

# **VENTA DE SERVICIOS AMBIENTALES: POSIBILIDADES Y LIMITACIONES PARA EL DEPARTAMENTO DEL CHOCÓ**

**Sergio Alonso Orrego<sup>1</sup> , Luisa Fernanda Jaramillo<sup>2</sup>  
Lina María Loaiza<sup>3</sup>**

## **Resumen**

*Durante la última década se ha acentuado la preocupación en torno al cambio climático global, como resultado del aumento en las emisiones y concentraciones de gases efecto invernadero en la atmósfera, y sus posibles repercusiones sobre cambios en la temperatura media, los regímenes de precipitación, la distribución geográfica de ecosistemas terrestres y la elevación del nivel medio del mar entre otras.*

*El presente artículo describe los aspectos técnicos más relevantes de esta problemática ambiental, conjuntamente con un análisis de instrumentos económicos orientados a una política de regulación y control de las causas del cambio climático. Finalmente, se presenta un estudio de caso para el departamento del Chocó (Colombia), encaminado a la cuantificación de ingresos monetarios mediante la venta de un servicio ambiental, rela-*

---

1 Ponencia presentada en Quibdó el día 26 de agosto de 1998, la cual fue programada por la Fundación Espavé y el Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico "John von Neumann".

2 Profesor Departamento de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

3 Estudiantes de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

*cionado con la capacidad de fijación de carbono por parte de los bosques naturales localizados en su jurisdicción, a través de un mecanismo de derechos negociables.*

### **Abstract**

*During the last decade the concern has been emphasized around the global climate change, as a result of the increase in the emissions and concentrations of greenhouse gases in the atmosphere, and its possible effects and changes in the temperature, the precipitation quantity and pattern, the geographical distribution of terrestrial ecosystems and a rise in sea level among others.*

*The present article describes the main technical aspects of this environmental issue, jointly with an analysis of economic instruments for regulating and controlling the causes of the climate change. Finally, a case study is presented for the department of Choco (Colombia), guided to the quantification of monetary revenues by means of the sale of an environmental service, related with the capacity of fixation of carbon by the natural forests located in its jurisdiction, through a mechanism of tradeable permits.*

## **Introducción**

Durante los últimos años se ha acrecentado sustancialmente el interés en torno al cambio climático, como una problemática que se caracteriza preponderantemente por sus matices de globalidad y su análisis multilateral. Por cambio climático se alude esen-

cialmente al aumento en las concentraciones atmosféricas, de los denominados **greenhouse gases** o gases efecto invernadero (GEI) como vapor de agua<sup>4</sup>, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y ozono (O<sub>3</sub>) en la troposfera y es-

tratosfera, como resultado de actividades humanas relacionadas específicamente con la quema de combustibles fósiles y el desarrollo de la industria cementera.

A su vez un creciente aumento en las concentraciones de GEI, conlleva a una elevación en la temperatura media anual de la superficie de la tierra. Adicionalmente, es importante destacar también la proliferación de trabajos científicos que apuntan a resaltar las posibles modificaciones en patrones de precipitación, los cambios en la cobertura vegetal y el aumento en el nivel del mar, como consecuencia directa de un factible proceso de derretimiento paulatino de las áreas del planeta cubiertas con hielo.

Conexo a la discusión en torno al cambio climático, se ha analizado el papel que juegan los ecosistemas forestales tropicales, ya sea como fuentes o sumideros de carbono. Desde esta perspectiva el tema reviste importancia nacional y regional, dada la existencia de una gran variedad de coberturas vegetales en

diferentes estados sucesionales, a lo largo y ancho del territorio colombiano. En lo que respecta al cambio climático, es dable afirmar que se trata de un tema de gran relevancia en la actualidad, el cual ha derivado hacia muy prometedoras líneas de trabajo empírico a nivel técnico y científico. Inclusive, es importante afirmar que se trata de un problema que implica la búsqueda de soluciones, capaces de redireccionar hacia el futuro las decisiones públicas en tópicos relacionados con eficiencia energética, uso de energías alternativas y conservación de áreas naturales entre otros.

El presente documento solamente pretende contribuir al conocimiento y divulgación de los aspectos generales relacionados con el cambio climático. En este sentido se presenta una conceptualización general del problema en la parte 1. En el numeral 2 se alude a la interacción entre economía y cambio climático, y la descripción de los principales instrumentos económicos en materia de regulación internacional. Lo correspon-

diente a la relación entre los bosques tropicales y el cambio climático es esbozado en la parte 3. Posteriormente se realiza en el numeral 4 un ejercicio académico para el departamento del Chocó, orientado a la consecución de recursos financieros como reconocimiento explícito a las funciones de fijación y almacenamiento de carbono, por parte de los bosques localizados en esta región de la geografía colombiana. Finalmente, algunas conclusiones y comentarios generales se consignan en la parte 5.

