

## ¿Cómo hacerlo?

# ¿Cómo estimar rápidamente el carbono almacenado en la biomasa aérea de los sistemas agroforestales indígenas de Talamanca, Costa Rica?

Milena Segura<sup>1</sup>; Hernán J. Andrade<sup>1</sup>

### RESUMEN

Se presenta una metodología para la estimación rápida del carbono almacenado en la biomasa de árboles y palmas >10 cm dap, árboles <10 cm y vegetación herbácea en cuatro usos del suelo en fincas de Talamanca indígena, Costa Rica. Los usos del suelo incluyen sistemas agroforestales con cacao o con banano, platanales y charrales. Se demuestra la aplicación de la metodología con un ejemplo de cacaotales con árboles.

**Palabras claves:** árboles de sombra, banano, charrales, inventario, plátano, *Theobroma cacao*.

### How to estimate carbon stored in the aboveground biomass of indigenous agroforestry systems of Talamanca, Costa Rica

#### ABSTRACT

We present a methodology to rapidly estimate carbon stored in the biomass of trees and palms with trunks greater than 10 cm in diameter, trees with a diameter of less than 10 cm and in herbaceous vegetation in four land-use systems on indigenous farms of Talamanca, Costa Rica. The land uses included agroforestry systems with cacao or with banana, plantain plantations and fallows. The application of the methodology was demonstrated using trees in cacao plantations.

**Keywords:** banana plantations, fallows, plantain plantations, shade trees, *Theobroma cacao*, tree inventory.

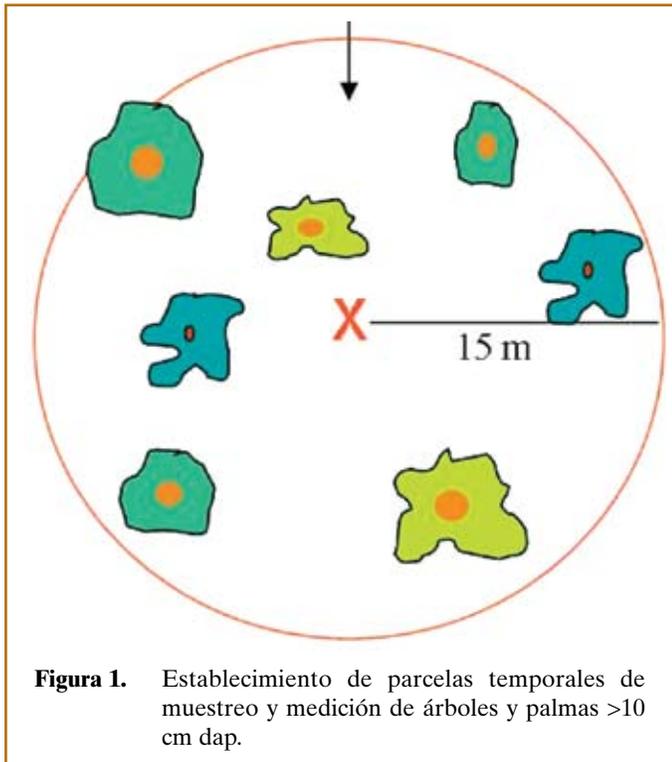
### INTRODUCCIÓN

El cambio climático es una serie de alteraciones al planeta causados por el hombre, que incluyen el aumento en la temperatura, cambios en los patrones de lluvia y el incremento en los niveles del mar (Ciesla 1996). La emisión de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a la atmósfera, derivado del uso de combustibles fósiles (petróleo y sus derivados) y de la deforestación y degradación de los suelos, es la principal causa de estos cambios en el clima del planeta (IPCC 2001). Las plantas, a través de la fotosíntesis, absorben el CO<sub>2</sub> de la atmósfera y lo fijan como carbono en su biomasa (madera, hojas, ramas, raíces). La permanencia de este carbono en la biomasa vegetal depende del ciclo de vida de las plantas. Los árboles y demás especies leñosas pueden

almacenar carbono por años en su madera. Los sistemas agroforestales (SAF), al asociar leñosas con cultivos, son una opción económica y ecológica para mitigar el cambio climático (Albrecht y Kandji 2003, Beer et ál. 2003, Swamy y Puri 2005, Andrade 2007).

