



Ingeniería de Recursos Naturales y del
Ambiente

ISSN: 1692-9918

revistaeidenar@univalle.edu.co

Universidad del Valle
Colombia

Lozano Torres, Yancilly

LOS SUMIDEROS DE CARBONO: UN ANÁLISIS DE LA POTENCIALIDAD ECONÓMICA EN UN
BOSQUE DE MANGLAR DEL PACÍFICO COLOMBIANO

Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente, núm. 6, 2007, pp. 82-92

Universidad del Valle
Cali, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=231120826007>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

LOS SUMIDEROS DE CARBONO: UN ANÁLISIS DE LA POTENCIALIDAD ECONÓMICA EN UN BOSQUE DE MANGLAR DEL PACÍFICO COLOMBIANO



RESUMEN

Yancilly Lozano Torres M.Sc.
Área de Gestión Ambiental
Escuela EIDENAR
Universidad del Valle.
Cali - Colombia
Yanloto78@yahoo.com

Este artículo aborda la discusión del Cambio Climático desde las expectativas que ofrecen los denominados *mecanismos de flexibilidad* introducidos en el Protocolo de Kioto, en el cual se espera que el cumplimiento de la meta de reducción de los niveles de contaminación puedan ser rentabilizados a unos costos económicos mínimos socialmente aceptados en un sistema de intercambio de *mercado de sumideros de carbono*. En este sistema muchos países en desarrollo apuntan a participar con la promesa de la funcionalidad ecosistémica de sus bosques naturales como fuente de captura de CO₂. Aquí se evidencia que la potencialidad de los beneficios derivados del mercado de la conservación de bosques como sumideros de carbono no es consistente

** Recibido : Julio 14 2007 * Aceptado : Octubre 29 2007*

con los costos sociales o costos de oportunidad en que incurren muchas comunidades, como es el caso de la zona en el sur del pacífico colombiano. En este desequilibrio juegan un papel preponderante los costos de transacción que en últimas determinan la parte del pastel que llega a la comunidad y a la burocracia.

PALABRAS CLAVES

Sumideros de carbono, proyecto MDL, valoración económica, pacífico colombiano, ecosistema de manglar

ABSTRACT

In the present article the author examines the problem of climate change from the perspective offered by the so called flexibility mechanisms introduced by the Kyoto Protocol. The pollution reduction at targeted levels is expected to be achieved at minimum economic costs which are socially acceptable in an exchange market for CO₂ sinks. With this system many developing countries are to participate with the promise of an eco-systemic functionality of natural forests as sources of CO₂ sequestration. It is shown that the potential benefits derived from the forest conservation market as CO₂ sinks is not consistent with social costs or opportunity costs incurred in by many communities, as it is the case of the Colombian south pacific region. In this imbalance, an important role is played by transaction costs which in fact determine the part of the pie corresponding to the community and the bureaucracy.

KEYWORDS

CO₂ sinks, MDL project, economic valuation, Colombian pacific region, mangrove swamp ecosystem.

1. INTRODUCCIÓN

Desde la creación del *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC)¹ en 1988, su función ha sido asesorar a los gobiernos sobre las características del cambio climático y sus impactos socioeconómicos y ambienta-

les y proponer estrategias que se puedan adoptar para mitigar los problemas derivados de este fenómeno.

Hasta ahora el IPCC ha publicado tres informes de evaluación general sobre el cambio climático. En el primero de ellos en 1990 presentaba evidencias contundentes sobre el cambio climático, como un fenómeno de origen antrópico que ameritaba decisiones políticas reales para reducir sus consecuencias. Esta fue la base científica sobre el cual se articuló el Convenio Marco sobre Cambio Climático durante la Cumbre de la Tierra en 1992 (Wigley T, 1996).

Como avance en el desarrollo de este convenio, en el informe de 1995 se reconoce que para evitar las consecuencias del cambio climático, los países de mayor consumo energético (industrializados) debían reducir sus emisiones de gases efecto invernadero a la atmósfera. Esta cumbre es conocida como el Mandato de Berlín, y a raíz de este mandato, el segundo informe técnico del IPCC en 1996 proporcionó las bases para redactar los acuerdos nodales del Convenio sobre Cambio Climático, conocido como Protocolo de Kioto en 1997 (Wigley T, *et al*, 1997).

El tercer informe de evaluación 2001 trata de los problemas que se plantea a los responsables de formulación de políticas públicas, sobre en qué medida las actividades humanas han influido y han de influir a futuro en el clima en la Tierra, en los sistemas ecológicos y socioeconómicos, y en las capacidades técnicas y políticas previstas para abordar el cambio climático antropogénico (Watson, 2007).

El Protocolo de Kioto es el primer acuerdo que obliga a los países firmantes (principalmente los industrializados) a reducir sus emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI)². El debate sobre su instrumentación e implementación ha conducido a discusiones que van mas allá de las ciencias naturales, siendo estas las que han dado la voz de alerta sobre el problema a nivel mundial. A la discusión en el plano de la política y el derecho internacional se suma la economía, no sólo para entender las implicaciones económicas de la propuesta

¹ <http://www.ipcc.ch>

² Los GEI naturales son el vapor de agua, el dióxido de carbono CO₂, el metano CH₄, el óxido nitroso N₂O y el ozono (Tomado de La Ciencia del Cambio Climático). El Protocolo de Kioto concibe a los siguientes seis gases como GEI: CO₂, CH₄, CH₄, N₂O, los hidrofluorocarbonos HFCs, los perfluorocarbonos PFCs y el hexafluoruro de azufre SF₆.

de “mecanismos de flexibilización” de los países desarrollados (Estados Unidos principalmente), sino también para evaluar el impacto desde el punto de vista de la equidad en la asignación de los costos de los efectos globales del daño asociado al cambio climático o simplemente de los costos de evitar el daño. Esto se hace más necesario cuando después de la COP8 (2002) países como Estados Unidos no han ratificado el convenio.