## 1. Conceptualización en torno al cambio climático

Con el propósito de ilustrar apropiadamente la problemática inherente al cambio climático, es interesante reseñar los comentarios introductorios ofrecidos por Mabey *et al*, (1997):

“A través de la historia de la tierra, la concentración del principal **gas atrapador de calor**<sup>6</sup>, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), ha disminuido sustancialmente debido a que las plantas lo incorporan en sus

estructuras como carbono. A su vez estas plantas fueron fijadas geológicamente bajo rocas sedimentarias como depósitos de combustibles fósiles. [...] El hombre está actualmente reversando este efecto, al aprovechar estos depósitos de carbon fosilizado para quemarlos y producir energía. Sin embargo, distinto a los procesos naturales que formaron los depósitos, se está liberando gases invernadero a una tasa sin precedentes en el tiempo geológico; de hecho, desde el comienzo de la revolución industrial la concentración de gases se ha incrementado en un 30% aproximadamente, y con la expansión de la economía mundial esta tasa está en continuo aumento...”.

De la cita anterior, es posible inferir que el fenómeno de cambio climático alude preferencialmente al aumento en las concentraciones atmosféricas, de los denominados **green-house gases** o gases efecto invernadero (GEI) como vapor de agua, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y ozono (O<sub>3</sub>). La otra característica que merece

resaltarse, corresponde a la evidente relación entre el aumento en las concentraciones de los GEI, y las actividades antrópicas materializadas después de la revolución industrial (véase tablas 1 y 2).

Ante la inminente amenaza del cambio climático, se ha generado una interesante dinámica en términos de coordinación de acciones interna-

cionales. Al respecto, vale la pena reseñar el Protocolo de Montreal de 1987 como antecedente satisfactorio de cooperación ambiental internacional, y el cual fue orientado al control de sustancias específicas como los clorofluorocarbonos (CFC) y haloclorofluorocarbonos (HCFC), que son empleados básicamente en procesos industriales de refrigeración. Posteriormente,

**Tabla 1.**

Concentraciones pre-industriales y actuales de los principales gases efecto invernadero					
	Gases efecto invernadero (concentraciones atmosféricas) <sup>1</sup>				
	CO <sub>2</sub> (ppmv)	CH <sub>4</sub> (ppmv)	CFC - 11 (pptv)	CFC - 12 (pptv)	N <sub>2</sub> O (ppbv)
Pre-industrial (1750-1800)	280	0.8	0	0	288
Presente (1990)	353	1.72	280	484	310
Tasa anual de cambio	1.8 (0.5%)	0.015 (0.9%)	9.5 (4%)	17 (4%)	0.8 (0.25%)
Tiempo de vida atmosférica (años)	50-200 <sup>2</sup>	10	65	135	150

Fuente: PICC citado por Mabey et al, (1997).

1. ppmv=partes por millón por volumen, ppbv=partes por billón por volumen, pptv=partes por trillón por volumen.
2. La forma en la cual el CO<sub>2</sub> es absorbido por los océanos y la biosfera no se entiende completamente, por esto un solo valor no puede ser especificado.

**Tabla 2.**

Fuentes antrópicas de gases efecto invernadero.				
Actividades	Dióxido de carbono	Metano	Oxido nitroso	CFCs
Uso energético				
Producción de carbón	X	X		
Combustión de carbón, petróleo y gasolina	X	X	X	
Fugas y escapes de gas		X		
Industria				
Producción de cemento	X			
CFCs				X
Relenos sanitarios		X		
Agricultura				
Crianza de animales		X		
Cultivo de arroz anegado		X		
Uso de fertilizantes			X	
Combustión de biomasa		X	X	
Deforestación y cambio en el uso del suelo	X	X	X	

Fuente: Mabey et al., (1997).

se establece en 1988 el Panel Intergubernamental en Cambio Climático<sup>6</sup> (PICC), como iniciativa del Programa Ambiental de las Naciones Unidas y La Organización Mundial de Meteorología. Este esfuerzo oficial conlleva a la formalización del análisis técnico-científico, y a la creación del Comité Internacional de Negociación de las Naciones Unidas en Cambio Climático.

Después de un año de negociaciones, 155 países firmaron la Convención Marco en Cambio Climático<sup>7</sup> (CMCC) en la Cumbre de Rio de Janeiro de 1992. Este documento contempló el compromiso por parte de los países desarrollados, de estabilizar las emisiones de GEI a los niveles de 1990 para el año 2000. Por su parte los países en desarrollo deberían propender por un control de

las emisiones de GEI, apoyados con estrategias de financiación y transferencia de tecnología desde países desarrollados. Cabe destacar que los compromisos acordados se circunscribieron a una condición voluntaria en la reducción de las emisiones de GEI, por parte de los países signatarios.

Adicionalmente, la CMCC sugirió la continuación de las negociaciones a través de Conferencias de las Partes (COP), con la idea de materializar acciones para mitigar el calentamiento global (Morrissey y Justus, 1998). La primera Conferencia de las Partes (COP1) se desarrolló en Berlín (Alemania) en 1995, y reafirmó el propósito de las Naciones Unidas de concretar medidas de protección contra el cambio climático, aún con posterioridad al objetivo de estabilización global definido para el año 2000. La declaración ministerial de la segunda Conferencia de las Partes (COP2), fue adoptada en 1996. Allí se reflejó fundamentalmente la posición de los representantes de los Estados Unidos, orientada hacia

la aceptación directa de los resultados científicos obtenidos por el PICC, el rechazo a políticas homogéneas en materia de reducciones en las emisiones de GEI, y la necesidad de definir objetivos de reducción con un mayor contenido y formalización legal.