En este artículo se presenta una metodología de estimación rápida del carbono en las fincas de Talamanca indígena, Costa Rica. Con esta herramienta, los productores y sus asesores técnicos podrán estimar rápidamente el carbono en pie en los usos del suelo predominantes en las fincas y ofrecer recomendaciones de manejo para incrementar el almacenamiento de carbono (Somarriba et ál. 2006).

<sup>1</sup> Investigadores del Grupo Temático Cacao, CATIE, Turrialba, Costa Rica. Correos electrónicos: msegura@catie.ac.cr, handrade@catie.ac.cr.



**Figura 1.** Establecimiento de parcelas temporales de muestreo y medición de árboles y palmas >10 cm dap.



**Figura 2.** Medición de árboles con dap  $\geq$  10 cm ó circunferencia  $\geq$  31,4 cm (foto: Simiane Grégoire-Valentini).

### METODOLOGÍA

La estimación rápida del carbono se realiza en cuatro pasos:

1. Seleccione un área representativa de la parcela por evaluar (SAF con cacao, SAF con banano, plátano en monocultivo o charral).
2. Establezca una parcela de muestreo circular de 15 m de radio y marque con una estaca el punto central de la parcela (Figura 1). Mida el dap (diámetro a

la altura de pecho, a 1,3 m de altura del suelo) o la circunferencia del tronco (divida la circunferencia entre 3,14 para obtener el dap) de todos los árboles y palmas con dap  $\geq$  10 cm (Figura 2) y anote los datos en un formulario (Formulario 1). Marque temporalmente cada planta medida para evitar re-mediciones y omisiones.

3. Calcule cuánto carbono hay almacenado en los árboles y palmas. Hay que completar cinco tareas:
  - *Tarea 1.* Clasifique cada árbol en clases de dap de 5 cm o su equivalente en circunferencia, poniendo una marca (por ejemplo, una equis) para cada árbol en la clase correspondiente en la columna de “Número de árboles” del Formulario 2.

**Formulario 1.** Especie y diámetro a la altura del pecho (dap) de los árboles encontrados en una parcela circular de 15 m de radio. Únicamente se miden los árboles con diámetro a la altura del pecho (dap)  $\geq$  10 cm o su equivalente en circunferencia ( $C \geq 31,4$  cm).

Uso del suelo: _____		Superficie total de la parcela: _____ ha			
Árbol No.	Especie	dap (cm)	Circunferencia (cm)	Altura de medición (m)	Observaciones
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

**Formulario 2.** Número de árboles por clase de diámetro a la altura del pecho (dap), o su equivalente en circunferencia (C), encontrados en la parcela circular de 15 m de radio

Clase (cm)		Conteo de árboles	Total de árboles	Carbono (t ha <sup>-1</sup> )
dap	C			
10-14,9	31,4-47,0			
15-19,9	47,1-62,7			
20-24,9	62,8-78,4			
25-29,9	78,5-94,1			
30-34,9	94,2-109,9			
35-39,9	110,0-125,6			
40-44,9	125,7-141,3			
45-49,9	141,4-157,0			
50-54,9	157,1-172,7			
55-59,9	172,8-188,4			
60-64,9	188,5-204,1			
65-69,9	204,2-219,8			
70-74,9	219,9-235,5			
75-79,9	235,6-251,2			
≥80	≥ 251,3			
<b>Constante por uso del suelo<sup>a</sup></b>				
TOTAL		-		

<sup>a</sup> Charral: 20,2; Plátano monocultivo: 3,4; Sistema agroforestal con banano: 7,1; Sistema agroforestal con cacao: 17,2. Esta constante incorpora el carbono almacenado en la vegetación herbácea y en los árboles y palmas <10 cm dap. Los datos de los Cuadros 3a – 3b solo incluyen el carbono almacenado en árboles y palmas >10 cm dap.