Se aduce que los países ubicados en la franja de bosques tropical poseen un gran potencial para la participación en los mercados que se derivan de los “mecanismos de flexibilización” contemplados en el Protocolo de Kioto, principalmente en la formulación de proyectos de MDL (Mecanismos de Desarrollo Limpio). Este artículo presenta las estimaciones de captura de carbono asociada a los bosques nativos en una comunidad del sur del pacífico colombiano e indaga por los costos de proveer el servicio de captura de carbono como una medida para evaluar la rentabilidad local por la aplicación de los mecanismos de flexibilización frente a los precios de mercado de captura de carbono.

2. EL PROTOCOLO DE KIOTO: SU EVOLUCIÓN

El Protocolo de Kioto es el resultado de una serie de acciones que buscan una solución al problema del Cambio Climático (CC). Mientras se desarrollaba la primera Conferencia Mundial del Clima (1987), se reconoció la necesidad de tomar acciones globales para la solución a los problemas derivados del CC (UNFCCC, 1997).

En la *Tabla 1* se indica la evolución y formalización de los principales acuerdos y desacuerdos que dan origen a desarrollar el protocolo de Kioto hasta hoy. En este artículo se parte de este marco general para abordar la discusión de la conservación de bosques como mecanismos costo – eficiente para cumplir con las obligaciones derivadas de los acuerdos, dada la función ecosistémica de captura de CO₂.

En las negociaciones que condujeron a los acuerdos hasta hoy, había un grupo de países que afirmaba que alcanzar los límites fijados dentro de las fronteras de los

Tabla 1: Evolución de los acuerdos del Protocolo de Kioto

Fecha	Hito	Principales resultados
1988	Creación del IPCC	El PNUMA y la Organización Meteorológica Mundial crean el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC): se convertirá en un ente asesor técnico para los acuerdos internacionales.
1992	Conferencia Mundial sobre Desarrollo y Medio Ambiente	Se firmó la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre Cambio Climático: su meta es lograr la estabilización de los Gases Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera a niveles que eviten interferencias peligrosas de las actividades antrópicas sobre el sistema climático.
1995	COP1: Primera conferencia de las partes	Se establece un instrumento de negociación consistente en una Fase Piloto para llevar a cabo Actividades de Implementación Conjunta (AIC), en las que países industrializados adelantarian, en países en vías de desarrollo, actividades que condujeran a la reducción o captura de GEI.
1997	Protocolo de Kioto	Se acuerdan límites concretos y obligatorios de reducción conjunta de emisiones de seis tipos de gases. Los límites fijados varían de país a país; no obstante, existe un compromiso de reducción promedio del 5% por debajo de lo emitido en 1990. Este nivel debe alcanzarse en el período de compromiso, comprendido entre el 2008-2012.
1998	Cumbre de Bariloche: COP 4	Se elaboran los procedimientos y las modalidades que aseguran la transparencia, eficiencia y contabilización con auditoria y verificación independiente de las actividades de MDL, dándole contenido a los mismos.
2000	Cumbre de la Haya: COP 6	Las actividades para prevenir la deforestación y degradación de la tierra no generarán créditos de reducción; sin embargo, estos proyectos serán señalados como prioritarios para ser financiados dentro de un fondo de adaptación para darle solución a problemas de desertificación, de sequías, de conservación de bosques, de restauración de ecosistemas forestales nativos, de protección de cuencas hidrográficas, etc.
2001	Cumbre de Marrakesh-Marruecos: COP7	Se terminaron de acordar las reglas para la puesta en práctica del Protocolo de Kioto.
2002	Cumbre de Nueva Delhi	En esta Estados Unidos se ratifico en su posición de no firmar el protocolo y no se hizo ningún avance para la puesta en marcha de este.

Fuente. Elaboración propia

países del Anexo B podría suponer un esfuerzo económico excesivo y dado que desde el punto de vista del cambio climático da igual donde se reduzcan las emisiones, desde el punto de vista económico es mejor hacerlo donde sea más barato. En este sentido se proponen unos mecanismos que permiten alcanzar la reducción sin necesidad de que se haga dentro del país firmante. Dichos mecanismos operan bajo una lógica costo-efectiva: reducir allí donde sea más barato. En este mecanismo se centra la discusión del artículo, dado que aquí se busca medir la bondad de los proyectos MDL para los agentes que hoy derivan sus sustentos del bosque que es objeto de conservación.