El protocolo de Kyoto (Japón) de 1997, es conocido como la tercera Conferencia de las Partes (COP3), y en éste se acuerda que la mayoría de países industrializados y otros de Europa central (definidos en el anexo B del protocolo), se comprometen a reducir las emisiones de tres principales GEI ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$ ) en un 5% con respecto a los niveles de 1990 y para el primer período de cumplimiento entre 2008 y 2012. Es importante mencionar que el protocolo de Kyoto, ratifica la posibilidad de usar mecanismos como la implementación conjunta (*joint implementation*) para el cumplimiento de las metas de reducción de los GEI. Este mecanismo será discutido más adelante en el documento. La cuarta Conferencia de las Partes (COP4), se ha programado para el mes

de noviembre de 1998 en Buenos Aires (Argentina). Efectivamente es pertinente afirmar que se ha asistido en la última década, a un complejo proceso de relaciones internacionales en lo correspondiente al tratamiento de un problema que encierra dimensiones futuras insospechadas.

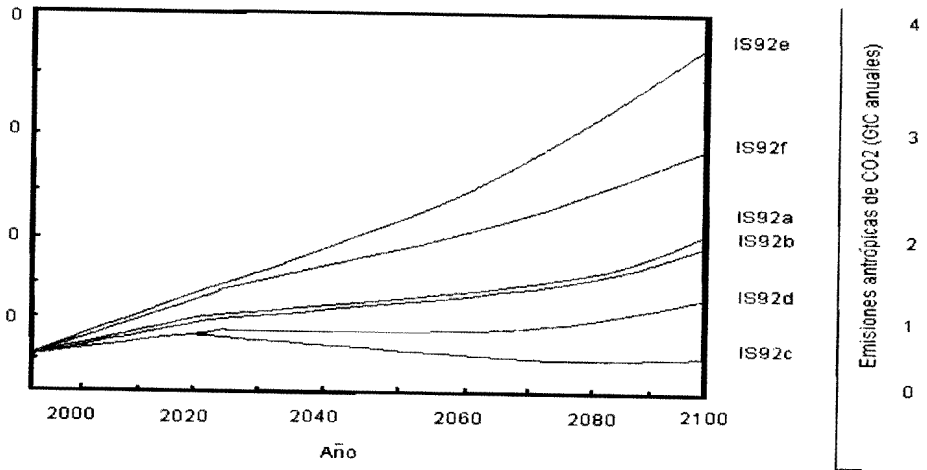
Quizás un importante soporte de esta gestión multilateral, subyace en la dinámica propia del PICC. Este organismo, a través del concurso de académicos de diferentes latitudes del planeta, ha consolidado la mejor información disponible en aspectos relacionados al cambio climático. En esta dirección, se destaca el reporte de evaluación de 1992, en el cual se consideran seis escenarios futuros de condiciones socio-económicas, acordes a supuestos relacionados con crecimiento demográfico, fuentes energéticas y regulación internacional principalmente (véase anexo 1). Las tendencias en las emisiones y concentraciones de  $\text{CO}_2$  para los seis escenarios, se pueden observar en las figuras 1 y 2 respectivamente.

En la figura de concentraciones de  $\text{CO}_2$ , se puede detectar una clara tendencia a su aumento en todos los escenarios socio-económicos definidos por el PICC en 1992. Este tipo de análisis, es lo que permite considerar hacia el futuro a la atmósfera con una relativa saturación de  $\text{CO}_2$ . Y es en esta perspectiva que el PICC, ha producido y editado documentos técnicos de importancia para la discusión en torno al cambio climático. Entre estos se destacan las factibles tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático (Watson, Zinyowera y Moss, 1996); las posibles implicaciones en la temperatura media global y el nivel del mar, de las limitaciones en las emisiones de  $\text{CO}_2$  propuestas (Wigley *et al*, 1997), y una valoración de vulnerabilidad de los impactos regionales del cambio climático (Watson *et al*, 1997). Por consiguiente, la cooperación internacional es consciente de la necesidad de reducir las emisiones de  $\text{CO}_2$  (Ramakrishna, 1997), lo cual requiere la adopción de mecanismos y estrategias de variada naturaleza para materializar dicho propósito.



**Figura 1.**

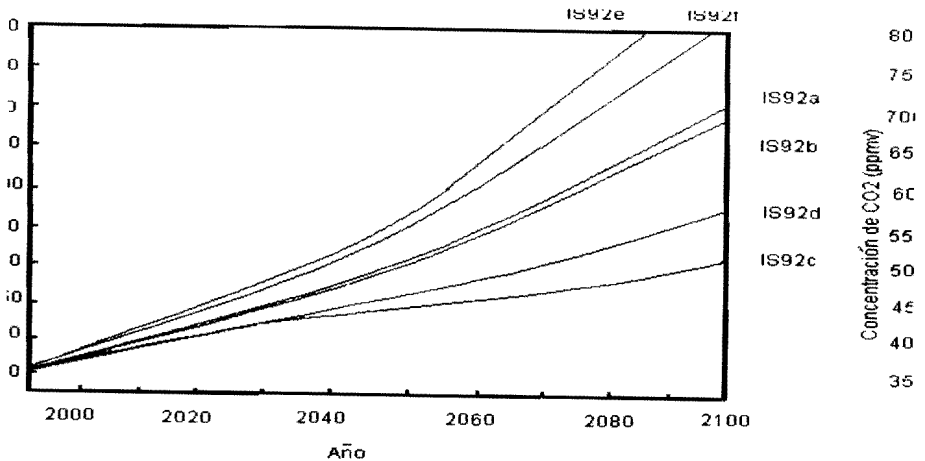
Emissiones de  $\text{CO}_2$  para los seis escenarios definidos por el PICC.