- **Tarea 2.** Cuento el total del número de árboles por cada clase de dap o circunferencia.
- **Tarea 3.** Busque en los Cuadros 1a-1d (uno por uso de la tierra: 1a = charral; 1b = plátano monocultivo; 1c = SAF con banano y 1d = SAF con cacao) el carbono almacenado por clase de dap y número de árboles por clase (punto donde se cruzan), y coloque el valor encontrado en el Cuadro 1 en la columna “Carbono acumulado” del Formulario 2. Por ejemplo, si estamos estimando en forma rápida el carbono en un SAF de banano con sombra (Cuadro 1c) y tenemos 6 árboles en la clase dap 40-44,9 cm, el carbono almacenado por los seis árboles en esa clase de dap es de 35,3 t ha<sup>-1</sup> de carbono. Nótese que los Cuadros 1a-1d tienen un máximo de 10 árboles por clase dap o circunferencia. En casos donde el conteo de árboles por clase excede los 10, debe hacerse el procedimiento por partes. Primero, encuentre el carbono almacenado por 10 árboles; luego, el carbono para el número de árboles restante y, por último, sume los valores.
- **Tarea 4.** Calcule el carbono total almacenado en la parcela sumando los datos de la columna “Carbono acumulado” del Formulario 2 y la

“constante por uso del suelo”: 20,2 para charral; 3,4 para plátano; 7,1 para SAF con banano y 17,2 para SAF con cacao.

- **Tarea 5.** Clasifique el carbono total de la parcela según los niveles por uso del suelo presentados en el Cuadro 2.
4. Interpretar los resultados por sistema de uso de la tierra. Si una parcela de SAF con cacao o SAF con banano o platanales presenta niveles bajos o muy bajos de carbono, es posible incrementar el carbono hasta el nivel medio introduciendo más árboles a la parcela, sin causar una disminución de la producción del cultivo agrícola. En caso de encontrarse en el nivel medio o alto, este sistema ya contiene el máximo potencial de acumulación de carbono.

### EJEMPLO: ESTIMACIÓN DE CARBONO ALMACENADO EN SAF CON CACAO

Se estima en forma rápida el carbono almacenado en un SAF con cacao con un área total de 1,5 ha. Una vez ubicada la parcela y medido el dap de todos los árboles, los datos se anotaron en el Formulario 3.

Los árboles se asignan por clase de dap o circunferencia y buscamos el valor del carbono almacenado con el total de árboles por cada clase de dap en SAF con cacao (Cuadro

**Cuadro 1a.** Carbono almacenado (t ha<sup>-1</sup>) por clase de diámetro a la altura del pecho (dap) o su equivalente en circunferencia (C) y número de árboles por clase en charrales de Talamanca indígena, Costa Rica

Clase (cm)	Carbono almacenado										
	C	Número de árboles por clase									
dap	C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10-14,9	31,4-47,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
15-19,9	47,1-62,7	1,0	2,0	2,9	3,9	4,9	5,9	6,9	7,8	8,8	9,8
20-24,9	62,8-78,4	1,6	3,2	4,9	6,5	8,1	9,7	11,4	13,0	14,6	16,2
25-29,9	78,5-94,1vw	2,4	4,9	7,3	9,7	12,1	14,6	17,0	19,4	21,9	24,3
30-34,9	94,2-109,9	3,4	6,8	10,2	13,6	17,0	20,4	23,7	27,1	30,5	33,9
35-39,9	110,0-125,6	4,5	9,0	13,6	18,1	22,6	27,1	31,6	36,2	40,7	45,2
40-44,9	125,7-141,3	5,8	11,6	17,4	23,2	29,0	34,8	40,6	46,4	52,3	58,1
45-49,9	141,4-157,0	7,3	14,5	21,8	29,0	36,3	43,5	50,8	58,0	65,3	72,5
50-54,9	157,1-172,7	8,9	17,7	26,6	35,5	44,3	53,2	62,0	70,9	79,8	88,6
55-59,9	172,8-188,4	10,6	21,3	31,9	42,5	53,2	63,8	74,4	85,1	95,7	106,3
60-64,9	188,5-204,1	12,6	25,1	37,7	50,3	62,8	75,4	88,0	100,5	113,1	125,7
65-69,9	204,2-219,8	14,7	29,3	44,0	58,6	73,3	88,0	102,6	117,3	131,9	146,6
70-74,9	219,9-235,5	16,9	33,8	50,7	67,6	84,6	101,5	118,4	135,3	152,2	169,1
75-79,9	235,6-251,2	19,3	38,7	58,0	77,3	96,6	116,0	135,3	154,6	173,9	193,3
≥ 80	≥ 251,3	21,7	43,5	65,2	87,0	108,7	130,5	152,2	173,9	195,7	217,4
<b>Constante por uso del suelo</b>							20,2				

