

Cuantificación y valoración económica del servicio ambiental almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de café en Yassica Sur, Nicaragua ¹

Suárez, D²., Stoian, D³., Segura, M⁴., Hagggar, J⁵., Locatelli, B⁶., Gómez, M⁷

RESUMEN

Se cuantificó el carbono almacenado en cinco tipos de sistemas agroforestales (SAF) de café de la comarca Yassica Sur, Matagalpa, Nicaragua. Los SAF bajo estudio fueron: Café Joven con Sombra Diversificada (CJSD), Café Productivo con Sombra Diversificada (CPSD), Café Productivo con *Inga* spp (CPI), Café Productivo con Especies Maderables (CPEM) y Café Productivo en Abandono (CPAB). Estos fueron a la vez, sub clasificados por rangos de altura de los árboles de sombra (<5 , 5-10 y >10 m). Para cuantificar la biomasa aérea total en árboles de sombra y café se utilizaron ecuaciones alométricas desarrolladas a partir del muestreo de 35 árboles y 97 plantas de café, respectivamente. La biomasa aérea en árboles varió de 1.8 - 634.9 kg. mientras que en plantas de café fue de 0.006 - 3.83 kg. El carbono total almacenado en los SAF oscila entre 144.7 (CJSD) - 166.7 (CPAB) tC ha⁻¹. El suelo contribuye entre 75 y 97 % al carbono total del sistema, mientras que los árboles de sombra aportan entre 5.6 y 14%, la hojarasca entre 2.3 y 3.9% y las plantas de café entre el 0.1 y 1.5%.

El enfoque de la valoración a través del método de costo de oportunidad, toma en cuenta dos situaciones: una mejorada desde el punto de vista ambiental (almacenamiento de carbono) y otra en términos de rentabilidad o beneficios económicos locales. Se determinó un costo de oportunidad para el servicio ambiental de almacenamiento de carbono en los sistemas agroforestales de café, durante un año, bajo tres escenarios de comparación: 1) Nivel óptimo ecológico vs Nivel óptimo económico (\$ 16.1 tC⁻¹) ; 2) Situación actual vs Nivel óptimo ecológico (\$ 0.6 tC⁻¹) ; 3) Situación actual vs Situación futura (\$1.57 tC⁻¹).

Palabras claves: valoración económica, secuestro de carbono, Matagalpa, costo de oportunidad, árboles de sombra, *coffee arabica*, carbono orgánico

ABSTRACT

The objective of this research was to quantify and economically value the service of carbon fixing and storage from different coffee agroforestry systems (CAS) in the zone Yassica Sur, Matagalpa, Nicaragua. The coffee systems under study are: young coffee with diversified shade, productive coffee with diversified shade, productive coffee with *Inga spp* productive coffee with timber – yielding species, and productive coffee with abandon. Due to the differences found among the systems related to the shade trees height, a stratification of the systems depending tree height as <5 , 5-10 and > 10 m was done. To quantify above-ground biomass in shadow trees and coffee plants, allometric equations were developed through the destructive sample of 35 trees and 97 coffee plants, respectively. The above-ground biomass in trees differed from 1.8 to 634.9 kg, although in coffee plants was from 0.006 to 3.83 kg. The coffee agroforestry systems storage between 144.7 tC ha⁻¹ (PCA)- 166.7 tC ha⁻¹ (YCDS). Between 75-97% of the carbon of the systems is stored by the soil; the 5.6-14% corresponds to the shade coffee; while the 2.3-3.9 % by the fallen leaves and the 0.1-1.5% corresponds to the coffee plants, this last storage less carbon than the other part of the systems.

¹ Basado en SUÁREZ PASCUA, D. A. 2002. Cuantificación y valoración económica del servicio ambiental almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de café de la Comarca Yassica Sur, Matagalpa Nicaragua. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 117 p. ² M. Sc. Socioeconomía Ambiental E-mail: dasuarezp@yahoo.com; ³ Profesor Investigador CATIE E-mail: stoian@catie.ac.cr; ⁴ Investigador Proyecto LUCAM CATIE-Universidad Helsinki E-mail: msegura@catie.ac.cr; ⁵ Investigador Proyecto CATIE-MIP-NORAD-AF, Nicaragua Telfax: (505) 265-7268 E-mail: jhagggar@catie.ac.cr; ⁶ Investigador CATIE-CIRAD, Grupo Cambio Climático E-mail: blocatel@catie.ac.cr; ⁷ M.Sc. Economista Forestal CATIE E-mail: mgomez@catie.ac.cr