Fuente: U.S. Global Change Research Program, (1998a).

**Figura 2.**

Concentraciones de  $\text{CO}_2$  para los seis escenarios definidos por el PICC.



Fuente: U.S. Global Change Research Program, (1998a).

## 2. Instrumentos económicos y cambio climático

Desde lo económico, algunos intentos se han dirigido a la cuantificación de los costos asociados al cambio climático (Fankhauser, 1992; Tucker, 1995; Tol, 1996). En general puede afirmarse que las estimaciones monetarias obtenidas, aluden a un daño total del orden de 1 a 2% del producto bruto a nivel mundial. Por daño total, se entiende la pérdida de capital, la ocurrencia de inundaciones en zonas costeras, la pérdida de humedales, la pérdida de especies y ecosistemas, el cambio de sistemas hidrológicos, la modificación en las tasas de mortalidad y morbilidad, y la afectación de sectores productivos como el silvícola, pesquero y energético entre otros factores.

Como mecanismo basado en el mercado y dirigido a la reducción de los GEI, se ha propuesto el establecimiento de impuestos a productos con contenido diferencial de carbono como el gas natural, el petróleo y el carbón mismo<sup>8</sup>. Esta medida obedece específicamente a un principio Pi-

gouviano de internalización de externalidades, y en este caso apunta a la discusión en términos de regulación, entre el monto del impuesto y la magnitud de las emisiones a reducir. Otra alternativa que se ha esbozado en materia de impuestos, consiste en un híbrido de carga impositiva tanto para productos con contenidos de carbono como para la producción de energía misma. Como lo señala Parker (1998), la Comunidad Europea ha discutido este tipo de instrumento, en el cual 50% del impuesto se impone a la producción de energía (incluyendo la energía nuclear pero excluyendo las energías renovables), y el otro 50% está determinado por las emisiones de CO<sub>2</sub>.

El otro instrumento económico corresponde a los derechos negociables. Como su nombre lo indica se trata de documentos transados en el mercado de capitales, y el cual otorga al poseedor derecho de emitir una determinada cantidad de contaminante a la atmósfera. Los antecedentes del mecanismo se remontan a la década de los noventa, y la consolidación en los Esta-

dos Unidos del mercado de derechos negociables para dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), el cual combinado con vapor de agua da origen al fenómeno de lluvia ácida. Un programa de derechos negociables para  $\text{CO}_2$ , conceptualmente se refiere a la idea de asignar inicialmente alguna cantidad de permisos, y posteriormente el mercado permitiría que los emisores de  $\text{CO}_2$  los usen o realicen transacciones de compra, venta o intercambio de los mismos. Este instrumento económico regula la cantidad deseada de emisiones de la sustancia contaminante, y deja a la interacción entre la oferta y la demanda la definición del precio temporal de un permiso.

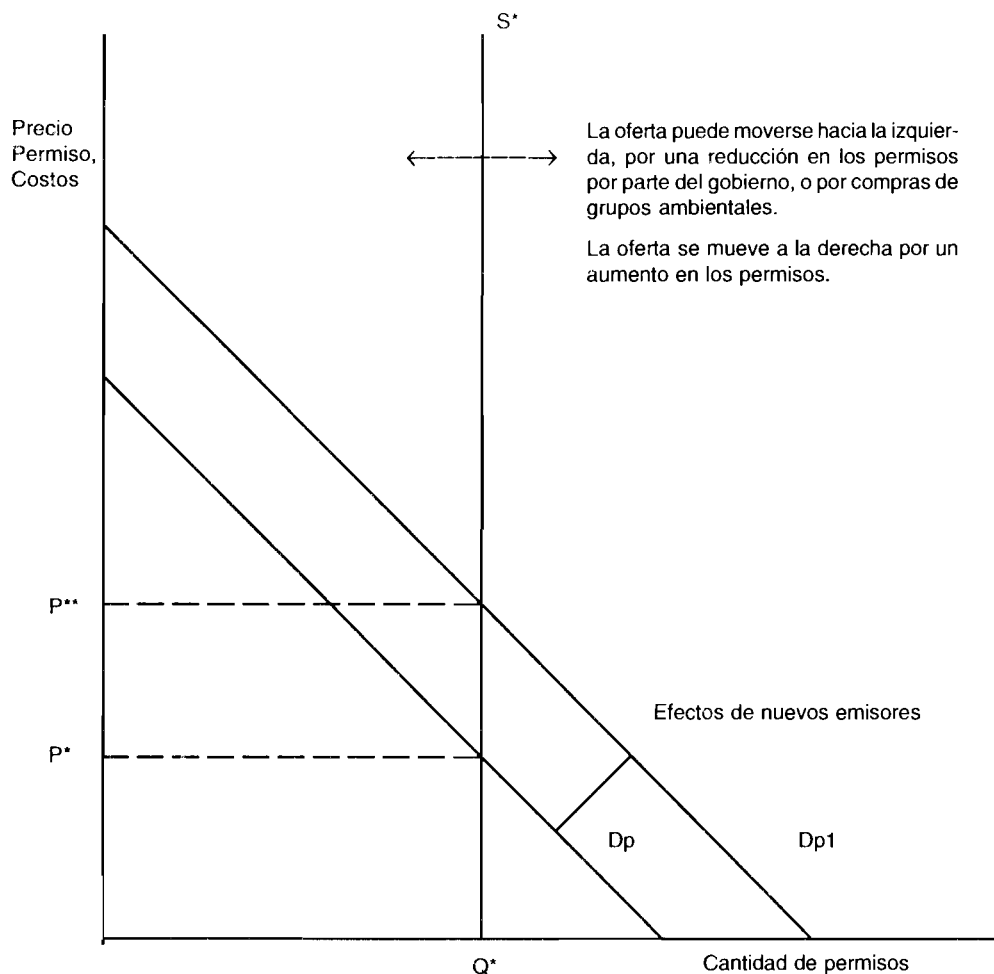
Bajo esta estrategia de control de emisiones, la oferta es inelástica ya que la cantidad de permisos en el mercado es fija en un momento dado. Sin embargo, la oferta puede reducirse si se retiran permisos del mercado o si algunos grupos ambientales adquieren permisos a través