3. IMPORTANCIA ECONÓMICA Y AMBIENTAL DEL AREA DE ESTUDIO

El estudio de costos de fijación de CO_2 se realizó en el área de manglar de la Unidad de Manejo Integral Guapi-Iscuandé³ (ver figura 1). Esta UMI hace parte de la importante ecorregión conocida como Corredor Biogeográfico del Chocó, está localizada en el suroccidente de Colombia, entre los departamentos de

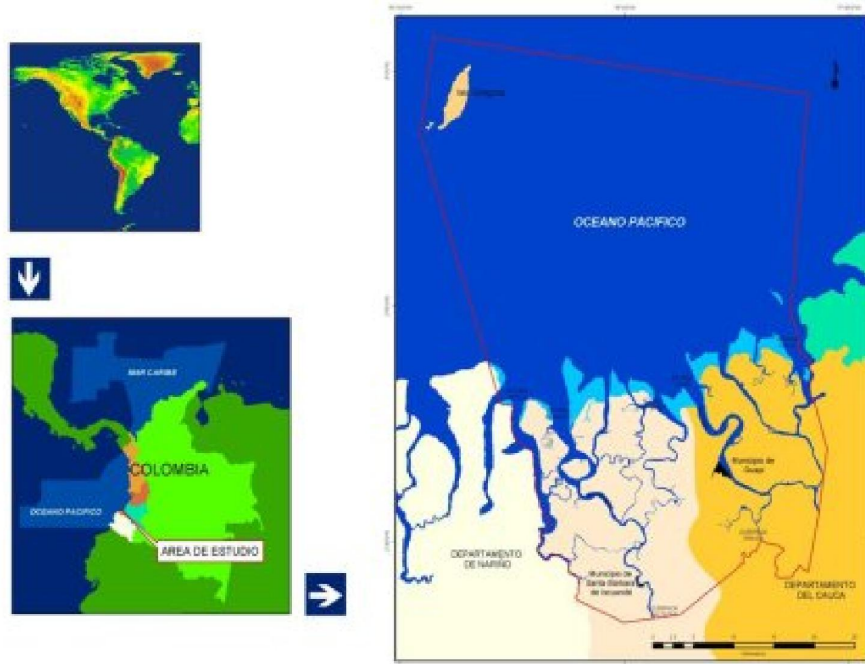
Cauca y Nariño, surcada por ríos de gran caudal como el Guapi, Iscuandé y Tapaje, con dos cabeceras municipales importantes: municipios de Guapi e Iscuandé.

La UMI seleccionada es de especial interés no solo por su riqueza natural y por la preocupación existente en el ámbito nacional sobre el manejo de zonas costeras, sino también por el tipo de propiedad de la tierra preponderante en el área. Por la Ley 70 de 1993 el Estado adjudica a las comunidades negras, mediante la constitución de concejos comunitarios, la titularidad colectiva sobre las áreas que vienen ocupando de acuerdo con sus prácticas tradicionales de producción.

El área de estudio comprende 17.531,24 ha, en donde los pantanos de manglar son la unidad geomorfológica de mayor extensión.

La población que habita la UMI es en su mayoría afrocolombiana y el uso ancestral que hacen del territorio

³La UMI es una categoría de distribución del territorio costero de acuerdo a la oferta y demanda ambiental presente en el mismo. Su delimitación es aun objeto de estudio por parte de las entidades del Sistema Nacional Ambiental (SINA) de los departamentos de Nariño y Cauca.



Fuente. COASTMAN

Figura 1 Unidad de Manejo Integral Guapi-Iscuandé

está dedicado a la minería, extracción de madera; para comercio y uso directo en la construcción de viviendas, canoas e implementos de arte de pesca y, también, como combustible, recolección de crustáceos y moluscos, pesca y la explotación de subproductos del bosque en general. Una de sus principales fuentes para la explotación del bosque la constituyen los ecosistemas de manglar, razón por la cual estos han sido sometidos a la sobreexplotación y abuso poniendo en peligro su sostenibilidad.

La importancia de los ecosistemas asociados a los bosques de manglares es que sostienen gran parte de la productividad ecológica de las áreas estuarinas proporcionando la mayor cantidad de energía química potencial, la cual sirve de nutrición no sólo a los organismos que viven en ellas, sino también en otras zonas vecinas mediante la exportación de una parte de la energía almacenada y liberada por los manglares. Los manglares poseen múltiples valores ecológicos entre los que se destacan la producción de hojarasca, detritos y compuestos orgánicos solubles que son aprovechados por un gran número de organismos que conforman complejas redes alimenticias, constituyendo de esta manera el hábitat de una variada fauna residente y migratoria. El valor económico de estos ecosistemas de manglar reside en que de sus funciones ecológicas se derivan servicios económicos de importancia local, regional y mundial. Estos servicios van desde el uso de recursos para alimentación, combustible, medicina tradicional, implementos de navegación y regulación de procesos inherentes al problema de cambio climático, como captura o almacenamiento de carbono.

Los usos descritos desde el ámbito local presentan un *trade off* con los intereses regional y mundial en la medida que la sobreexplotación de los bosques incide sobre las funciones ambientales de interés global asociadas al cambio climático. De esto deriva que un cambio de uso del suelo o de la intensidad en el uso del mismo, implica un costo de oportunidad para las comunidades locales (UMI Guapi-Iscuandé) y para el país. Este costo de oportunidad, es la base sobre la cual debe evaluarse la viabilidad de los proyectos locales de MDL para derivar la real potencialidad que tienen los países poseedores de bosques. Ello indica que de acuerdo al uso actual del territorio y la riqueza de funciones del mismo los proyectos MDL tienen diferente relevancia económica.

