

Avances de Investigación

Aprovechamiento, rendimiento maderable y carbono perdido en los residuos de *Cordia alliodora* de regeneración natural en cacaotales (*Theobroma cacao*) y bananales (*Musa AAA cv. Gros Michel*) de Talamanca, Costa Rica

Eduardo Somarriba¹, Alfonso Suárez², Wilson Calero³, Anderson Botina⁴, Diego Chalaca⁴

RESUMEN

Se evaluó la tasa de aprovechamiento (1997-2005, nueve años) de árboles de laurel (*Cordia alliodora*) de regeneración natural en 40 cacaotales (36,3 ha) y 28 bananales (8 ha) indígenas de Talamanca, Costa Rica. Se estimó el carbono en pie, el que se aprovecha en forma de madera aserrada y el que se pierde como residuo del aprovechamiento. Los productores manejan la regeneración natural del laurel y mantienen 50-55 árboles ha⁻¹ que contienen 3,13 – 7,28 t ha⁻¹ de carbono en pie. En cada hectárea de cacaotal y bananal, los hogares aprovechan un árbol de laurel cada tres años, con un dap de 51 cm, del que obtienen 3 m³ árbol⁻¹ de volumen total de fuste, equivalente a 1,05 t árbol⁻¹ de biomasa y 0,57 t C árbol⁻¹. Se pierde el 77% del C por árbol durante el aserrado de los árboles con motosierra, equivalente a 73 kg ha⁻¹ año⁻¹.

Palabras claves: Agroforestería, conocimiento local, cubierta de copas, dosel de sombra, inventario, plantas de sombra, tasa de corta.

Logging, timber yield and carbon losses in *Cordia alliodora* residues from natural regeneration in cacao (*Theobroma cacao*) and banana (*Musa AAA cv. Gros Michel*) plantations in Talamanca, Costa Rica

ABSTRACT

We estimated the logging rate (1997-2005, nine years) of laurel (*Cordia alliodora*) trees from natural regeneration in 40 indigenous cocoa plantations (36.3 ha) and 28 banana plantations (8 ha) of Talamanca, Costa Rica. We calculated the carbon in tree biomass, in extracted products and in losses from logging residues. The farmers manage the natural regeneration of laurel and maintain 50-55 trees ha⁻¹, equivalent to 3.13 – 7.28 t ha⁻¹ of carbon stock. In each hectare of cacao and banana plantations, the households cut one laurel tree every three years, with a dbh of 51 cm, obtaining a total volume 3 m³ tree⁻¹ of trunk, which represent 1.05 t biomass tree⁻¹ and 0.57 t carbon tree⁻¹. Seventy-seven percent of the carbon, equivalent to 73 kg ha⁻¹ year⁻¹, was lost during the sawing and logging process.

Keywords: Agroforestry, canopy, local knowledge, shade canopy, shade plants, timber harvest rate, tree inventory.

INTRODUCCIÓN

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) son la principal causa del calentamiento global. El dióxido de carbono (CO₂), el GEI más importante, es liberado por la quema de combustibles fósiles y la deforestación (Dixon et ál. 1994, Cielsa 1995, Smith et ál. 1999). Las plantaciones forestales y los sistemas agroforestales (SAF) son una opción para la fijación y almacenamiento de carbono (Puri y Nair 2004, Swamy y Puri 2005). A nivel mundial, se calcula que los SAF pueden secuestrar entre 0,8-2,2 Pg C año⁻¹ (1 Pg = 10¹⁵ g) en un período

de 50 años (Dixon et ál. 1994). Otros autores estiman que para el año 2010, los SAF podrían almacenar 26 Tg C año⁻¹ (1 Tg = 10¹² g; Watson et ál. 2000). Los árboles maderables son depósitos de carbono a corto plazo, ya que al cortarlos o quemarlos, o al morir por causas naturales y descomponerse, liberan el carbono de la madera a la atmósfera (Cielsa 1995).