de compra directa, y puede aumentar si una nueva cantidad de permisos es colocada en el mercado. A su vez la demanda podrá aumentar por la aparición de nuevos emisores de  $\text{CO}_2$ , tal y como se visualiza en la figura 3.

Una de las características más notable en los permisos de  $\text{CO}_2$ , subyace en la necesaria configuración de un mercado en el cual deben concurrir países con expectativas e intereses diferenciales. No obstante, ya Costa Rica ha iniciado un interesante proceso de negociación, al colocar en 1998 en la bolsa de valores de Chicago, la primera emisión de Certificados de Mitigación de Gases Efecto Invernadero. En este caso, se trata de un mercado de servicios ambientales, en el cual el país centroamericano ofrece el potencial de fijación de carbono por parte de los bosques tropicales localizados en su territorio. Inicialmente, esta función ecosistémica ha sido valorada entre US \$10 y US \$20 por tonelada fijada de carbono por hectárea y por año<sup>9</sup>.

**Figura 3.**

Cambios en la oferta y la demanda de derechos negociables.



Fuente: Pearce y Turner, (1990).

### 3. Los bosques tropicales y el cambio climático

Existe una estrecha relación entre la dinámica ecofisiológica de los bosques y el ciclo del carbono (C). Como lo

expresa Brown (1997), “[los bosques]...almacenan grandes cantidades de carbono en la vegetación y el suelo, intercambian carbono con la atmósfera a través de la fotosíntesis y la respiración, son

fuentes de carbono atmosférico cuando se les perturba, se convierten en sumideros de carbono atmosférico durante el abandono y regeneración después de la perturbación y pueden ser ordenados para alterar su papel en el ciclo del carbono”.

Desde hace más de quince años se ha considerado que los bosques tropicales son fuentes netas de C atmosférico, con un aporte máximo estimado de 1600 millones de toneladas al año. Esta cantidad representa solamente el 30% de las emisiones totales promedias de 1980, equivalentes a 5300 millones de toneladas de acuerdo con la tabla 3. Sin embargo el aporte al calentamiento global puede aumentar, si continúan las tendencias actuales de aprovechamiento y cambio en el uso del suelo de tierras con vocación forestal. Igualmente, es posible pensar en potenciales sumideros (*sinks*) de carbono, en áreas caracterizadas por diferentes estados sucesionales después de haber sido sometidas a explotación.

Como se mencionó anteriormente, el protocolo de

Kyoto de diciembre de 1997, ratificó el principio de Implementación Conjunta (IC). Este principio permite a diferentes países, generar estrategias de disminución en las emisiones y posteriormente compartir el crédito de la reducción alcanzada. Bajo este mecanismo se podrían financiar planes de energía renovable, proyectos de eficiencia energética y programas forestales como lo indica Tipper (1998). Pero, como lo comenta el mismo autor, podrían generarse dos grandes dificultades con la puesta en marcha de la IC, relacionadas con la definición de la situación básica o sin proyecto y posibles estímulos a la deforestación.

En la evaluación de proyectos es común identificar una condición inicial y otra final. La situación final o con proyecto, permitiría medir los cambios en la fijación o almacenamiento de carbono a través de técnicas silvícolas tradicionales, o mediante modelos de simulación. No obstante, la definición de la situación básica es complicada concretamente en proyectos orientados a conservar las reservas existentes de carbono.

no<sup>10</sup>. Para una ilustración del efecto neto de un proyecto orientado a la reducción de emisiones, véase la figura 4. De otro lado, es dable pensar que una inexacta definición de la situación básica, conlleve a aumentar las tasas de deforestación. Países con débiles políticas de conservación de bosques, podrían beneficiarse de

proyectos dirigidos hacia la compensación monetaria por la fijación de carbono. Dificultades de esta naturaleza le imprimen a la IC, cierta restricción en su aplicación. Inclusive algunos expertos la consideran como un mecanismo de acción operativa en el corto plazo, dentro de propuestas de control del calentamiento global.