**Cuadro 1b.** Carbono almacenado (t ha<sup>-1</sup>) por clase de diámetro a la altura del pecho (dap) o su equivalente en circunferencia (C) y número de árboles por clase en plátano monocultivo en Talamanca indígena, Costa Rica

Clase (cm)	Carbono almacenado										
	C	Número de árboles por clase									
dap	C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10-14,9	31,4-47,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,4	3,9	4,4	4,9
15-19,9	47,1-62,7	1,0	1,9	2,9	3,9	4,8	5,8	6,8	7,7	8,7	9,7
20-24,9	62,8-78,4	1,6	3,2	4,8	6,4	8,0	9,6	11,2	12,8	14,4	16,0
25-29,9	78,5-94,1	2,4	4,8	7,2	9,6	12,0	14,4	16,8	19,2	21,5	23,9
30-34,9	94,2-109,9	3,3	6,7	10,0	13,4	16,7	20,1	23,4	26,8	30,1	33,5
35-39,9	110,0-125,6	4,5	8,9	13,4	17,8	22,3	26,7	31,2	35,7	40,1	44,6
40-44,9	125,7-141,3	5,7	11,5	17,2	22,9	28,6	34,4	40,1	45,8	51,5	57,3
45-49,9	141,4-157,0	7,2	14,3	21,5	28,6	35,8	42,9	50,1	57,2	64,4	71,5
50-54,9	157,1-172,7	8,7	17,5	26,2	35,0	43,7	52,4	61,2	69,9	78,7	87,4
55-59,9	172,8-188,4	10,5	21,0	31,5	42,0	52,4	62,9	73,4	83,9	94,4	104,9
60-64,9	188,5-204,1	12,4	24,8	37,2	49,6	62,0	74,4	86,7	99,1	111,5	123,9
65-69,9	204,2-219,8	14,5	28,9	43,4	57,8	72,3	86,7	101,2	115,7	130,1	144,6
70-74,9	219,9-235,5	16,7	33,4	50,0	66,7	83,4	100,1	116,8	133,4	150,1	166,8
75-79,9	235,6-251,2	19,1	38,1	57,2	76,2	95,3	114,4	133,4	152,5	171,5	190,6
≥ 80	≥ 251,3	21,4	42,9	64,3	85,8	107,2	128,7	150,1	171,5	193,0	214,4
<b>Constante por uso del suelo</b>							3,4				

**Cuadro 1c.** Carbono almacenado ( $t\ ha^{-1}$ ) por clase de diámetro a la altura del pecho (dap) o su equivalente en circunferencia (C), y número de árboles por clase, en sistema agroforestal con banano en Talamanca indígena, Costa Rica

Clase (cm)	Carbono almacenado										
	C	Número de árboles por clase									
dap	C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10-14,9	31,4-47,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,1	4,6	5,1
15-19,9	47,1-62,7	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	9,9
20-24,9	62,8-78,4	1,6	3,3	4,9	6,6	8,2	9,9	11,5	13,2	14,8	16,5
25-29,9	78,5-94,1	2,5	4,9	7,4	9,8	12,3	14,8	17,2	19,7	22,2	24,6
30-34,9	94,2-109,9	3,4	6,9	10,3	13,8	17,2	20,6	24,1	27,5	31,0	34,4
35-39,9	110,0-125,6	4,6	9,2	13,7	18,3	22,9	27,5	32,1	36,6	41,2	45,8
40-44,9	125,7-141,3	5,9	11,8	17,7	23,5	29,4	35,3	41,2	47,1	53,0	58,9
45-49,9	141,4-157,0	7,4	14,7	22,1	29,4	36,8	44,1	51,5	58,8	66,2	73,5
50-54,9	157,1-172,7	9,0	18,0	27,0	35,9	44,9	53,9	62,9	71,9	80,9	89,9
55-59,9	172,8-188,4	10,8	21,6	32,3	43,1	53,9	64,7	75,5	86,2	97,0	107,8
60-64,9	188,5-204,1	12,7	25,5	38,2	51,0	63,7	76,4	89,2	101,9	114,7	127,4
65-69,9	204,2-219,8	14,9	29,7	44,6	59,4	74,3	89,2	104,0	118,9	133,7	148,6
70-74,9	219,9-235,5	17,1	34,3	51,4	68,6	85,7	102,9	120,0	137,2	154,3	171,5
75-79,9	235,6-251,2	19,6	39,2	58,8	78,4	98,0	117,6	137,2	156,8	176,3	195,9
≥ 80	≥ 251,3	22,0	44,1	66,1	88,2	110,2	132,3	154,3	176,3	198,4	220,4
<b>Constante por uso del suelo</b>											7,1