En lo que resta de este artículo el lector encontrará una estimación concreta de la potencialidad de una de las

funciones globales del bosque de manglar: captura o almacenamiento de CO₂. También se estiman los costos sociales que implican la fijación de carbono en el marco de la formulación de un proyecto MDL.

4. ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE FIJACIÓN DE CO₂

El potencial de fijación de CO₂ en el sistema forestal de Colombia ha sido presentado por el Ministerio del Medio Ambiente de Colombia (MMA, 2000) en el "Estudio de Estrategia Nacional para la implementación del MDL en Colombia". A raíz de esto, varios estudios vienen estimando ese potencial de fijación de CO₂ en situaciones concretas. Gutiérrez (2001) y Lopera (2000) estiman este potencial para bosques plantados, en donde se evalúa la viabilidad de distintas opciones de manejo de plantaciones forestales comerciales bajo la estimación de distintas estrategias de manejo, que aumenta la fijación de CO₂ y su correspondiente costo de oportunidad. MacDicken (1997) presenta diferentes métodos para monitorear y estimar la fijación de CO₂ en bosques nativos. En el caso concreto de Colombia Herrera *et al* (2001) hace una revisión de estos métodos y proponen metodologías de cálculo de capacidad de fijación de CO₂ de bosques naturales secundarios y primarios.

En este artículo partimos de la información de base recopilada por el Plan de Ordenamiento de la UMI Guapi – Iscuandé. En esta información de base se hicieron estimaciones de inventario detallados de los distintos estratos y especies del bosque de manglar en el área de estudio y se hicieron algunos supuestos que permiten estimar tasas de crecimiento de la biomasa. A partir de esta información hemos estimado la capacidad de fijación de CO₂ de acuerdo a los diferentes estratos del bosque de manglar.

Para el cálculo de CO₂ se parte de la ecuación 1 que permite estimar el contenido de Dióxido de Carbono fijado⁴ por los distintos estratos de la vegetación como se indica en la tabla 2.

$$\begin{aligned} CO_2 &= B \times F(1) \\ F &= CC \times \frac{44}{12} \end{aligned} \quad (1)$$

⁴Para una revisión de los distintos métodos para estimar Contenido de Carbono y Biomasa véase Lopera (2000) y Sancho (1999).

⁵ CO₂ = Dióxido de Carbono fijado por la vegetación, B = Biomasa por ha, CC = Contenido de Carbono (45% según IPCC), 44 = Peso de la molécula de CO₂, 12 = Peso átomo de carbono.

Para estimar el CO₂ fijado, primero se hizo una cuantificación de la biomasa contenida en el bosque de manglar para los distintos estratos arbóreos del área de estudio. El cálculo de la biomasa está basado en los estudios de Clough (1997) y Molina et al. (1994). Clough, mediante muestreos hechos en dos especies de manglar (*Rhizophora stylosa* y *Avicennia marina*), determina la relación alométrica entre volumen y biomasa, mediante un modelo en el cual relaciona el diámetro del tallo o tronco de los árboles con la biomasa de estos, el modelo resultante indica que:

$$\log(W) = A + B \times \log(VAP) \quad (2)$$

Según Molina¹³ el VAP se estima como:

$$VAP = 0,0035 + 0,46(D^2 \times ALT) \quad (3)$$

En la tabla 2 se presenta el cálculo de la biomasa para las diferentes categorías diamétricas⁸.

Tabla 2. Biomasa por categoría diamétrica

Categoría Diamétrica	VAP (Mts ³)	Biomasa del árbol en pie (Ton)
Fustales D > 15cm	188.74	3.2464153.18
Latizales 5 < D ≤ 15	25.57	0.0267769.15
Brinzales 1 < D ≤ 5	4.39	0.0004008.25
Totales	198.70	3.27

Fuente. Elaboración propia

La biomasa es la base para llegar a la cuantificación del CO₂ fijado y almacenado por la vegetación, lo que a su vez sirve en el cálculo de las emisiones que se pueden evitar si se consigue que la tasa de deforestación sea cero o cualquier otro tipo de manejo del bosque que se proponga reducir la deforestación. En la tabla 3 se indican los resultados del dióxido de carbono potencial, almacenado, emitido y fijado en toneladas métricas.

⁸W = Peso seco o biomasa en pie, medida en kg, A y B son constantes estimadas en Clough (1997) y toman valores de -0.6564 y 2.4292 respectivamente, VAP = Volumen del Árbol en Pie.

⁷D = Diámetro del fuste, ALT = Altura del árbol.

⁸Las categorías diamétricas son clasificaciones que se hacen de los árboles según el diámetro a la altura del pecho, estas son de tres clases: fustales (con diámetro > 15 cm), latizales (diámetro entre 5.1-15.0 cm) y los brinzales (con diámetro entre 1.0-5.0). Una muy buena explicación de esto la da Sánchez et al. (2000).

Es necesario aclarar que cuando se habla de *dióxido de carbono almacenado* se hace referencia al CO₂ que los bosques primarios⁹, aquellos que han alcanzado su madurez, han absorbido a lo largo de toda su vida y guardan en su biomasa. Por recomendación técnica se han incluido también las toneladas de CO₂ que hasta ahora han absorbido los bosques secundarios (los cuales aparecen en la tabla 3 como latizales y brinzales).