The carbon valuation approach, i.e. opportunity cost approach, considers two situations: an improved situation from a global point of view (carbon storage) and a locally profitable situation. With this approach, the opportunity cost of carbon storage was estimated in three scenarios: 1) ecological-optimal level versus economic-optimal level (\$ 16.1 tC⁻¹); 2) current situation (average of carbon and income per hectare per farm) versus ecological-optimal level (\$ 0.6 tC⁻¹); and 3) current situation versus future situation (an average carbon and income per hectare per farm assuming a land-use change and constant coffee prices) (\$1.57 tC⁻¹).

INTRODUCCIÓN

Muchos autores como Dixón *et al.* (1991) y Brown (1998), señalan la importancia de realizar estudios que logren obtener la cantidad de biomasa en diferentes ecosistemas forestales o agroforestales con la finalidad de obtener datos de la cantidad de carbono fijada o almacenada en los mismos; cuantificar económicamente su valor y otorgar un pago por el servicio ambiental brindado.

El almacenamiento de carbono es temporal por lo que su valoración debe solamente tomando en cuenta la duración de este. Dada la temporalidad del secuestro, solamente retrasa los impactos del cambio climático a los esfuerzos por reducción de emisiones. El objetivo del presente estudio fue determinar la cantidad de biomasa aérea y carbono total almacenado en las diferentes fuentes de almacenamiento (suelo, hojarasca, árbol y café) de los SAF con café; así como valorar la tonelada de carbono (tC) almacenada, durante 1 año, a través del método costo de oportunidad bajo tres escenarios.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevo a cabo en la comunidad de Yassica Sur, en el departamento de Matagalpa, Nicaragua. Se ubica en las coordenadas 85°50'00" Latitud Norte y 12°55'30" Longitud Oeste (Lira *et al.*, 1998). Las precipitaciones oscilan de 1,500 a 1,700 mm anuales, la temperatura máxima es 35 ° C. Los suelos se caracterizan por tener una textura franco arcillosa, franco limoso y arcillo limoso siendo alfisoles y mollisoles los que más predominan (Aragón y Arauz 2000).

Se realizó un Diagnóstico Rural Rápido (DRR) en 97 fincas de 0.7 ha ó más de café, con el fin de determinar: la rentabilidad económica de los SAF y del resto de actividades productivas; ingresos promedios de las fincas cafetaleras (situación actual); caracterizar los lotes de café por finca y conocer sobre las tendencias del cambio de uso del suelo. Se realizó una clasificación a priori de los SAF, tomando en cuenta la composición y altura promedio de los árboles del estrato sombra y estado productivo de la plantación (joven si es menor a tres años y productivo si es mayor). Los SAF de café bajo estudio fueron: Café Joven con Sombra diversificada (CJSD), Café Productivo con Sombra Diversificada (CPSD), Café Productivo con Inga (CPI), Café Productivo con Especies Maderables (CPEM) y Café Productivo en Abandono (CPAB). Debido a la variabilidad encontrada en la altura de los árboles de sombra, los SAF fueron sub-clasificados en rangos de altura de los árboles (<5, 5-10, >10 m).

Una vez clasificados los lotes de café por SAF y rango de altura se procedió a seleccionar, de manera aleatoria, de 3-5 lotes por sistema y rango de altura para establecer parcelas temporales de muestreo (PTM) y medir las diferentes fuentes de almacenamiento de carbono. Dentro de cada lote se estableció 1-2 PTM de 1000 m² para medir el DAP y altura total de los árboles. Dentro de estas parcelas se realizó el muestreo, a través de un marco metálico de 0.5x0.5 m de hojarasca y de suelo a dos profundidades (0-25 cm y 25-50 cm) para análisis de materia orgánica y densidad aparente. En cada PTM, se estableció una subparcela de 50 m² para medir el diámetro del tronco a 15 cm del suelo y altura total de las plantas de café. La biomasa en árboles y plantas de café se determinó a través de ecuaciones alométricas desarrolladas a partir del muestreo destructivo de 35 árboles de cuatro especie típicas dentro de los SAF y 97 plantas de café, respectivamente. Luego se estimó el carbono almacenado en árboles, plantas de café y

hojarasca haciendo uso de la fracción de carbono. El carbono almacenado en suelo se estimó a partir del porcentaje de Carbono (%C), densidad aparente (DA) y profundidad (P) a la cual se tomó la muestra.