Los productores indígenas de Talamanca, Costa Rica, manejan la regeneración natural de laurel (*Cordia alliodora*) y cedro (*Cedrela odorata*) en sus cacaotales

¹ Grupo Temático Cacao, CATIE, Turrialba, Costa Rica. Correo electrónico: esomarri@catie.ac.cr

² Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. Correo electrónico: alfonsosuarezislas@yahoo.com.mx.

³ CATIE, Turrialba, Costa Rica. Correo electrónico: wcalero@catie.ac.cr.

⁴ Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Colombia. Correos electrónicos: ambgarzon@gmail.com, teyo@mail.udenar.edu.co.

y bananales para producir madera y construir casas y botes, así como para la venta (Suárez 2001, Somarriba et ál. 2003). Los productores voltean y asierran los árboles en las fincas usando motosierra y marco para producir tablas (60%), tablillas (30%) y madera de cuadro (10%), lo que genera una gran cantidad de residuos que quedan en el campo, se descomponen rápidamente y liberan CO₂ a la atmósfera (Winjun et ál. 1998, Bámaca et ál. 2004). En este artículo, se estimó la tasa anual de corta, el rendimiento maderable y las pérdidas de carbono en residuos del aprovechamiento del laurel en los cacaotales y bananales de indígenas bribri y cabécar de Talamanca, Costa Rica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Talamanca indígena se ubica en la Provincia de Limón, Costa Rica (9°21'38"-9°39'30"N; 82°50'40"-83°50'40"O). En la zona se distinguen dos unidades de paisaje: el valle, constituido por la coalescencia de los abanicos aluviales de varios ríos (suelos Typic Troporthent), y las laderas, ubicadas entre 40 y 400 m de altitud y constituidas de materiales sedimentarios y rocas intrusivas (suelos Oxic Palehumults y Aeríc Tropaquepts). La precipitación promedio anual es de 2800 mm y la temperatura media anual de 25,6° C (Kapp 1989, Borge y Castillo 1997). En otros artículos se encuentran descripciones detalladas de las fincas y los cacaotales (Somarriba y Harvey 2003, Somarriba et ál. 2003).

¿Cuánto laurel se aprovecha en las fincas?

Suárez (2001) seleccionó al azar 68 productores de la lista de 700 productores cacaoteros y bananeros indígenas de la Asociación de Pequeños Productores de Talamanca (APPTA). Las parcelas de estos productores pudieron estar dominadas por cacao, por banano o por una mezcla de cacao y banano, y ubicarse en el valle o en las laderas. En cada parcela se trazó un polígono cerrado con brújula y cinta métrica, se elaboró un mapa de la parcela y se determinó con precisión su superficie; se evaluaron (dap, altura, forma del fuste y estado sanitario) todos los árboles vivos de laurel y cedro (*Cedrela odorata*) con dap ≥ 5 cm; y con el productor se fechó (año de corte) y midió el diámetro y altura del tocón de todos los árboles de laurel aprovechados en la parcela reconocibles en el momento del inventario. Los productores fueron capaces de determinar con precisión el año de corte de todos los árboles aprovechados en su parcela hasta cinco años antes. Las parcelas se reinventariaron en el 2005. Los datos de aprovechamiento de laurel en las 68 parcelas abarcan entre 1997 y 2005 (nueve años).

Los aserradores cortan el tronco a diferentes alturas sobre el suelo, dependiendo de la topografía alrededor del árbol y de la presencia de gambas y otras irregularidades en la base del tronco. Las ecuaciones alométricas que permiten estimar la biomasa de los árboles de laurel utilizan el dap (a 1,3 m sobre el suelo) como variable independiente. Se midió el diámetro de todos los tocones, los cuales tienen diferente altura, y los datos se usaron para estimar el dap usando la ecuación de ahusamiento del laurel (Ecuación 1) desarrollada por Pérez (1954). La biomasa total por árbol se estimó con Ecuación 2 (Andrade et ál. en preparación); el volumen total del fuste se estimó con Ecuación 3 (Somarriba y Beer 1987). El carbono se estimó como 0,5 de la biomasa (IPCC 1996).

