emisión de 9.769,2 Gigagramos² de CO₂ equivalentes, de los cuales un 27% son generados por actividades de agricultura y ganadería (I.M.N. 2007).

El uso de especies leñosas asociadas a las pasturas en sistemas pecuarios, tiene que evaluarse desde la perspectiva de su contribución a la disminución de emisiones de gases (metano y óxido nitroso), de la remoción de dióxido de carbono (CO₂) ocioso en la atmósfera, además de la factibilidad de sustituir en la época seca los suplementos de origen agroindustrial por suplementos producidos en finca (arbustos forrajeros), los cuales proveen beneficios ambientales al productor, como la protección de los suelos contra los efectos de la erosión, principalmente en zonas de ladera, incremento de la biodiversidad en flora y fauna, disminución del estrés calórico en los animales y la mejora en la digestibilidad de la dieta que consumen, así como la protección y conservación de fuentes de agua y, la conectividad de fragmentos de bosque.

Los sistemas silvopastoriles (SSP) como la siembra de árboles en potreros, el uso de cercas vivas, pastos con árboles remanentes, cortinas rompevientos, bancos forrajeros entre otros, son diseñados por el hombre y modificados con el tiempo por la naturaleza. Ofrecen prácticas sostenibles de bajos insumos que combina leñosas con cultivos y animales y promueve el reciclaje de nutrientes, y demuestran que su implementación en fincas ganaderas aportan a la remoción y almacenamiento de carbono convirtiéndolas en verdaderos y sumideros de Carbono atmosférico (Fisher, et al, 1.994).

El carbono fijado en el suelo es el resultado de la descomposición de la materia orgánica proveniente de la hojarasca, las raíces de los pastos y los árboles, y el aporte de las

¹ 1 Petagramo = Pg = 1 Gigaton = 10 x 10⁸ toneladas

² Gg= Gigagramo = 1.000 toneladas

excretas de los animales. Veldkamp (1993) indica que las pasturas mejoradas a pleno sol retienen 60% más carbono que bajo sombra, debido a la mayor biomasa y longevidad radicular así como al incremento de materia orgánica del suelo, contrario a lo reportado por Avila (2000) que menciona que pasturas de *B. brizantha* con árboles almacenan 32% más que carbono que a pleno sol.

Metodología

Para la determinación del impacto de las diversas acciones del uso del suelo, se usaron diversas fuentes de literatura científica y en otros casos, con información generada en trabajos regionales de validación e investigación. En todos los casos, se tomaron como referencia los valores más bajos reportados, en estricto apego a la normativa recomendada para proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) de las Naciones Unidas.

Pasturas mejoradas y Banco forrajero de gramíneas.

La producción anual de las pasturas mejoradas y los bancos de gramíneas, se estimó tomando el promedio de producción ciclo⁻¹ y multiplica por número de ciclos del año.

La producción del pasto por ciclo de rotación, se calculó de la siguiente manera:

$$PPc = PPO - PPRc-1$$

donde:

PPc = Producción de pasto por ciclo, kg M.S. ha⁻¹

PPO = Producción pasto ofrecido, kg M.S. ha⁻¹

PPR c-1 = Producción de pasto rechazado del ciclo anterior.

Para esos valores se tomaron los diferentes reportes regionales del MAG, para pasturas del género *Brachiaria* spp. El valor utilizado para los bancos forrajeros fue el reportado por Mannetje (2008), de 6 t ha⁻¹.

Cercas vivas.

Las cercas vivas están conformadas por 2 especies de árboles principalmente, *Erythrina costaricensis* y *Gliricidia sepium* con una densidad de 600-700 árboles km⁻¹, con una media de 625 árboles km⁻¹ de cerca viva (Mora, 2009). Para estimar la biomasa de este componente se utilizó una ecuación en la que se mide la altura del fuste o poste, el DAP, la altura y 3 diámetros de cada cabeza (de donde salen las ramas manejadas por la poda) y la densidad de la madera (Mora, 2.001).

Para estimar volúmen y biomasa de cada árbol se emplearon las siguientes fórmulas:

$$V = V_p + V_c$$

V= volúmen m³/ árbol

V_p= volúmen del fuste m³

V_c= volúmen de cada cabeza

El V_p corresponde a:

$$V_p = (dap^2 * (\pi/4) / 10000) * (hp)$$

$$(dap^2 * (\pi/4) / 10000) = \text{área basal del fuste m}^2.$$

$$Hp = \text{altura del fuste.}$$

Con el volúmen estimado se calculó la biomasa del árbol con la siguiente fórmula:

$$B = V * GE.$$

B= biomasa aérea (t /árbol),

V volúmen del árbol (m³)

GE es la gravedad específica de la madera (0.25 t m³) (Avila 2000).