**Tabla 3.**  
Balance global de carbono para 1980.

Carbono	Flujo (10 <sup>15</sup> g de carbono por año)		
	Valor Mínimo	Media	Valor Máximo
Liberado por:			
Quema de combustibles fósiles e industria cementera	4.8	5.3	5.8
Deforestación de bosque tropical	0.4	1.0	1.6
Deforestación de bosque no tropical	-0.1	0.0	0.1
Explicado por:			
Aumento en la atmósfera	-2.9	-2.9	-2.9
Fijación por océanos	-2.5	-2.2	-1.8
"Perdido"	-0.3	+1.2	+2.8

Fuente: Detwiler y Hall, (1988).

\*Un signo menos indica la necesidad por una fuente del tamaño mostrado; un signo más, la necesidad de un sumidero.

Adicionalmente, se debe generar información técnica orientada a la cuantificación del potencial de fijación y almace-

namiento de carbono, por parte de los bosques tropicales. Esencialmente, se refiere a estudios fundamentales para la

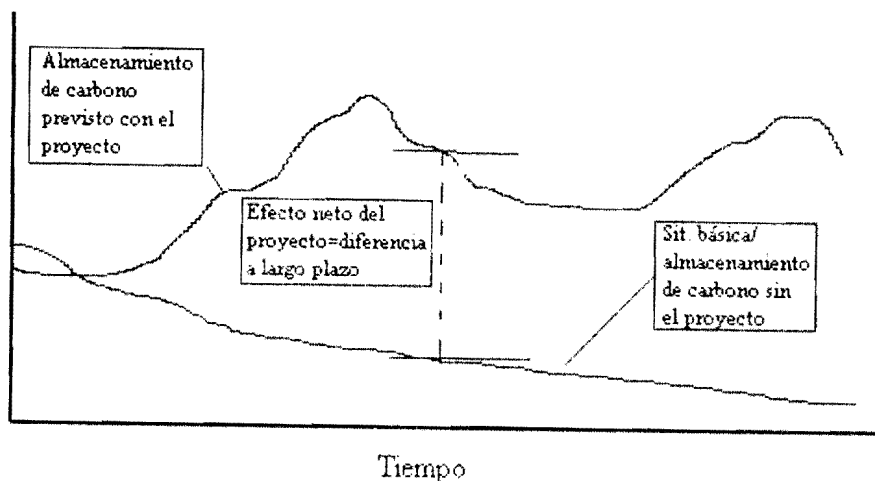
determinación de volúmenes, biomasa y áreas ocupadas por las diferentes categorías de estados sucesionales. Para plantaciones tropicales<sup>11</sup>, y según la información suministrada por Brown, Lugo y Chapman (1986), es factible tener un potencial de fijación de C que oscila entre 2.7 y 9.6 toneladas por

hectárea y por año<sup>12</sup>. Igualmente interesante fue el resultado de Sedjo (1989), quien estimó la necesidad de plantar 465 millones de hectáreas para compensar un incremento anual en las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente a 2300 millones de toneladas, lo cual implica un esfuerzo y una inversión de magnitud considerable.

**Figura 4.**

Efecto neto de un proyecto indicado por la diferencia de emisiones entre la situación básica y la creada por el proyecto.

Carbono almacenado



Fuente: Tipper, (1998).

En lo que respecta al bosque natural, los datos del estudio de Saldarriaga (1994), permiten inferir una tasa de

fijación anual de C del orden de 1.9 toneladas por hectárea, y luego de haber transcurrido 35 años después de la pertur-

bación antrópica. Tasa que va decreciendo a medida que se avanza hacia una condición sucesional posterior. Dada esta naturaleza temporal y compleja, algunos investigadores han optado por el uso de modelos dinámicos de vegetación global, con el propósito de predecir respuestas de los bosques a cambios en la composición atmosférica (U.S. Global Change Research Program, 1998b), o las implicaciones del cambio global para ecosistemas terrestres tanto naturales como manejados (Walker y Steffen, 1997).

#### **4. Venta de servicios ambientales para el departamento del Chocó**

A continuación se presenta un ejercicio de carácter académico, encaminado a la cuantificación preliminar de los ingresos monetarios a obtener por el departamento del Chocó, si se llegara a concretar una estrategia de venta de la capacidad de fijación de C por parte de los bosques localizados en su jurisdicción, a

través de un esquema de derechos negociables ofrecidos en una bolsa de valores<sup>13</sup>. Es pertinente manifestar que dada la inexistencia de estudios básicos, requeridos para el cálculo propuesto a una escala de trabajo a nivel departamental, se ha empleado la mejor información disponible y publicada oficialmente.

El primer paso consistió en la cuantificación del área potencial de fijación de C, actualmente existente en el departamento del Chocó. De la tabla 4, se deduce que es posible contar con un área aproximada de fijación del orden de 2'000.000 de hectáreas<sup>14</sup>, obtenida después de descontarle al área total del departamento lo correspondiente a Parques Nacionales Naturales, Reservas Forestales y Reservas y Resguardos Indígenas. En este sentido, se asume que ni el Ministerio del Medio Ambiente ni las comunidades indígenas, están interesadas por ahora en adelantar este tipo de negociaciones en los contextos geográficos de su competencia.



**Tabla 4.**

Cálculo del área neta de fijación de CX para el departamento del Chocó.