El método de valoración del costo de oportunidad fue empleado para asignar un valor monetario a la tonelada de carbono almacenada, durante 1 año, SAF de café. Platinga *et al.*, (1996), define el costo de oportunidad de someter tierras agrícolas a un programa de forestación o secuestro de carbono como los ingresos perdidos de la agricultura. El argumento de este fundamento es que los propietarios que involucran sus tierras en estos programas de secuestro de carbono, deben ser compensados con los ingresos equivalentes de la actividad agrícola. En el estudio, el enfoque de valoración toma en cuenta dos situaciones: una mejorada desde el punto de vista ambiental (situación 1 con más carbono) y una situación localmente rentable (situación 2). La primera situación representa la situación deseada del punto de vista global y la segunda del punto de vista local. Como no se pueden definir ambas situaciones de una sola manera, este enfoque fue empleado bajo tres escenarios (Cuadro 1).

Cuadro 1. Esquema de valoración de la tC almacenada durante 1 año en los SAF, a través del método costo de oportunidad, bajo tres escenarios

Escenario	Situación		Significado de costo de oportunidad
	1 (interés local)	2 (interés global)	
1	Óptimo ecológico	Óptimo económico	Costo teórico de evitar la pérdida de carbono por practicar la actividad productiva más rentable en vez de la actividad más ecológica
2	Situación actual	Óptimo ecológico	Costo de aumentar el stock de carbono, desde el punto medio de la situación actual hasta el punto óptimo ecológico.
3	Situación actual	Situación futura	Costo de evitar la pérdida de carbono por cambios de usos del suelo previstos. Se supone reducción del stock de carbono y aumentos en los ingresos asumiendo precios del café constantes.

Donde el nivel óptimo económico representa la actividad productiva con mayor rentabilidad; mientras que el nivel óptimo ecológico representa la actividad productiva con mayor potencial de almacenamiento de carbono. Se asignó un valor promedio de tC ha⁻¹ con base a lo reportado en la literatura, a aquellas actividades productivas en las cuales no se cuantificó carbono. El C almacenado en áreas destinadas a granos básicos (frijol y maíz) y hortalizas se asignó en base a lo reportado por Alvarado *et al.*, (1999), Márquez (2000) y Winrock (1998); mientras que a la actividad ganadera fue con base a Alvarado *et al.*, (1999) y Avila (2000). La situación actual representa el punto medio de la situación actual de todas las fincas en lo que respecta a tC ha⁻¹ e ingresos netos por ha⁻¹ año⁻¹ tomando en cuenta todas las actividades productivas. Durante el DRR se recolectó información sobre los cultivos que sustituirían los cafetales, en caso de que el precio del café alcance niveles críticos, áreas de café a ser afectadas e ingresos netos por ha⁻¹ año⁻¹ generados por estos nuevos usos del suelo. Por lo que la situación futura representa el punto medio de todas las fincas una vez llevado a cabo un cambio de uso de suelo. Mayor detalles en Suárez (2002). Para determinar el punto medio de la situación actual y futuro en lo que respecta a ingresos netos y toneladas de carbono se utilizaron las fórmulas 1 y 2, respectivamente.

$$BNF = \sum (BN U_i \times AU_i) / AT \quad [1]$$

Donde BNF: Beneficio neto promedio por finca (US \$ ha⁻¹ año⁻¹); BN U_i: Beneficio neto de la actividad productiva i (US \$ ha⁻¹ año⁻¹); AU_i: área del actividad productiva i (ha); AT: Area total (suma de las áreas de los diferentes usos del suelo o actividades productivas) (ha).

$$CP = \sum (tC \text{ ha}^{-1} U_i \times AU_i) / AT \quad [2]$$

Donde CP: carbono almacenado promedio por finca ($tC \text{ ha}^{-1}$); $tC \text{ ha}^{-1} U_i$: tonelada de carbono por ha del uso de suelo i; AU_i : área total del uso i (ha); AT: área total (suma de las áreas de los diferentes usos del suelo) (ha).