Para estimar el carbono fijado se empleó la ecuación:

$$CF = CA / EA$$

donde:

CF= carbono fijado (tC ha⁻¹ año⁻¹)

CA = carbono almacenado (tC ha⁻¹)

EA= edad del árbol (años), estimada en 3 años en promedio.

Villacis, J. et al (2.003), reportaron que en Río Frío las fincas de bajo nivel de intensificación tienen en promedio 27,1 has, con 6,8 potreros finca⁻¹, además de 1,5 km finca⁻¹ de cercas vivas y predominancia de pasto Ratana. Similares datos son reportados en el estudio regional de la agrocadena de ganadería (Mora, V. 2.007).

Pasturas con árboles

Se consideró el reporte de Villacis, et al. 2.003, quienes mencionan que el 95,7% de las fincas en Río Frío tienen árboles en los potreros, con una densidad mínima de 13,6 árboles ha⁻¹ con una cobertura de copa del 12%.

Arboles en plantación y en áreas de protección.

Los árboles de diferentes especies, mayoritariamente especies nativas, fueron plantados en áreas de interés de los ganaderos. Resaltan áreas de recarga acuífera y otras susceptibles de erosión. Para estimar la tasa de fijación de carbono de cada árbol, se tomó la información de Alpízar (2007), para diferentes especies según tasa de crecimiento y turno de corta de cada una, con un promedio de 0.022 toneladas por árbol.

Bosques ribereños.

Este tipo de uso del suelo es frecuente en las fincas ganaderas, y se caracterizan por poseer una vegetación natural de distintos estratos a la orilla de ríos o cuerpos de agua, con un ancho mínimo de 4 m. Para la determinación de la biomasa se tomó la referencia de Zapata et al (2003). Chará, J. et al (2003) comentan que las quebradas protegidas por bosques riparios, presentan menos Demanda Bioquímica de Oxígeno, más Oxígeno disuelto, menos coliformes totales y fecales.

Bancos de proteína.

Bancos de proteína de *Cratylea argentea* con densidades de 12.000 estacas ha⁻¹, en condiciones de trópico húmedo de Colombia (Mannetje et al, 2008) fueron considerados como valores de referencia para estimar el carbono fijado por estos usos del suelo.

Los bancos forrajeros y de proteína representan una excelente alternativa de alimentación, principalmente en época de penuria alimentaria para los bovinos. En el caso de estos 4 proyectos, la inversión en estas 38 has de suplemento alimenticio representa un monto superior a los US \$ 25.600 (veinticinco mil seiscientos dólares) por parte de los productores y productoras.

Biodigestores.

Esta práctica de manejo de los remanentes orgánicos de las fincas ganaderas se ha popularizado en los últimos años en la región. Según estimaciones de las ASA's de la DRH Atlántica, se han instalado alrededor de 250 biodigestores. Para la estimación del impacto ambiental se tomo como referencia un biodigestor de 11 m³, con 35% en estado gaseoso, que representa 913,4 m³ de gas por año, equivalentes a 19,2 toneladas de CO₂.

Pasturas degradadas

Usando la metodología del BOTANAL recomendada por FAO, se realizó un muestreo de la condición de las pasturas en fincas del cantón de Talamanca, Las pasturas presentan una degradación de severa a moderada, con manchas aisladas de suelo desnudo, pobre disponibilidad de pasto, de 20% a 35% de especies forrajeras palatables, presencia de entre 40 y 60% de malezas, y con evidentes signos de erosión laminar.

Basado en los resultados del muestreo en Talamanca, el valor de remoción estimado fue de 0,12 ton C ha⁻¹ año⁻¹ para pasturas degradadas de Ratana (Avila, 2000).