El CO₂ fijado¹⁰ está asociado a la captura que la cobertura vegetal hace conforme va creciendo. La cuantificación del dióxido de carbono en este caso se hizo mediante la aplicación de la siguiente ecuación 4. Una estimación de referencia en otro estudio es Sancho (1999) en bosques naturales de Costa Rica.

$$C = K \times A \times [B + (G \times t)] \quad (4)$$

Tabla 3. Estimación del CO₂ fijado por categoría diamétrica y dinámica de manejo

Categoría Diamétrica y dinámica de manejo	Hectáreas (a)	CO ₂ Potencial (Ton) ¹ (b=c+d)	CO ₂ Almacenado (Ton) (c)	CO ₂ Fijado (Ton) (d)	CO ₂ No Emitido (Ton) (e)
Fustales D > 15cm	17,385.69	93,907.58	93,907.58		
Latizales 5 < D ≤ 15	143.40	93,749.66	774.56	92,975.10	
Brinzales 1 < D ≤ 5	2.15	1,404.79	11.59	1,393.20	
Reforestación	376.00	243,716.98		243,716.98	
Tala o deforestación					72,352.45
Totales	17,907.24	432,779.02	94,693.74	338,085.28	72,352.45

Fuente. Cálculos del autor con base en información de INVEMAR, 2001

El CO₂ no emitido puede entenderse como el carbono que se liberaría a la atmósfera de no implementarse ningún tipo de manejo en la zona. Se ha estimado que

⁹En otros estudios, se consideran como bosques secundarios aquellos que tienen un diámetro superior a 30 cm.

¹⁰Se entiende como CO₂ fijado, se refiere al flujo de carbono de la atmósfera a la tierra producto de la recuperación de zonas (regeneración) previamente deforestadas, desde pastizales, bosques secundarios hasta llegar a bosque clímax. El cálculo por lo tanto está definido por el crecimiento de la biomasa convertida a carbono (Alpizar, 1996).

¹¹C = CO₂ compensado por el bosque secundario, ? = carbono en la biomasa (45%), A = área del bosque, B = biomasa inicial en el área, G = tasa de crecimiento anual, t = año.

en un horizonte de treinta años con las tasas de deforestación actual (4,7%) el bosque de manglar de esta zona equivaldría a la emisión de 72.352 Ton de CO₂ (tabla 3).

En la tabla 3 se indica que la máxima cantidad de carbono que pueden compensar las 17.907,24 has de manglar en la UMI durante los 30 años de duración de un posible proyecto MDL es de 432.779,02 Tons. De las cuales 94.693,74 Tons de CO₂ pertenecen al carbono acumulado por los bosques primarios a lo largo de su vida. Las 338.058,28 toneladas restantes provienen del secuestro de carbono que hacen los bosques secundarios y de la recuperación de 376 has deforestadas para el cultivo de "coco" (*coco nucifera*). El número de hectáreas recuperadas corresponde al número de hectáreas sembradas de coco¹³ entre el año 1997 y 2000 lo cual representaría para la sociedad un costo de oportunidad la pérdida de ingresos derivadas de este uso del suelo.

Asumiendo una tasa de crecimiento anual de 1.6 m³/ha¹⁴, el carbono fijado (d) por los bosques secundarios sería de 94.368,30 Tons de CO₂, mientras que las actividades de reforestación fijarían 243.716,98 Tons. En términos porcentuales, los bosques primarios participarían con el 21,7% de las compensaciones, los bosques secundarios con el 22% y las actividades de reforestación con el 56,3%. Con todo lo anterior, se deduce que valor presente de captura de carbono será de 14.426 toneladas anuales.

5. ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE FIJACIÓN DE CARBONO

Para evaluar cualquier proyecto MDL se requiere la estimación del costo del servicio de secuestro de carbono.

¹² C = C2 compensado por el bosque secundario, K = carbono en la biomasa (45%), A = área del bosque, B = biomasa inicial en el área, G = tasa de crecimiento anual, t = año.

¹³ Es importante aclarar que este estudio sólo se está teniendo en cuenta una pequeña parte de lo que serían las actividades de reforestación y nada de lo que implican las actividades regeneración natural de los bosques, actividades que serán el resultado de la formulación del plan de manejo integral para la zona y que muy seguramente redundarán en significativas fijaciones de dióxido de carbono.

¹⁴ Tomado de Molina (1994). Según este autor los bosques en sus primeros años alcanzan sus más altos niveles de Productividad.

no, en donde se deben considerar la estimación del costo de oportunidad social, el costo del plan de manejo de la zona y los costos de transacción que tienen que ver con los costos de comercialización del carbono.

5.1. Definición del costo de oportunidad

El costo de oportunidad es ampliamente conocido como el valor de un recurso en su mejor uso alternativo sin importar si se está hablando de las elecciones que realizan los consumidores o si por el contrario se habla de las disposiciones de los empresarios.

El costo de oportunidad relevante en este estudio es el de la tierra. Los propietarios de tierras, las comunidades negras de la UMI en este caso, tienen dos alternativas para elegir sobre sus tierras de titularidad colectiva. La primera es alquilar el terreno y recibir unos ingresos por el alquiler de la misma. La otra opción, es dedicarla a algún tipo de explotación comercial directa. En cualquiera de las alternativas, el costo de oportunidad de la tierra viene a ser el monto de los flujos de ingresos no percibidos en un determinado periodo de tiempo, ya sea a través de la renta de alquiler o de los rendimientos derivados de los beneficios netos esperados de actividades agrícolas.