Para determinar el costo de oportunidad de almacenar una tonelada de carbono adicional o de evitar la pérdida de una tonelada durante 1 año bajo los diferentes escenarios se utilizó la fórmula 3.

$$\$/tC = \frac{BN_2 - BN_1}{tC_1 - tC_2} \quad [3]$$

Donde BN_2 : beneficio neto de la situación 2 (US \$ $\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$); BN_1 : beneficios netos de la situación 1 (US \$ $\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$); tC_1 : carbono almacenado de la situación 1 ($tC \text{ ha}^{-1}$); tC_2 : carbono almacenado de la situación 2 ($tC \text{ ha}^{-1}$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Modelos alométricos de biomasa aérea en árboles de sombra y plantas de café

Los modelos utilizados para estimar la biomasa aérea en árboles de sombra y plantas de café se presentan en el cuadro 2 (Suárez, 2002).

Cuadro 2. Modelos de mejor ajuste para estimar biomasa aérea en árboles de sombra y plantas de café

Fuente	Modelo	R ²	CV (%)	CME	Pr>F
Árboles	Log (B) = -0.9578+2.3408 Log(D)	0.95	6.67	0.015	0.0001
Plantas de café	LN(B) = -2.39287+0.95285 LN(d)+1.2693LN(H)	0.89	53.6	0.237	0.0001

L (B): Log 10 de la biomasa del árbol; D: Diámetro a la Altura del Pecho (cm); LN: logaritmo natural; B: biomasa; d: diámetro del tronco a 15 cm del suelo; H: altura total de la planta de café; CV: coeficiente de variación; CME: cuadrado medio del error

Carbono almacenado por fuentes de almacenamiento y SAF

El carbono de la biomasa aérea en árboles de sombra y plantas de café de los SAF representa el 49 y 46%, respectivamente. El carbono total almacenado en los SAF a diferentes rangos de altura oscila entre 143.6 (CJSD >10 m) y 194.7 $tC \text{ ha}^{-1}$ (CJSD <5); mientras que por tipo de SAF es de 144.7 (CPAB) – 166.7 $tC \text{ ha}^{-1}$ (CJSD) (Cuadro 3). El suelo es la fuente con mayor potencial de almacenamiento dentro de los SAF, el cual aporta entre el 75 y el 97% al carbono total. En los sistemas productivos, los árboles representan la segunda fuente importante, almacenando entre el 5.6 y 13.8%; mientras que la hojarasca y el cultivo de café almacenan del 2.3 al 3.9% y 0.1 al 1.5%, respectivamente (Cuadro 3). El cultivo de café es la fuente con menor potencial de almacenamiento.

Cuadro 3. Carbono total (tC ha⁻¹) por SAF y fuentes de almacenamiento por rango de altura de los árboles de sombra. Yassica Sur, Matagalpa, Nicaragua.

Tipo SAF	Rangos de altura de los árboles de sombra															Prom
	<5 m					5-10 m					>10 m					
	Ca	Ccf	Cs	Ch	CT	Ca	Ccf	Cs	Ch	CT	Ca	Ccf	Cs	Ch	CT	
CJSD	2.0	0.2	188.3	4.2	194.7	8.3	0.6	149.9	3.0	162	13.7	0.4	126.2	4.5	143.6	166.7
CPSD	3.7	0.7	169.5	5.2	179	9.1	1.0	137.1	5.5	152.7	16.1	1.6	139.7	9.6	167	166.3
CPI	1.9	1.0	158.3	3.9	165	8.4	1.5	132.9	4.3	147.1	17.5	2.8	159.6	6.1	186	166.1
CPEM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31.8	1.7	113.9	7.7	155.1	155.1
CPAB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.3	2.2	112.0	3.2	144.7	144.7
Promedio																159.8

SAF: sistema agroforestal; Ca: carbono en árboles de sombra; Ccf: carbono en café; Cs: Carbono en suelo; Ch: carbono en hojarasca; CT: carbono total, CJSD: Café Joven con Sombra diversificada; CPSD: Café Productivo con Sombra Diversificada; CPI: Café Productivo con *Inga spp.*; CPEM: Café Productivo con Especies Maderables; CPAB: Café Productivo en Abandono, Prom: promedio