Resultados

Usos del suelo

El proyecto de Fomento de Prácticas Agropecuarias Sostenibles (PFPAS) procura la implementación de prácticas agropecuarias amigables con la naturaleza. Entre estas prácticas, destacan usos del suelo como los bancos forrajeros y de proteína, la siembra de árboles en cercas vivas y la protección de bosques ribereños, la siembra de pasturas mejoradas entre otros sistemas silvopastoriles. En la DRH Atlántica, se han ejecutado una serie de cambios en el uso del suelo en las fincas de productores y productoras de 4 organizaciones de ganaderos. Estas prácticas silvopastoriles han sido implementadas, cuantificadas, verificadas y reconocidas monetariamente por su beneficio ambiental a la sociedad.

En el cuadro N° 1 se presentan las actividades realizadas por los diferentes grupos de ganaderos y ganaderas de la región, y la totalización de las mismas. Cabe mencionar, que en algunos casos, está pendiente la segunda visita de verificación de las actividades realizadas, lo que implica que el número de actividades en pro del ambiente podría ser mayor al mostrado en este cuadro.

Cuadro N° 1. Uso del suelo por las diferentes organizaciones de ganaderos de la región

Uso del suelo	AGROECO	ASPROA	SAN ANTONIO FLORIDA	CAMARA GANADEROS DEL CARIBE	TOTAL
Banco Proteína (has)	1	1	0	3	5
Siembra árboles en potrero (número)	2.600	700	0	21800	25.100
Cercas vivas (km)	24,32	22,79	41,21	66,5	154,82
Banco forrajero (has)	3,22	3,19	1,3	25,3	33,0
Pasturas mejoradas (has)	1,1	1	10	158	170,1
Bosques riparios (árboles)	700	3260	0	1050	5010
Biodigestores (número)	11	7	3	8	29

La cantidad de árboles sembrados (30.110) en el potrero o introducidos en bosques ribereños, es equivalente a una plantación forestal de 27,4 has. A razón de reconocer monetariamente este beneficio, según el esquema de Pago por Servicios Ambientales del FONAFIFO, esta cantidad de área reforestada corresponde a un pago de US\$ 26.852 (veinte y seis mil ochocientos cincuenta y dos dólares americanos).

Basado en Villacis, J. et al (2.003), se puede mencionar que el incremento promedio en cercas vivas es de 47,7% aproximadamente, ya que se establecieron 154,8 km de cercas vivas en 113 fincas involucradas en los proyectos. Esto también está relacionado con el establecimiento de 1,5 has de pasturas mejoradas por finca, lo que implicó una mayor división de apartos en las fincas y una mayor rotación en los mismos. A razón del Pago por Servicios Ambientales para Sistemas Agroforestales del FONAFIFO, la cantidad de árboles plantados en cercas vivas representa un ingreso para los finqueros de US\$ 118.392,3 (Ciento dieciocho mil trescientos noventa y dos con 30/100 dólares americanos).

Impacto Ambiental.

La ganadería es identificada como una de las principales causas de deforestación, lo que ha generado la fragmentación del paisaje y la desaparición de importantes áreas de bosque. El PFPAS - RBA impulsa las tecnologías silvopastoriles en procura de intensificar la producción de biomasa comestible en las fincas, mejorar la calidad de la dieta de los animales, liberar áreas de pasturas degradadas, y para promover la reforestación y la regeneración natural de bosques, que se constituyen en depósitos de carbono (Mora, V. 2.009)

Basado en diferentes reportes científicos y en datos regionales sobre sistemas silvopastoriles y su efecto positivo en el ambiente, se hizo la determinación del aporte de biomasa aérea de los diferentes usos del suelo, tanto de leñosas como de forrajeras, y con ello se estimó la remoción de CO₂. Se destacan las prácticas que involucran el componente leñoso con el forrajero en la misma unidad de área, tal como lo muestra el cuadro N° 2.

Cuadro 2. Tasas de fijación de CO₂ en diferentes usos del suelo y por biodigestores.

Uso suelo	Tasa Fijación	Area (has) o Cantidad (Nº)	CO ₂ fijado	Fuente
	ton C ha ⁻¹		ton año ⁻¹	
Banco Proteína	2	4,96	36,4	<i>Mannetje, et al. 2008</i>
Plantación forestal (<i>por árbol</i>)	0,02	25100,0	2.065,2	<i>Alpizar, E. 2007</i>
Cercas vivas (<i>por poste</i>)	0,007	91071	2.434,3	<i>Mora, V. 2009</i>
Banco forrajero	6	33	726,0	<i>Ibrahim et al. 2007</i>
Pasturas mejoradas sin árboles en los potreros	2,04	170,1	1.272,3	<i>Avila, G. 2000</i>
Bosques riparios (árboles)	3,05	9,1	101,5	<i>Ibrahim et al. 2007</i>
Biodigestores		29	556,8	<i>Datos regionales</i>