$$\text{dap} = -136,90622 + 37,51902 \cdot \ln(d_h) + 8,15199 \cdot \ln(h) \quad [1]$$

$$B_t = 10^{-0,51 + 2,08 \cdot \log(\text{dap})} \quad [2]$$

$$V = e^{-9,62 + 2,697 \cdot \log(\text{dap})} \quad [3]$$

donde:

- dap = diámetro a la altura del pecho (1,3 m; cm)
- h = altura del tocón (cm)
- d_h = diámetro del tronco (cm) a la altura del tocón
- B_t = biomasa total arriba del suelo (kg árbol⁻¹)
- V = volumen total del fuste, con corteza (m³)
- ln = logaritmo natural de base e
- log = logaritmo base 10

¿Cuánto carbono se extrae en madera y cuánto queda en los residuos en el campo?

Se contrataron tres aserradores expertos locales (operadores de motosierra: Walter Romero Torres, Rubén Morales Morales y Abel Pita Pita) para que estimaran



Aprovechamiento maderable en un cacaotal (foto: Eduardo Somarriba)

visualmente, en unidades locales (pies tablares; $1 \text{ m}^3 = 423,77$ pies tablares; 1 pie tablar = $0,00236 \text{ m}^3$), y en forma individual y secreta, la madera (tablas 60%; tablilla 30%; madera cuadrada 10%) que rendiría el aserrío de cada uno de 160 árboles de laurel en pie presentados ante ellos. Los árboles, que deberían ser aprovechables ($\text{dap} \geq 40$ cm), se seleccionaron al azar mediante caminatas por las fincas, buscando evaluar al menos 30 árboles por clase de dap de 10 cm. En total, se evaluaron 60 árboles de entre 40 y 50 cm y aproximadamente 30 árboles por clase entre 51 y 80 cm. A cada árbol se midió el dap . Se ajustaron modelos de regresión lineal entre el dap y el rendimiento en volumen de madera aserrada estimado por cada aserrador, un modelo por aserrador. Mediante análisis de varianza se evaluaron las diferencias entre aserradores y la posibilidad de ajustar un solo modelo de regresión a todos los datos.

El volumen de madera aserrada “estimado” por el modelo se convirtió a biomasa total con una gravedad específica de $0,47 \text{ g cm}^{-3}$ (Reyes et ál. 1992, Segura 2005) y a carbono con una fracción de 0,5 (IPCC 1996). El carbono que se pierde en forma de residuos del aprovechamiento de cada árbol se calculó restando el carbono de la madera aserrada del carbono total. Las pérdidas de carbono por árbol se expresaron en unidades absolutas y en porcentaje del carbono total almacenado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inventarios de laurel

La superficie inventariada fue de 44,3 ha, de las cuales 36,3 ha fueron cacaotales y 8 ha bananales. El tamaño

promedio de las parcelas de cacao fue $1,25 \pm 0,45$ ha y de banano $0,75 \pm 0,25$ ha. La densidad del laurel se incrementó de 51 a 56 árboles ha^{-1} en cacaotales y de 40 a 51 árboles ha^{-1} en bananales, entre 2001 y 2005 (Cuadro 1).

En 2001 y 2005, la población de árboles de laurel tuvo una distribución de frecuencia de árboles por clase de dap en forma de j invertida (muchos árboles pequeños y pocos árboles grandes), típica de poblaciones que se reproducen exitosamente en una localidad o región. En Talamanca, cada año el laurel produce y dispersa grandes cantidades de semillas (Somarriba 1999) que exploran cada posible micrositio favorable para el desarrollo de la especie y generan un reclutamiento anual de jóvenes a la población en toda Talamanca (Cuadro 2). La única desviación del patrón de j invertida en la población de laurel es el menor número de individuos en la primera clase de dap (los árboles más pequeños, con dap entre 5-14 cm) que en la segunda (dap entre 15-24 cm). Esta “anomalía” parece deberse al patrón de reclutamiento y el manejo del dosel de sombra por los agricultores. A continuación una hipótesis.