El carbono total almacenado en los diferentes SAF, bajo estudio, se asemejan a lo reportado en la literatura. Russo y Fournier (1984) citados por Fournier (1996), determinaron 198.5 tC ha⁻¹ en un SAF de café asociado con Poró, de libre crecimiento, donde las raíces de los árboles y de las plantas de café contribuyen con el 2.2% al carbono total. Este sistema representa el SAF con mayor potencial de almacenamiento hasta ahora reportado. Mientras que Ávila (2000), determinó un rango de almacenamiento de 120 a 195 t C ha⁻¹ en cuatro SAF de café, tres asociados con *Eucalyptus deglupta* de 4, 6 y 8 años de edad y uno con Poró (*Erythrina poeppigiana*), en el Valle Central de Costa Rica.

Por otro lado, los resultados obtenidos en el estudio, superan los resultados encontrados para SAF de Guatemala. Según Alvarado *et al.*, (1998), el carbono total almacenado en los SAF de café a nivel nacional, es de 64 -111 tC ha⁻¹. Mientras que Winrock *et al.*, (1998) determinaron un rango de 73 – 100 tC ha⁻¹ en la región San Juan La Laguna, Guatemala, siendo estos los de menor potencial de almacenamiento con un promedio de 85 tC ha⁻¹.

Selección del nivel óptimo ecológico y nivel óptimo económico

El cuadro 4, presenta el carbono almacenado y los beneficios netos anuales de las diferentes actividades productivas dentro de la comarca Yassica Sur. La actividad productiva con mayor rentabilidad económica corresponde al cultivo del Chayote (*Sechium edule*), el cual representa el nivel óptimo económico. Los beneficios netos generados por este cultivo supera en 90.7% al beneficio promedio generado por los SAF de café. Por otro lado, la actividad cafetalera representa el nivel óptimo ecológico (promedio de todos los SAF), ya que almacena mayor cantidad de carbono de todas las actividades productivas dentro de la zona. Mientras que el gráfico 1, presenta el punto óptimo ecológico (óptimo ecológico), punto óptimo económico (óptimo económico), el punto medio de la situación actual (situación actual) y el punto medio de la situación futura (situación futura).

Cuadro 4. Benéficos netos y carbono almacenado de las diferentes actividades productivas, situación actual y futura

Actividades productivas	BN ha ⁻¹ año ⁻¹ (\$ US)	tC ha ⁻¹
Maíz (<i>Zea maiz</i>) y Frijol (<i>Faseolus vulgaris</i>)	147.3	33.6
Chayote (<i>Sechium edule</i>)	2,236	33.6
Ganadería	189.2	106
SAF de café	206.9	159.8
Situación actual	52.3	146.8
Situación futura	133.8	71.6

BN ha⁻¹ año⁻¹: beneficios netos anuales por ha; tC ha⁻¹: toneladas de carbono por ha