Estas prácticas silvopastoriles resultan en un Beneficio Ambiental total de 7.192,6 toneladas de CO₂ año⁻¹. Esta cantidad es equivalente a la remoción de CO₂ que realizan 1.031,9 has (Un mil treinta y uno) de bosque secundario en el trópico húmedo (Segura, M. 1.999), o bien, el mismo aporte que harían 1.089,8 has (Un mil ochenta y nueve) de un sistema silvopastoril en asocio de *Acacia mangium* con *Brachiaria brizantha* (Andrade, H. 1.999).

Si consideramos que el monto total pagado por RBA fue de ¢91 540.079,90, y que los usos del suelo evaluados representan sólo el 47% de las inversiones realizadas con fondos PFPAS – RBA, para un período de compromiso de cuatro años de los convenios, la tasa de acumulación de CO₂ es de 28.770 toneladas. Esto representa un pago de US \$2,60 por tonelada de CO₂, que es 4,5% menor que el pago de los mercados internacionales de carbono.

Las pasturas mejoradas, los bancos de proteína y forrajeros, también aportan otros beneficios ambientales, tal como la mejora en la eficiencia de emisión del metano (CH₄), debido al aumento en la digestibilidad de la dieta de los bovinos. En este proceso el CH₄ representa la energía alimenticia que se pierde en forma de gas, en lugar de ser aprovechado y transformado en leche o carne. Según Mora (2.004), novillos Cebú en SSP emiten 90.5 kg CH₄ animal⁻¹ ciclo⁻¹ de engorde mientras que en pastoreo tradicional es de 289 kg CH₄ animal⁻¹ ciclo⁻¹.

El aporte del componente arbóreo (plantación forestal y cercas vivas) es de 4.500 toneladas CO₂, y con esta cantidad de remoción se puede compensar la emisión de gases contaminantes de una flotilla de 563 carros durante todo un año.

El beneficio de los árboles va más allá de la remoción de GEI, también es de resaltar el efecto sobre la mitigación del estrés calórico en los bovinos. Estudios del CATIE demuestran que bajo la copa de los árboles la temperatura es 3-6 °C menor que a plena exposición de sol. Pero no sólo es el efecto de la temperatura, sino que Esquivel et al (2.007) demostraron que tanto la digestibilidad como la proteína cruda de los pastos bajo la copa de los árboles es superior que fuera de la sombra de los árboles. A esto debe agregarse el hecho que los animales bajo la sombra de los árboles, dedican más tiempo al pastoreo y a la rumia, y disminuyen el consumo de agua.

Estos usos ecoamigables del suelo además de almacenar carbono, disminuyen el riesgo de degradación de las pasturas y el suelo, y con ello la emisión de gases producto de los procesos de oxidación de la materia orgánica del suelo. También mejoran la escorrentía superficial del suelo y aumentan la capacidad infiltración conforme aumenta la cobertura del suelo.

Una de las prácticas de manejo de finca más comunes en la región caribeña es la instalación de biodigestores. En consulta con expertos regionales, se menciona que mediante las ASA's de la DRHA se han instalado alrededor de 350 biodigestores. Con fondos del PFPAS – RBA se han instalado 29 biodigestores, los cuales representan 556,8 toneladas de CO₂ evitado al ambiente como metano. Esta cantidad de biodigestores representan un ahorro anual para las 29 fincas de US\$ 11.240,4 (Once mil doscientos cuarenta con 40/100), equivalentes a 348 cilindros de gas para cocinar y a 406 quintales de fertilizante 15-15-15. Esta cantidad de gas para cocinar le permite al país un ahorro de energía eléctrica de 208.800 kWh, para lo cual se requieren 73.007 litros de combustible, que a precios del ICE representan US \$33.837,7 (treinta y tres mil ochocientos treinta y siete con 70/100 dólares americanos).

Para la DRH Atlántica el fomento de este tipo de prácticas de manejo ecosistémico es de suma relevancia, no sólo desde la perspectiva económica sino también por la responsabilidad ambiental. En este caso es importante mencionar que sólo la protección de bosques ribereños es capaz de compensar la Huella de Carbono (incluye vehículos, electricidad y viajes) de la DRH Atlántica que es de 99.4 toneladas anuales.