Cada año, caen al suelo millones de semillas de laurel; unas germinan, otras no, unas plántulas sobreviven porque cayeron en buenos micrositios; otras, la gran mayoría, caen en malos micrositios y mueren tempranamente. Muchas plántulas y brinzales mueren por el exceso de sombra en el piso, bajo la copa de los árboles de cacao, otras son cortadas y eliminadas durante las 1-3 chapeas por año que el agricultor aplica al cacaotal para

Cuadro 1. Densidad, biomasa, carbono y volumen total del fuste de *Cordia alliodora* de regeneración natural en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica

Variables	Cacao		Banano	
	2001	2005	2001	2005
Área total (ha)	36,3	36,3	8	8
N (árboles total)	1866	2020	321	407
Biomasa total (t)	372	480	57	90
Carbono total (t)	186	240	28	45
Volumen (m^3)	1573	2153	232	433
Densidad (árboles ha^{-1})	$51,4 \pm 5$	$55,6 \pm 7$	40 ± 7	51 ± 8
Biomasa (t ha^{-1})	$10,2 \pm 0,005$	$13,2 \pm 0,004$	$7,1 \pm 0,02$	$11,3 \pm 0,02$
Carbono (t ha^{-1})	$5,12 \pm 0,002$	$6,6 \pm 0,002$	$3,55 \pm 0,01$	$5,6 \pm 0,01$
Volumen ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)	$43,33 \pm 0,04$	$59,3 \pm 0,04$	$29,0 \pm 0,13$	$54,1 \pm 0,23$
Biomasa (t árbol^{-1})	$0,20 \pm 0,17$	$0,24 \pm 0,18$	$0,20 \pm 0,16$	$0,25 \pm 0,21$
Carbono (t árbol^{-1})	$0,1 \pm 0,08$	$0,12 \pm 0,09$	$0,10 \pm 0,08$	$0,12 \pm 0,10$
Volumen ($\text{m}^3 \text{ árbol}^{-1}$)	$0,84 \pm 1,27$	$1,06 \pm 1,46$	$0,72 \pm 1,07$	$1,06 \pm 1,83$

Notas: \pm desviación estándar; área total inventariada = 44,3 ha.

Cuadro 2. Inventario de biomasa, carbono y volumen de *Cordia alliodora* de regeneración natural en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica (2005)

dap (cm)	Cacao			Banano				
	N	Biomasa (t)	Carbono (t)	Volumen (m³)	N	Biomasa (t)	Carbono (t)	Volumen (m³)
5-14	261	10,4	5,2	10,7	80	2,74	1,37	2,59
15-24	503	54,8	27,4	108,7	110	11,96	5,98	23,64
25-34	531	106,4	53,2	321,7	96	18,64	9,31	55,27
35-44	389	123,3	61,7	515,1	53	16,75	8,37	70,0
45-54	196	87,8	43,9	468,8	40	18,51	9,25	101,17
55-64	91	54,8	27,4	361,2	15	9,04	4,52	59,65
65-74	35	27,5	13,8	219,6	3	2,34	1,17	18,62
> 75	14	14,8	7,4	147,5	10	10,40	5,20	101,82
Total	2020	479,8	239,9	2153,3	407	90,38	45,19	432,66

Notas: área = 36,5 ha de cacao y 8 ha de banano.