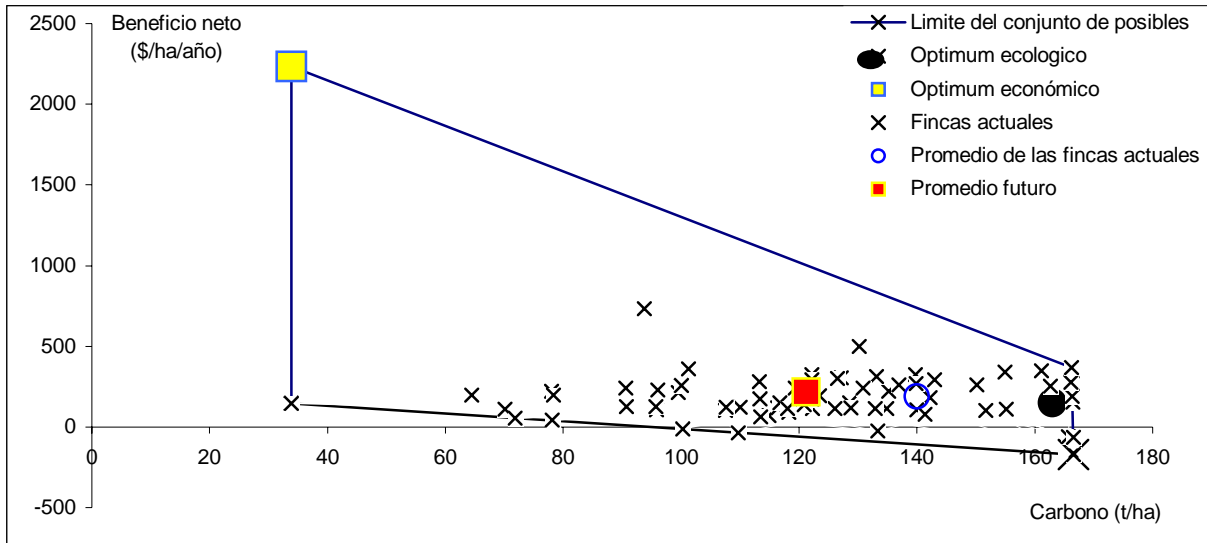


Gráfico 1. Ingresos netos promedios por finca (BN ha⁻¹año⁻¹), carbono promedio (t Cha⁻¹) de todas las actividades productivas por finca, punto medio de la situación actual de las fincas, situación futura, nivel óptimo ecológico y nivel óptimo económico.

Valoración económica del carbono almacenado en los SAF de café

Escenario 1: nivel óptimo económico vrs nivel óptimo ecológico

Bajo este escenario se determinó un costo de oportunidad de US \$ 16.1 por tC almacenada durante un año en el cafetal. Este valor representa el ingreso teórico que dejan de percibir, por año, los productores cafetaleros por tC almacenada en sus sistemas de café por no producir el cultivo más rentable o el valor de compensación por cada tC almacenada en los cafetales para evitar que los productores cambien sus cafetales por el cultivo del chayote. Sin embargo, esta estimación es muy teórica puesto que apenas el 5% de los productores cultivan este rubro, debido a razones técnicas o financieras de inversión, por lo tanto no representa los intereses de la mayoría de productores.

Escenario 2: situación actual vrs nivel óptimo ecológico

Bajo este escenario se determinó un costo de oportunidad de US \$ 0.6 tC⁻¹ año⁻¹, lo cual representa lo que dejan de percibir los productores cafetaleros por almacenar 1 tC adicional al punto medio de la situación actual; el valor teórico que habría que compensarles a los productores para que aumenten su stock actual de carbono, a través del incremento en la densidad del cultivo de café o de los árboles dentro de los SAF, hasta alcanzar el nivel óptimo ecológico.

Escenario 3: situación actual vrs situación futura

La diferencia entre el punto medio futuro y el punto medio actual, permitió determinar el costo de oportunidad de la tC⁻¹ almacenada, actualmente en los SAF, en caso de darse un cambio de uso del suelo. . Asumiendo que el precio del café se mantiene constante, se determinó un costo de oportunidad de US \$ 1.57 tC⁻¹ año⁻¹, el cual representa el costo por evitar reducir el stock actual de en los SAF, es decir el valor de compensación a los productores cafetaleros para no emitir carbono, en términos de CO₂, a la atmósfera.

Las comparaciones entre estudios son difíciles, ya que muchos estudios no toman en cuenta la permanencia del almacenamiento y dan costo por tonelada, sin precisar durante cuanto tiempo se almacena o se evita la pérdida de almacenamiento. Según Brett *et al.*, (2002), el costo estimado para proyectos forestales en el trópico típicamente se encuentra entre US\$ 2 y 25 por tC⁻¹. Estos estimados frecuentemente no incluyen

el costo de oportunidad de la tierra, infraestructura, monitoreo y colección de datos, mantenimiento y otros costos del proyecto. Segura (1999) determinó el costo de oportunidad de secuestrar carbono en dos zonas del Área de Conservación de la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica. Siendo US\$18.3 y 43.5/ tC año⁻¹, el valor mínimo y máximo para la zona de Corinto; mientras que en Timbirina fue de \$20 y \$22.6/tC, respectivamente. Los valores estimados por Segura (1999) son superiores a los estimados en el estudio, lo cual indica que el costo de oportunidad en estas zonas de Costa Rica y para este uso del suelo es superior a la zona, bajo estudio, de Nicaragua.