Para el caso de estudio, la UMI Guapi-Iscuandé, el concepto conduce a entender que las comunidades negras propietarias de los terrenos, ante un eventual proyecto MDL dejarían de realizar algunas de las actividades que normalmente desarrollan y dedicarían sus tierras a la prestación del servicio de fijación de carbono, razón por la cual la retribución por este servicio deberá reflejar como mínimo los costos de oportunidad de los ingresos perdidos con las actividades que serían desplazadas. En lo que sigue de este artículo se hace el cálculo del costo de oportunidad para los bosques de manglar de la UMI Guapi-Iscuandé, como base para evaluar la viabilidad de los proyectos MDL.

5.2. Cálculo del costo de oportunidad

Ramírez et al. (2002) encontró diecinueve alternativas diferentes para el uso de la tierra¹⁵ que serían evaluados

¹⁵ Las tierras a las que Ramírez (2002) hace referencia son tierras de propiedad privada para establecer bosques plantados a diferencia de las de este estudio que son de propiedad colectiva.

por los propietarios. Estas alternativas se pueden resumir básicamente en dos. La primera será que el propietario coseche personalmente el bosque y la segunda opción es vender o alquilar el terreno a su uso más lucrativo. La segunda alternativa presenta diferentes posibilidades: vender el bosque como secuestrador de carbono a perpetuidad, establecer una serie de contratos de almacenamiento de carbono sin cosechas entre un contrato y otro y registrar una serie de contratos de almacenamiento con cosechas o intervención, entre los contratos. Las otras alternativas que plantea Ramírez son una combinación de las anteriores.

De los usos que se observan en la tabla 4, la pesca tradicional, la extracción de moluscos y crustáceos, algunas de las modalidades de la extracción de madera y el uso cultural no riñen con el servicio de fijación de carbono y podrían seguirse realizando con la condición de que se efectúen de manera sustentable bajo previo estudio. El plan de manejo puede incluir la prestación del servicio de secuestro y al mismo tiempo los usos anteriores con un control adecuado. Sin embargo, hay otras actividades que con la que la fijación de carbono presenta un *trade-off* puesto que no pueden realizarse al mismo tiempo que esta (INVEMAR *et al.*, 2001). La compensación de carbono tiene un efecto de total desplazamiento sobre actividades como el cultivo de coco, la producción de leña para carbón y madera para uso comercial y doméstico en las viviendas.

Tabla 4. Usos tradicionales del área del bosque

Tipo de actividad	Productos y servicios generados
Pesca tradicional	Peces, camarón
Extracción de moluscos y crustáceos	Piangua, pateburro, piaquil, cangrejo, etc
Cultivo de coco y otros cultivos agrícolas	Coco, papa china, arroz, chontaduro, piña, guanábana, caimito, naidí
Extracción de madera	Leña, carbón vegetal, madera para pulpa, construcción, pilotes, puntal, postes para cerca
Uso cultural	Ceremonias rituales, curandería, etc.

Fuente. Información de INVEMAR (2001)

A continuación se estiman el costo de oportunidad asociado a la pérdida de ingresos derivados de las actividades que presentan un *trade-off* entre fijación de carbono y el uso actual del suelo en este territorio de propiedad colectiva (tabla 5 y 6).

Tabla 5. Valor económico del cultivo de coco (miles de pesos de 2002)

Lugar	Área Plantada (has)	Área Cosechada (has)	Producción Obtenida (Ton/año)	Precio pagado al productor (Ton)	Ingresos Totales por año
Guapi	900	600	2,467.33	332.15	819,521.99
Iscuandé	163	163	692.75	332.15	230,096.91
Total	1,063	763	3,160.08		1,049,618.91

Fuente. Cálculos del autor con base en información de INVEMAR, 2001

Tabla 6. Ingresos de las actividades desplazadas (millones de pesos de 2002)

Actividad	Ingresos anuales estimados	Valor Presente los ingresos (30 años)
Cultivo Coco	1,049.62	9,469.47
Producción Carbón	108	974.36
Producción leña	5.4	48.72
Total	1,163.02	10,492.55

Fuente. Cálculos del autor con base en información de INVEMAR, 2001 y Asociación de Carboneros de Tumaco (2003).

Los ingresos asociados a solo tres (3) actividades económicas en el área de estudio y que pueden entrar en *trade-off* con el servicio de fijación de CO₂ asciende a la suma de \$1.163 millones al año. Esta estimación no debe entenderse como un indicador de las ganancias de las mismas, puesto que su cálculo tiene como objetivo proporcionar una medición aproximada de la magnitud e importancia económica de las actividades que se verían desplazadas por la prestación del servicio ambiental propuesto.

En este sentido, el costo de oportunidad anual del servicio de secuestro de carbono es al menos de \$1.163 millones de pesos año. Lo cual indica que las comunidades de la UMI Guapo-Iscuandé no estarían dispuestas a dejar de desarrollar al menos estas tres actividades y dedicar sus tierras al servicio ambiental si de esta nueva actividad no reciben al menos unos ingresos iguales a los de las actividades desplazadas. Un análisis más integrado de las cifras amerita comparar estos costos de oportunidad en el periodo de un proyecto MDL (30 años en nuestro caso) frente el servicio prestado y los ingresos asociados al precio pagado por tonelada de CO₂ fijado en el mercado.