**Cuadro 1d.** Carbono almacenado ( $t\ ha^{-1}$ ) por clase de diámetro a la altura del pecho (dap) o su equivalente en circunferencia (C), y número de árboles por clase, en sistema agroforestal con cacao en Talamanca indígena, Costa Rica

Clase (cm)	Carbono almacenado										
	C	Número de árboles por clase									
dap	C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10-14,9	31,4-47,0	0,5	1,0	1,6	2,1	2,6	3,1	3,7	4,2	4,7	5,2
15-19,9	47,1-62,7	1,0	2,1	3,1	4,1	5,1	6,2	7,2	8,2	9,3	10,3
20-24,9	62,8-78,4	1,7	3,4	5,1	6,8	8,5	10,2	11,9	13,6	15,3	17,0
25-29,9	78,5-94,1	2,5	5,1	7,6	10,2	12,7	15,3	17,8	20,4	22,9	25,5
30-34,9	94,2-109,9	3,6	7,1	10,7	14,2	17,8	21,3	24,9	28,5	32,0	35,6
35-39,9	110,0-125,6	4,7	9,5	14,2	18,9	23,7	28,4	33,2	37,9	42,6	47,4
40-44,9	125,7-141,3	6,1	12,2	18,3	24,3	30,4	36,5	42,6	48,7	54,8	60,9
45-49,9	141,4-157,0	7,6	15,2	22,8	30,4	38,0	45,6	53,2	60,8	68,4	76,0
50-54,9	157,1-172,7	9,3	18,6	27,9	37,2	46,5	55,8	65,0	74,3	83,6	92,9
55-59,9	172,8-188,4	11,1	22,3	33,4	44,6	55,7	66,9	78,0	89,2	100,3	111,5
60-64,9	188,5-204,1	13,2	26,3	39,5	52,7	65,9	79,0	92,2	105,4	118,6	131,7
65-69,9	204,2-219,8	15,4	30,7	46,1	61,5	76,8	92,2	107,6	122,9	138,3	153,7
70-74,9	219,9-235,5	17,7	35,5	53,2	70,9	88,6	106,4	124,1	141,8	159,6	177,3
75-79,9	235,6-251,2	20,3	40,5	60,8	81,0	101,3	121,6	141,8	162,1	182,3	202,6
≥ 80	≥ 251,3	22,8	45,6	68,4	91,2	114,0	136,8	159,5	182,3	205,1	227,9
<b>Constante por uso del suelo</b>											17,2

**Cuadro 2.** Clasificación de parcelas de cuatro usos del suelo según su nivel de almacenamiento de carbono. Talamanca indígena, Costa Rica

Sistemas	Nivel de carbono almacenado (t C/ha)			
	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto
SAF con cacao	0 - 39,9	40 - 79,9	80 - 119,9	120 - 159,9
Charrales	0 - 32,9	33 - 65,9	66 - 98,9	99 - 131,9
SAF con banano	0 - 29,9	30 - 59,9	60 - 89,9	90 - 119,9
Platanales	0 - 7,9	8 - 15,9	16 - 23,9	24 - 31,9

Fuente: Somarriba et ál. (2007)

**Formulario 3.** Especie y dap de los árboles encontrados en una parcela circular de 15 m de radio. Únicamente se midieron los árboles con diámetro a la altura del pecho (dap)  $\geq 10$  cm o su equivalente en circunferencia ( $C \geq 31,4$  cm)