CONCLUSIONES

El potencial de almacenamiento de carbono de los sistemas productivos cafetaleros, así como el valor por tonelada de carbono almacenada temporalmente, durante 1 año, en los SAF, dan las pautas para establecer el monto de compensación por este servicio ambiental que brindan estos sistemas y evitar, de esta manera, emisiones de CO₂ a la atmósfera, al sustituir los cafetales por cultivos más rentables, localmente, y menos deseables, desde el punto de vista ambiental, con menor potencial de almacenamiento.

La metodología empleada para estimar el valor del servicio ambiental almacenamiento de carbono, bajo diferentes escenarios, permite determinar la mejor opción de compensación de acuerdo al contexto social a considerar. El costo de oportunidad tomando en cuenta la mejor alternativa económica (escenario 1) tiene debilidad en su aplicación ya que no se fija en las oportunidades realmente accesibles para la mayoría de los productores cafetaleros, ya que son pocos los productores que cultivan este rubro debido al alto costo de inversión durante el primer año de establecimiento del cultivo (US \$ 2,000 ha⁻¹, aproximadamente). Por otro lado, bajo el escenario de un posible cambio de uso del suelo (escenario 3), el valor económico de la tC representa la mejor alternativa de compensación, ya que se ajusta a la realidad actual del sector cafetalero y a la mayoría de los productores cafetaleros debido a la crisis que atraviesa este rubro.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, J; López de León, E; Medina, M. 1999. Cuantificación estimada del dióxido de carbono fijado por el agro ecosistema café en Guatemala. Boletín PROMECAFE. IICA 87:7-14.
- Aragón, O.I.A.; Arauz, U.J.A. 2000. Balance aparente de nutrientes (N,P,K) en dos unidades de producción ubicadas en el municipio de San Ramón, departamento de Matagalpa, durante el periodo 1997-1999. Tesis Ing. Universidad Nacional Agraria Facultad de Recursos Naturales y del ambiente.. Managua, Nicaragua
- Avila Vargas, G. 2000. Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas de café bajo sombra a pleno sol, sistemas silvopastoriles y pasturas a pleno sol. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. 99 p.
- Brown, P. 1998. Climate, biodiversity and forests: issue and opportunity emerging from the Kyoto protocol. World Resources Institute (WRI, US).
- Dixon, R. K.; Schroeder, P. E.; Winjum, J. K. 1991. Assessment of promising forest management practices and technologies for enhancing the conservation and sequestration of atmospheric carbon and their costs at the site level. Corvallis, Or (EUA). 100 p.
- Dixon, R.K.1995. Agroforestry systems: sources or sink of greenhouse gases?. Agroforestry Systems 31:99-116.
- Dixon, K. 1996. Agroforestry Systems and greenhouse gases. Agroforestry Today. 2(7) 22-26.
- Fournier, L.1996. Fijación de carbono y diversidad biológica en el agroecosistema cafetero. Boletín PROMECAFE, (IICA). No 71:7-13.
- Grütter J.M., 2002. Greenhouse Gases Market Trends : 3 rd quarter 2002. Grütter Consulting, www.ghgmarket.info
- Lira, R.; Ruiz, F.; Perez, C.J.; Maitre, A. 1998. Aplicación de la metodología de valoración del daño por erosión actual (VADEA) en parcelas con diferentes prácticas de CSA en San Ramón, Matagalpa. Tesis Lic. Ing. Agr. Nicaragua, UNA. 80 p.
- Márquez, L. 2000. Elementos técnicos para inventarios de carbono en uso del suelo. Fundación Solar. Guatemala. 31p.
- Platinga, A.J.; Mauldin, T.; Miller, D.J. 1996. An econometric analysis of the cost of sequestering carbon in forest. American Agriculture Economics Association. 81: 814-824.
- Fournier, L. 1996. Fijación de carbono y diversidad biológica en el agroecosistema cafetero. Boletín PROMECAFE. (IICA). No. 71: 7-13.

Segura Madrigal, M. A. 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, Costa Rica. CATIE.115 p.

Winjum, J.K.; R.K.Dixon.; P.E. Schroeder. 1992. An assessment of forest management practices for sequestration of Carbon: I. Estimating Global Potential', U.S. EPA, Environmental Research Laboratory Corvallis, Oregon, OR (EUA).

Winrock International Institute for Agricultural Development. 1998. Carbon Sequestration and Sustainable Coffee in Guatemala. 18 p.