Asumiendo precios constantes del año 2002 como base y una tasa de descuento del 12%, propia de proyecto sociales, se obtuvo que el valor presente de los ingresos de las actividades desplazadas era de US\$7.87 por tonelada de carbono compensada.

El precio al que se ha negociado en la mayoría de los proyectos forestales en América latina es de US\$10/ton, en donde se incluyen todos los costos asociados a la prestación del servicio. Con un precio de US\$10/ton es claro que dedicar los bosques de la UMI a la prestación del servicio de fijación de carbono parece ser una opción atractiva para las comunidades propietarias puesto que este precio cubre su costo de oportunidad; pero debe tenerse en cuenta que hay otros costos (costos de transacción y plan de manejo integral) que deben ser cubiertos y para los cuales el alto costo de oportunidad no deja mucho margen de maniobra (UICN SUR, 2001).

5.3. Costos del plan de manejo y costos de información

El costo de oportunidad es solo uno de los tres tipos de costos descritos para la formulación de proyectos MDL. En este sentido hay que adicionar los que se incurran en el plan de manejo y los costos de transacción. En este artículo no estimamos estos dos tipos de costos, dado que ello demandaría la formulación concreta de un proyecto MDL, pero su definición conceptual permitirá precisar la viabilidad potencial de este tipo de proyectos en escenarios reales que integren todos los costos de proyectos MDL.

Los costos del plan de manejo se refieren al monto en que haya que incurrir antes y durante la puesta en marcha del plan de manejo integrado para la zona¹⁷.

De otro lado, los costos de transacción asociados a los proyectos forestales incluidos en el MDL son aquellos necesarios para lograr la comercialización del carbono fijado. Según el estudio de MINAMBIENTE⁶ los costos de transacción para este tipo de proyectos se dan en dos etapas:

1. *Costos de transacción ex ante*. Incluyen los costos de preparación de los proyectos, tales como los costos de identificación, formulación y aprobación de proyec-

tos, también incluyen los costos de internalización y capacitación, impuestos nacionales, etc.

2. *Costos de implementación*. Son los costos de transacción en que se debe incurrir durante la puesta en marcha de los proyectos para poder cumplir con las normas impuestas a la operación del MDL. Los costos de implementación principales son los costos de comercialización, de mitigación de riegos, entre otros.

El monto de los costos de transacción va a depender de cómo se consolide la entidad que evalúe los proyectos forestales de secuestro de carbono en cada país y de las decisiones que tomen los países que ratificaron la convención. Estos costos podrían ser los más altos si no se suprimen costos de burocracia asociados a la formulación y aprobación de los diferentes proyectos. En la figura 2 se presenta una relación gráfica entre los costos del secuestro de carbono y los ingresos que deberían obtenerse por este servicio, a medida que los costos aumentan los ingresos netos que se reciben deberían aumentar para que dedicarse a esta actividad sea viable. En este caso en particular, los costos asociados a la prestación del servicio serán muy altos, dado que los costos de oportunidad representan casi el 80% de la retribución posible por un proyecto MDL; generalmente se encontrará que estos costos de oportunidad serán altos en aquellas zonas donde la comunidad obtiene su sustento del bosque natural. Con un ingreso de US\$10/ton solo se cubren el costo de oportunidad y parte de los costos del plan de manejo. Sin duda, un proyecto con estas características no será atractivo para ningún agente que desee participar en los mercados de MDL.

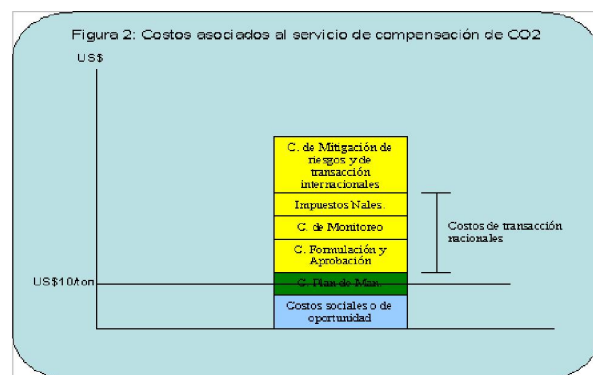


Figura 2. Costos asociados al servicio de compensación del CO₂

¹⁶Estos precios fueron proporcionados por la Secretaría de Desarrollo Agropecuario de Nariño.

El margen que deja el costo de oportunidad conduce a plantear que la potencialidad económica de los bosques de manglar como sumideros desde el punto de vista económico es muy limitada o posiblemente no existe la potencialidad como se ha tendido a creer de manera generalizada.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos muestran que en la UMI se pueden compensar aproximadamente 432.779 toneladas métricas de carbono en los treinta años de duración del proyecto. El costo social por tonelada de CO₂, teniendo en cuenta solo el costo de oportunidad, alcanza un valor medio de U\$7.87, costo que desvirtúa la potencialidad de los bosques de manglar de la UMI como sumideros de carbono, dado que el precio promedio pagado en la mayoría de los proyectos de fijación de CO₂ se han transado a un precio máximo de U\$10/ton y considerando que el costo de oportunidad no es el único costo en que se debe incurrir para la prestación del servicio.