Uso del suelo: cacao con árboles; superficie total de la parcela: 1,5 ha.					
Árbol No.	Especie	dap (cm)	C (cm)	Altura de medición (m)	Observaciones
1	Cacao	33			
2	Laurel	80			
3	Jobo	65			
4	Guayaba	18			
5	Naranja	19			
6	Laurel	75			
7	Cedro	55			
8					
9					
10					

**Formulario 4.** Número de árboles por clase de diámetro a la altura del pecho (dap) o su equivalente en circunferencia (C), encontrados en la parcela

Clase (cm)		Número de árboles	Total de árboles	Carbono acumulado (t ha <sup>-1</sup> )
dap	C			
10-14,9	31,4-47,0		0	0
15-19,9	47,1-62,7	X X	2	2,1
20-24,9	62,8-78,4		0	0
25-29,9	78,5-94,1		0	0
30-34,9	94,2-109,9	X	1	3,6
35-39,9	110,0-125,6		0	0
40-44,9	125,7-141,3		0	0
45-49,9	141,4-157,0		0	0
50-54,9	157,1-172,7		0	0
55-59,9	172,8-188,4	X	1	11,1
60-64,9	188,5-204,1		0	0
65-69,9	204,2-219,8	X	1	15,4
70-74,9	219,9-235,5		0	0
75-79,9	235,6-251,2	X	1	20,3
$\geq 80$	$\geq 251,3$	X	1	22,8
<b>Constante por uso del suelo</b>		-	-	17,2
<b>TOTAL</b>		-	7	<b>92,5</b>

1c). En este caso, se encontraron dos árboles en la clase de dap de 15 a 19,9 cm, con un carbono acumulado de 2,1 t C/ha; un árbol en la clase de dap de 30 a 34,9 cm con 3,6 t C/ha, y así sucesivamente (Formulario 4). Añadimos al cuadro la constante por SAF con cacao (17,2) y sumamos los valores en la columna de carbono acumulado. El resultado es 92,5 t C ha<sup>-1</sup> (Formulario 4). Comparamos esta cifra con los niveles de carbono para SAF con cacao del Cuadro 2 y encontramos que la cifra de 92,5 t C ha<sup>-1</sup> corresponde a un nivel medio de carbono y, por lo tanto, no es posible incrementar su nivel de carbono introduciendo más árboles en la parcela sin afectar la producción del cacao.

### COMENTARIOS FINALES

Esta metodología rápida de estimación de carbono almacenado en biomasa en fincas indígenas de Talamanca, Costa Rica, es una herramienta útil para la planificación de estrategias para el manejo de carbono en fincas.

En áreas indígenas, es indispensable que el personal local esté capacitado para realizar estimaciones de carbono en diferentes sistemas de uso del suelo en fincas. La practicidad de este método hace que sea fácilmente aplicable por promotores indígenas locales con conocimientos básicos de aritmética.

### BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Albrecht, A; Kandji, ST, 2003, Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 99: 15-27.
- Andrade, HJ. 2007. Growth and inter-specific interactions in young silvopastoral systems with native timber trees in the dry tropics of Costa Rica. Thesis Ph. Turrialba, CR, CATIE-University of Wales. 224 p.
- Beer, J; Harvey, C; Ibrahim, M; Harmand, JM; Somarriba, E; Jiménez, F. 2003. Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas* 10: 80-87.
- Ciesla, WM. 1996. Cambios climático, bosques y ordenación forestal: una visión de conjunto. *Estudios FAO: Montes* No. 120. 146 p.
- IPCC. 2001. *Climate change 2001: the scientific basis. Contribution of the Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, 881 p.
- Somarriba, E; Quesada, F; Villalobos, M. 2006. La captura de carbono: un servicio ambiental en fincas cacaoteras indígenas. Turrialba, C.R. 28 p. (serie Técnica. Manual Técnico/CATIE no. 64)
- Somarriba, E; Andrade, HJ; Segura, M; Villalobos, M; Martínez, J. 2007. ¿Cómo fijar carbono atmosférico en fincas Bribri y Cabécar (Talamanca, Costa Rica), certificarlo y venderlo para obtener ingresos complementarios a los productores? *Agroforestería en las Américas. En esta edición.*
- 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.