Literatura citada.

1. Alpízar, E. 2.007. Estimación de acumulación de carbono por especies nativas y exóticas de árboles. Centro Científico Tropical. San José, abril 2.007.
2. Andrade, H. 1.999. Dinámica productiva de sistemas silvopastoriles con *Acacia mangium* y *Eucalyptus deglupta* en el trópico húmedo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 83 p.
3. Avila, G.2.000. 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, CATIE, 99 p.
4. Chará, J.; Pedraza, G., Giraldo, L.; Hicapié, D. 2.007. Efecto de los corredores ribereños sobre el estado de quebradas en la zona ganadera del río La Vieja, Colombia. Revista Agroforestería en las Américas. RAFA 45:72-78 pp.
5. Esquivel, H. 2007 Tree Resources in Traditional Silvopastoral Systems and Their Impact on Productivity and Nutritive Value of Pastures in the Dry Tropics of Costa Rica. Tesis Ph.D.CATIE, Turrialba, Costa Rica. 161 p.
6. Kanninen, M. 2001. Sistemas Silvopastoriles y almacenamiento de carbono: Potencial para América Latina. *In* Conferencia electrónica en potencialidades de los Sistemas Silvopastoriles para la generación de servicios ambientales. LEAD-CATIE.
7. Fisher, M.J.; Rao, I.M.; Ayarza, C.E.; Sanz, J.I.; Thomas, R.J.; Vera, R.R. 1.994 Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. Nature. 31:236-238 pp.
8. 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 45:27-38.
9. Amézquita, M.C.; Amézquita, E.; Casasola, F.; Ramñírez; B.L.; Giraldo, H. Gomez, M.E. Llanderal, T.; Velázquez, J.; Ibrahim, M. 2.008. C stock and sequestration. *In* L t'Mannetje, MC Amezquita, P Buurman and MA Ibrahim. Eds. Carbon sequestration in tropical grassland ecosystem. Wageningen Academic Publishers. P 49-63.
10. Mora-Calvo, V. 2004. Fixation, Emission and Balance of Greenhouse Gases in monoculture pastures and in Silvopastoral Systems of intensive milk production farms in the high lands of Costa Rica. 2nd International Symposium on Silvopastoral Systems. Mérida, Yucatán, Mexico.
11. Mora-Calvo, V. 2004. Emisión de metano por novillos alimentados con cerdaza, en un sistema silvopastoril en la costa caribeña de Costa Rica. *In* Congreso Internacional de Silvopastorilismo y manejo sostenible. Universidad de Compostela. Lugo, España.
12. Mora-Calvo, V. 2.007. Descripción de la Agrocadena de Ganadería bovina. MAG – DRHA. 33 p.
13. Mora-Calvo, V. 2.009. La Carbono Neutralidad en sistemas agrosilvopastoriles integrales en Costa Rica. *In* II^{do} Congreso Nacional de Extensión Agropecuaria. San José, Costa Rica. pp 109-115
14. Preston, T.R.; Leng, R.A. 1989. The green house effect and its implications for world agriculture. The need for environmentally friendly development. *In* Livestock Research for Rural Development. 1(1): 23-30

15. Segura, MA. 1999. Valoración del servicio ambiental de fijación y almacenamiento de carbono en bosques privados del Área de Conservación Cordillera Volcánica Central. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 115 p.
16. Veldkamp. E. 1993. Soil organic carbon dynamics in pastures established after deforestation in the humid tropics of Costa Rica. Ph. D. Thesis. Wageningen, Netherlands, Agriculture University of Wageningen. 117 p.
17. Villacis, J.; C. A. Harvey; M. Ibrahim and C. Villanueva 2003 Relaciones entre la cobertura arbórea y el nivel de intensificación de las fincas ganaderas en Río Frío, Costa Rica *Revista Agroforestería en las Américas* 10 17-23
18. Zapata, M; Colorado, GJ; Del Valle JI. 2003. Ecuaciones de biomasa aérea para bosques intervenidos y secundarios. *In* Orrego, SA; Del Valle, JI; Moreno, FH. eds. *Medición de la captura de carbono en ecosistemas forestales tropicales de Colombia, contribuciones para la mitigación del cambio climático*. Bogotá, CO, Universidad Nacional de Colombia-Centro Andino para la Economía del Medio Ambiente (CAEMA). p. 87-120. Zapata et al (2003)