controlar las malezas y facilitar la cosecha y recolección de los frutos del cacao. La observación en Talamanca muestra que para entender el manejo de los árboles de laurel en el cacaotal, solo interesa observar los latizales (dap > 5cm), los cuales ya han superado todas las condiciones de selección descritas anteriormente y sus copas se encuentran a la misma altura (o mayor) que las copas del cacao. A partir de este momento, y hasta que los árboles alcanzan unos 15 cm de dap, los productores pueden decidir si ralean o no el laurel joven debido a que, por ejemplo, se encuentra en un sitio donde ya existen otros árboles y la sombra sobre el cacao es excesiva; porque necesitan una vara o madera rolliza en la finca, o porque el arbolito tiene el fuste muy torcido (un

problema frecuente de forma de fuste de los laureles en Talamanca, debidos al tránsito del tallo delgado y joven del laurel a través de la copa del árbol de cacao, ver Suárez 2001). La mayor presión de raleo sobre los árboles de laurel ocurre cuando éstos miden entre 5 y 14 cm de dap. Con mucha reticencia, los agricultores eliminan laureles (dap > 15 cm) para regular sombra o por mala forma de fuste.

Tasa de corta, rendimiento maderable y residuos de aprovechamiento

El análisis de varianza no detectó diferencias significativas ($P < 0,0001$) entre las pendientes de las líneas de regresión por aserrador, por lo que se calculó una sola ecuación ($R^2 = 0,56$) con las estimaciones de los tres aserradores (Ecuación 4, Figura 1).

$$V_{est} = -201,7 + 8,8(dap) \tag{4}$$

donde:

V_{est} = Volumen de madera aserrada estimada por aserradores expertos (pies tablares)

dap = Diámetro a la altura del pecho (cm).

En nueve años, los productores de 68 parcelas de cacao y banano, con un área total de 44,3 ha, aprovecharon 118 árboles de laurel, con dap promedio de 51 cm, conteniendo 124 t de biomasa total, 67 t de carbono y 350 m³ de madera en el fuste principal. El aprovechamiento con motosierra produjo tablas, tablillas y madera cuadrada que contienen 31 t de biomasa, 16 t de carbono y 66 m³ de madera. El C que queda en el campo como producto del aprovechamiento es un 77% del C total en pie al momento del aprovechamiento (Cuadro 3). En bosques

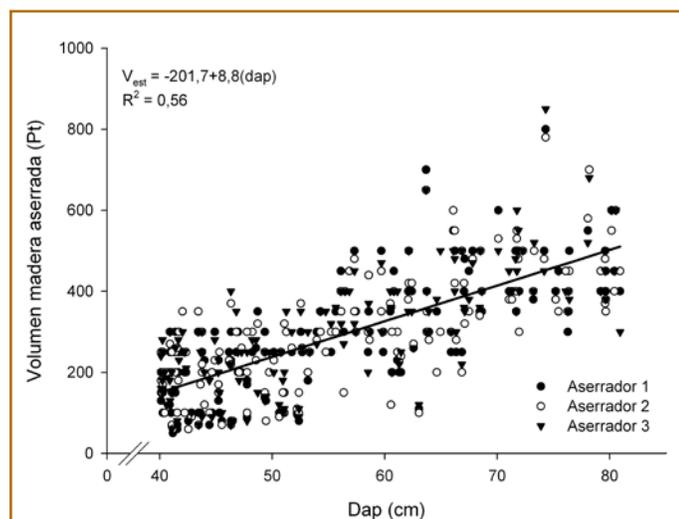


Figura 1. Volumen de madera aserrada (Pt = pies tablares) estimada por expertos locales en función del diámetro a la altura del pecho (dap) de árboles en pie de *Cordia alliodora* de regeneración natural en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica. 1 m³ = 423,77 Pt; 1 Pt = 0,00236 m³.

Cuadro 3. Madera cortada y aserrada y pérdidas de carbono de aprovechamiento de *Cordia alliodora* en regeneración natural en fincas de cacao y banano de Talamanca, Costa Rica