Categoría	Area (has)
Area total del departamento	4'653.000
Area en Parques Naturales (Katíos, Utría y Tatamá)	178.200
Area en Reservas Forestales	63.875
Area en Reservas y Resguardos Indígenas	1'058.883
Area neta para fijación de CX	3'352.042
Area neta para fijación de C <sup>x</sup> corregida <sup>b</sup>	2'000.000

Fuente: Elaboración propia con base en datos del Departamento Administrativo de Planeación, (1996), y del Ministerio del Medio Ambiente, (1996).

- Es el resultado de sustraer al área total del departamento, las áreas correspondientes a Parques Naturales, Reservas Forestales y Reservas y Resguardos Indígenas.
- La corrección arbitraria equivale al 60% del área neta para fijación, y representaría el área en bosque natural secundario en el departamento del Chocó.

Posteriormente, se emplearon los datos de productividad primaria neta, asociados a 35, 60 y 80 años respectivamente, y deducidos del estudio de Saldarriaga (1994). Teniendo presente que aproximadamente un 50% de la biomasa está constituida por carbono, y un valor promedio en bolsa de US \$15 por tonelada fijada de C por hectárea y por año, es posible afirmar que las 2'000.000 de hectáreas posibilitarían obtener una cantidad media equivalente a 51 millones de dólares, si todo el bos-

que secundario tiene una edad de 60 años (véase tabla 5).

Finalmente, es interesante especular sobre la posible destinación de estos recursos económicos. Una alternativa consistiría en compensar directamente a las personas que habitan los ecosistemas forestales tropicales, como forma explícita de promover la conservación. En esta dirección, los 51 millones de dólares equivalen a 71.400 millones de pesos colombianos,

teniendo en cuenta una tasa de cambio de \$ 1.400 por dólar. Si se considera una retribución anual por familia de \$100.000 mensuales<sup>15</sup>, es posible consolidar un efecto redistributivo por la venta de servicios ambientales, con una cobertura de 59.500 familias. Cantidad de familias que no existen en el área rural del Chocó, al constatar que la población total del departamento asciende a 338.160 personas, la mayoría de ellas localizadas en el área urbana.

La decisión final de materializar una política de venta de servicios ambientales, estará inevitablemente mediada por el análisis de las posibilidades y limitaciones conexas a este tipo de acciones. En lo que respecta a las posibilidades, es posible resaltar la gran dinámica mundial que ha concitado el control de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Además, es deseable encontrar soluciones que permitan satisfacer objetivos múltiples en una relación norte-sur, matizada por una polarización entre crecimiento económico y conservación ambiental. En cuanto a las limitaciones, se identifica la

necesidad de definir mecanismos de negociación en dos niveles: región-país y país-comunidad internacional. Por último, y quizás la limitación de mayor relevancia, consiste en la deficiente información de fijación y almacenamiento de C por parte de los ecosistemas forestales colombianos.

## **5. Comentarios finales**

Es evidente la importancia que reviste el cambio climático global en la esfera internacional. Sin embargo, aún persisten asimetrías difíciles de superar en el corto plazo, las cuales están relacionadas esencialmente con las responsabilidades en las emisiones de GEI, y las consiguientes medidas de mitigación adoptar. Algunas de las propuestas de mitigación, como los impuestos y los derechos negociables, se han formulado desde la perspectiva económica. No obstante, todavía persiste un desconocimiento en los costos y beneficios reales asociados a cada instrumento económico, dada la incertidumbre inherente al fenómeno mismo del cambio climático global.

**Tabla 5.**

Valor total anual de venta de servicios ambientales del departamento del Chocó, para diferentes condiciones de bosque secundario.

Escenario	Tiempo <sup>a</sup> (años)	Producción (ton/ ha)	PPN <sup>b</sup> (ton/ha/ año)	Fijación de CX (ton/ ha/año)	Area de fijación (10 <sup>6</sup> has)	CX total fijado (10 <sup>6</sup> ton/ año)	Valor total anual (10 <sup>6</sup> us \$)
1	35	133.07	3.8	1.9	2	3.8	57
2	60	205.41	3.4	1.7	2	3.4	51
3	80	195.65	2.5	1.3	2	2.5	38

Fuente: Cálculos propios

a. Tiempo transcurrido después del aprovechamiento del bosque natural.

b. Productividad primaria neta

Bases del cálculo:

- Datos de tiempo y producción de biomasa total media del estudio de Saldarriaga, (1994).
- 1 ton de biomasa = 0.5 ton de C.
- Valor del certificado de mitigación efecto invernadero en bolsa = us \$ 15 por ton de C y por año.

Por su parte la implementación conjunta aparece como una alternativa de acción perfectamente viable en el corto plazo, dadas las dificultades de establecer una línea base o sin proyecto, para compararla luego con el proyecto de retención de emisiones de carbono y determinar así su efecto neto. Lo cierto es que en cualquier esquema de estrategia adoptado, instrumentos económicos o implementación conjunta, será indispensable tener a la mano información confiable con respecto al potencial de fijación y/o acumu-

lación de C por parte de ecosistemas forestales. El suministro de este tipo de información, acompañada de las correspondientes políticas de manejo y conservación de bosques, constituyen requisitos fundamentales para brindar un clima de seguridad en la inversión para los agentes externos.