El indicador de costo medio no es el más adecuado para la toma de decisiones y, por ende, limita el alcance de un análisis que puede hacerse con base en él. Avanzar en un indicador de costo marginal que incluya los costos del plan de manejo y los costos de transacción permitiría definir cuáles serían las toneladas de dióxido de carbono que deberían compensarse bajo una racionalidad maximizadora de los agentes en el largo plazo.

A la luz de la información que se tiene, los costos estimados desvirtúan la probable potencialidad económica de este bosque de manglar como sumideros de carbono. El MDL en zonas como la UMI, fuertemente intervenidas y donde los costos de oportunidad son tan altos, no representa mayor atractivo económico porque los costos de oportunidad reclaman un porcentaje muy alto de los ingresos que se obtienen. La potencialidad o factibilidad económica de estos bosques podría recuperarse si el precio al que se negocian proyectos como estos, que tienen un alto valor agregado asociado, se define de una manera diferente. No obstante, no debe olvidarse que el potencial forestal de los bosques de manglar como sumideros existe, se encontró que en términos relativos los bosques de manglar del Pacífico fijan 1,2 ton/ha mientras que en otras regiones como

Costa Rica la fijación por hectárea en bosque plantado es de 1,5 ton, lo cual es una muestra clara de que existe una potencialidad en estos bosques que debería ser aprovechada.

Un factor que debe ser tenido en cuenta en estudios futuros son los costos de transacción. Para comunidades como las de la UMI Guapi-Iscuandé asumir de manera aislada estos costos representaría un esfuerzo tan excesivo que posiblemente los deje sin ninguna posibilidad de participar en el mercado de fijación de carbono. Igual sentido tendría una estructura de formulación de proyectos MDL a nivel nacional con altos costos de burocracia que inciden en la disminución sustancial de la viabilidad económica de los proyectos.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alpizar, W. 1996. Proceso metodológico para la cuantificación de carbono de la biomasa en pie en bosque natural y su estimación de no emisión y fijación. OCIC, mimeo.
- Clough, B.F., P. Dixon & O. Dalhaus, 1997. Allometric relationships for estimating biomass in multi-stemmed mangrove trees. *Australian Journal of Botany* 45: 1023-1031.
- Gutiérrez et al (2001). Valoración económica de la fijación de carbono en plantaciones tropicales de *pinus patula*. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.
- Herrera M.A, del Valle J., Sergio Orrego. 2001. Biomasa de la vegetación herbácea y leñosa pequeña y necromasa en bosque tropicales primarios y secundarios de Colombia. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la captura de carbono en los ecosistemas forestales. 18 al 20 de octubre de 2001. Valdivia – Chile.
- INVEMAR, CRC, CORPONARIÑO, I.I.A.P, BID, Consejos Comunitarios de: Guajui, Bajo Guapi, Chanzará, Unicosta y Alto de Sequihonda. 2001. Formulación del plan de manejo integrado de la zona costera para el complejo de las Bocanas de Guapi-Iscuandé. Informe técnico fase I (Caracterización y diagnóstico).

- Lopera A., y Victor Gutiérrez. 2000. Viabilidad técnica y económica de la utilización de plantaciones de *pinus patula* como sumideros de CO₂. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.
- MMA – Ministerio del Medio Ambiente. 2000. Estudio de Estrategia Nacional para la implementación del MDL en Colombia. Bogotá.
- MacDicken K.G. (1997). A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Winrock International Institute for Agricultural Development, Arlington.
- Ramírez, O, Carlos Carpio, Rosalba Ortiz, Brian Finnegan. 2002. Economic value of the carbon sink services of tropical secondary forests and its management. en: environmental and resource economic. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Sánchez . P., H. G. Ulloa Delgado, R. Alvarez León, W. Gil-Torres, A.S. Sánchez Alferez, O. A. Guevara Mancera, L. Patiño Callejas y F. E. Páez Parra. 2000. Hacia la restauración de los manglares del Caribe de Colombia. H. Sánchez-Páez, G. Ulloa-Delgado y R. Alvarez León (eds). Minambiente. Acofore. OIMT. 350 p.
- Sancho F. y Lawrence Pratt. (1999). Estimación del costo marginal de los servicios de fijación de carbono en Costa Rica. CLACDS, San José. CEN 704.
- UICN SUR (Unión Mundial para la Naturaleza, oficina regional para América del Sur). 2001. El Mecanismo de Desarrollo Limpio y los proyectos forestales: Lineamientos para formular políticas sobre la temática forestal y el Mecanismo de Desarrollo Limpio. Ecuador.
- UNFCCC (1997). Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. FCCC/CP/1997/L.7/Add.1, disponible en <http://www.unfccc.de>.
- Watson, Robert T. (2007). Cambio climático 2001: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de Trabajo I, II, y III al Tercer Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Banco Mundial.
- Wigley Tim. (1996). Climate models—Projections of future climate. En: Climate Change 1995: The Science of Climate Change, *Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, J. T. Houghton, L. G. Meira Filho, B. A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg and K. Maskell (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, págs. 285-357.
- Wigley Tim., Atul K. Jain, Fortunat Joos, Buruhani S. Nyenzi, P.R. Shukla (1997). Implicaciones de las propuestas de limitación de emisiones de CO₂. Documento Técnico 4 del IPCC. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. ONEP-PNUMA. ISBN:92-9163303.