Año	Tasa de corta (árboles año ⁻¹)	dap (cm)	Total cortado			Total madera aserrada			% pérdidas C
			Biomasa (t)	C (t)	Volumen (m ³)	Biomasa (t)	C (t)	Volumen (m ³)	
1997	1	60	1,54	0,83	4,07	0,36	0,18	0,76	79
1998	3	55 ± 4	3,86	2,09	9,96	0,95	0,47	2,01	77
1999	14	55 ± 18	18,03	9,74	58,52	4,48	2,24	9,53	77
2000	12	49 ± 13	12,16	6,56	33,7	3,11	1,55	6,62	76
2001	8	48 ± 12	7,76	4,19	20,94	2,00	1,00	4,27	76
2002	13	55 ± 17	16,75	9,04	51,09	4,05	2,02	8,61	78
2003	18	47 ± 6	16,72	9,03	40,03	4,25	2,12	9,03	76
2004	18	46 ± 15	15,99	8,63	45,84	4,12	2,06	8,77	76
2005	31	49 ± 13	31,40	16,96	85,72	7,92	3,96	16,85	77
Total	118	51*	124,22	67,08	349,9	31,24	15,6	66,45	77
Arbol ⁻¹	—	—	1,05	0,57	3,04	0,26	0,13	0,56	—
ha ⁻¹ año ⁻¹	0,29	—	0,31	0,17	0,90	0,08	0,04	0,17	—

Notas: área total evaluada = 44,3 ha; * = promedio; ± desviación estándar.

naturales manejados de la reserva de la Biosfera Maya, solo el 25% del volumen total de un árbol se convierte en madera, el restante (75%) son residuos (ramas, corteza, orillas, aserrín, tablillas, etc.) que rápidamente se descomponen y emiten en forma diferida CO₂ a la atmósfera (Bámaca et ál. 2004).

En los cacaotales y bananales de Talamanca indígena, se aprovecha un árbol de laurel por hectárea cada tres años (o lo que es equivalente, se cosecha anualmente un árbol por cada tres hectáreas de cacao y banano), con un rendimiento anual de 1 m³ ha⁻¹ año⁻¹ de volumen total de fuste (Cuadro 3). Esta tasa de corta es mayor a la reportada por Suárez y Somarriba (2001) para el período 1997-2001 en estas mismas plantaciones (0,8 y 0,17 m³ ha⁻¹ año⁻¹ para cacao y banano, respectivamente). La extracción de madera de laurel ha aumentado significativamente en los últimos años debido a la presencia de varios proyectos habitacionales en los territorios indígenas, los cuales exigen que la madera de construcción provenga de los mismos territorios para estimular la economía local. Afortunadamente, a pesar del incremento en la extracción, los cacaotales y bananales acumularon 4,4 m³ ha⁻¹ año⁻¹ entre 2001 y 2005, mostrando que el aprovechamiento en los territorios indígenas es sostenible.

CONCLUSIONES

Los árboles de laurel de regeneración natural en los cacaotales y bananales indígenas de Talamanca, Costa

Rica, son fuente importante de madera para el consumo familiar y la venta y generación de ingresos para unos 1000 hogares. Los productores manejan la regeneración natural del laurel y mantienen 50-55 árboles ha⁻¹ que contienen 3,13 – 7,28 t ha⁻¹ de carbono. En cada hectárea de cacaotal, los hogares aprovechan un árbol de laurel cada tres años, con un dap de 51 cm, obtienen 3 m³ árbol⁻¹ de volumen total de fuste, equivalente a 1,05 t árbol⁻¹ de biomasa, 0,57 t árbol⁻¹ de C. Se pierde el 77% del C por árbol durante el aserrado de los árboles con motosierra, equivalente a 73,1 kg ha⁻¹ año⁻¹.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Andrade, H; Segura, M; Somarriba, E; Villalobos. M. (En preparación). Aboveground biomass equations for dominant woody perennial species of indigenous cacao agroforestry systems in Talamanca, Costa Rica.
- Bámaca, EEF; Kanninen, M; Louman, B; Pedroni, L; Gómez, M. 2004. Contenido de carbono en los productos y residuos forestales generados por el aprovechamiento y el aserrío en la Reserva de Biosfera Maya. Recursos Naturales y Ambiente 41: 102-110.
- Borge, C; Castillo, R. 1997. Cultura y conservación en la Talamanca indígena. San José, CR, Editorial Universidad Estatal a Distancia. 259 p.
- Cielsa, WM. 1995. Climate Change, forests and forest management: an overview. Roma, IT, FAO. 146 p.
- Dixon, RK; Brown, S; Houghton, RA; Solomon, AM; Trexler, MC; Wisnieewski, J. 1994. Carbon pools and flux of global forest ecosystems Science 263: 185-190.
- IPCC (Intergovernmental Panel of climate change). 1996. Guía para inventarios nacionales de gases de efecto invernadero: libro de trabajo (en línea). Eds. JT Houghton, LG Meira Filho, B Lim, K Treaton, I Marnaty, Y Bonduki, DG Griggs, BA Callander.

- Consultado 20 feb 2006. Disponible en: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.htm>.
- Kapp, G. 1989. Perfil ambiental de la zona baja de Talamanca, CR, CATIE. 97 p. (Serie Técnica Informe Técnico no. 155).
- Pérez, CA. 1954. Estudio forestal del laurel (*Cordia alliodora*) (R&P) Cham., Costa Rica. Tesis Mag. Sci. Turrialba, CR, IICA. 182 p.
- Puri, S; Nair, PKR. 2004. Agroforestry research for development in India: 25 years of experience of a national program. *Agroforestry Systems* 61-62(1-3): 437-452.
- Reyes, G; Brown, S; Chapman, J; Lugo, AE. 1992. Wood densities of tropical tree species. General Technical Report - Forest Service (USDA). Feb 1992. SO-88.
- Segura, M. 2005. Estimación del carbono almacenado y fijado en sistemas agroforestales indígenas con cacao en la zona de Talamanca, Costa Rica. Informe final de consultoría, Proyecto Captura de carbono y desarrollo de mercados ambientales en sistemas agroforestales indígenas con cacao en Costa Rica. Turrialba, CR, CATIE. 46p + anexos.
- Smith, J; van de Kop, P; Reategui, K; Lombarda, I. 1999. Dynamics of secondary forest in slash-and-burn farming: interactions among land use types in the Peruvian Amazon. *Agriculture Ecosystems and Environment* 76: 85-98.
- Suárez, AI. 2001. Aprovechamiento sostenible de madera de *Cordia alliodora* y *Cedrela odorata* de regeneración natural en cacaotales y bananales indígenas de Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 74 p.
- Suárez, A; Somarriba, E. 2001. Aprovechamiento sostenible de madera de *Cordia alliodora* de regeneración natural en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca. *Agroforestería en las Américas* 9(35-36): 50-54.
- Somarriba, E. 1999. Regeneración natural de maderables en campos agrícolas. *Agroforestería en las Américas* 6(24):31-34.
- Somarriba, E; Harvey, C. 2003. ¿Cómo integrar producción sostenible y conservación de biodiversidad en cacaotales orgánicos indígenas? *Agroforestería en las Américas* 10(37-38):12-17.
- Somarriba, E; Trivelato, M; Villalobos, M; Suárez, A; Benavides, P; Moran, K; Orozco, L; López, A. 2003. Diagnóstico agroforestal de pequeñas fincas cacaoteras orgánicas de indígenas Bribri y Cabécar de Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10(37-38): 24-30.
- Somarriba, E; Beer, J. 1987. Dimensions, volumen and growth of *Cordia alliodora* in agroforestry systems. *Forest Ecology and management* 18:113-118.
- Swamy, SL; Puri, S. 2005. Biomass production and C-sequestration of *Gmelina arborea* in plantation and agroforestry system in India. *Agroforestry Systems* 64:181-185.
- Watson, RT; Noble, RI; Bolin, B; Ravindranth, NH; Verardo, DJ; Dokken, DJ. (eds). 2000. Land use, land-use change, and forestry. Cambridge University Press, US, Intergovernmental Panel on Climate Change. 377 p.
- Winjun, JK; Brown, S; Schlamadinger, B. 1998. Forest harvest and wood products: sources and sinks of atmospheric carbon dioxide. *Forest Science* 44(2): 272-283.