Finalmente, es pertinente pensar en la búsqueda de recursos financieros en el contexto tanto nacional como internacional, con el propósito explícito de financiar progra-

mas de conservación de recursos naturales y ecosistemas estratégicos del país. Máxime en el Pacífico colombiano, donde las condiciones naturales y sociales reclaman un estilo de desarrollo acorde a las características regiona-

les. No obstante, será preciso adelantar un proceso de negociación tenuemente insinuado, como parte de un problema ambiental de cambio climático que inevitablemente revistirá actualidad durante un largo tiempo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brown, Sandra.** 1997. Los bosques y el cambio climático: el papel de los terrenos forestales como sumideros de carbono. Memorias del Congreso Forestal Mundial, Turkia: 107-121.
- Brown, Sandra; Lugo, Ariel and Chapman, Jonathan.** 1986. Biomass of tropical tree plantations and its implications for the global carbon budget. *Canadian Journal of Forestry Research*. 16: 390-394.
- Detwiler, R. P. and Charles, Hall.** 1988. Tropical forests and the global carbon cycle. *Science*. 239: 42-47.
- Departamento Administrativo de Planeación.** 1996. Anuario Estadístico de Antioquia 1994. Gobernación de Antioquia, Tomo I: División Político-Administrativa de Colombia. 19 p.
- Fankhauser, Samuel.** 1992. Global warming damage costs: some monetary estimates. Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, Working Paper 92-29. 49 p.
- Mabey, Nick et al.** 1997. Argument in the greenhouse: the international economics of controlling global warming. Routledge, London. 442 p.
- Ministerio del Medio Ambiente.** 1996. Nuestros Bosques. Hamburgo Editorial e Impresora, Santafé de Bogotá, D. C. 32 p.
- Morrisey, Wayne and Justus, John.** 1998. Global climate change. National Institute for the Environment, Washington. 18 p.
- Parker, Larry.** 1998. Global climate change: market-based strategies to reduce greenhouse gases. National Institute for the Environment, Washington. 17p.
- Pearce, David and Turner, Kerry.** 1990. Economics of natural resources and the environment. The Johns Hopkins University Press, Baltimore. 378 p.
- Ramakrishna, Kilaparti.** 1997. The great debate on CO2 emissions. *Nature*. 390: 227-228.
- Saldarriaga, Juan.** 1994. Recuperación de la selva de "tierra firme" en el alto río Negro Amazonía Colombiana-Venezolana. Tropenbos-Colombia, Estudios en la Amazonía Colombiana. Vol. V. 201p.
- Sedjo, Roger.** 1989. Forests to offset the greenhouse effect. *Journal of Forestry*. July:12-15.
- Tipper, Richard.** 1998. Avances en la compensación de las emisiones de carbono. *Actualidad Forestal Tropical (OIMT)*. 6(1): 2-4.
- Tol, Richard.** 1996. The damage costs of climate change towards a dynamic representation. *Ecological Economics*. 19:67-90.

- Tucker, Michael.** 1995. Carbon dioxide emissions and global GDP. *Ecological Economics*. 15: 215-223.
- U.S. Global Change Research Program.** 1998a. Greenhouse gas emissions scenarios: their content, assumptions and implications. Summary. 3p.
- U.S. Global Change Research Program.** 1998b. Forest responses to changes in atmospheric composition and climate. Summary. 5p.
- Walker, Brian and Steffen, Will.** 1997. An overview of the implications of global change for natural and managed terrestrial ecosystems. *Conservation Biology* [on line]. 1(2): 1-20.
- Watson, Robert et al.** 1997. The regional impacts of climate change: an assessment of vulnerability. Intergovernmental Panel on Climate Change, A Special Report of Working Group II. 16 p.
- Watson, Robert; Zinyowera, Marufu and Moss, Richard.** 1996. Technologies, policies and measures for mitigating climate change. Intergovernmental Panel on Climate Change, Report of Working Group II. 86 p.
- Wigley, Tom et al.** 1997. Implications of proposed CO<sub>2</sub> emissions limitations. Intergovernmental Panel on Climate Change, Report of Working Group I. 42 .p

## NOTAS

- 4 El vapor de agua es considerado como gas invernadero natural.
- 5 El subrayado es nuestro, y literalmente corresponde a *heat-trapping gas*.
- 6 *Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- 7 *Framework Convention on Climate Change*.
- 8 Actualmente, países europeos como Finlandia, Holanda, Suecia y Dinamarca han establecido impuestos para reducir las emisiones de GEI
- 9 A través del certificado de mitigación se garantiza el uso forestal del suelo, con la idea de contribuir a la fijación o el almacenamiento de carbono.
- 10 Se podría incentivar a adoptar una situación básica extremadamente *pesimista*, de tal forma que el efecto y el valor del proyecto sean relativamente altos.
- 11 En las cuales se incluyen básicamente: *Eucalyptus sp*, *Tectona grandis*, *Pinus sp*, *Acacia sp* y otras especies de maderas duras y blandas.
- 12 Teniendo en cuenta 11'115.700 de has en plantaciones tropicales para el año de 1980.
- 13 No se incluye el cálculo correspondiente al almacenamiento de C, el cual es importante en bosques relativamente maduros. Se alude al posible pago de una suma fija por una sola vez, y como retribución de los beneficios suministrados por la conservación de este tipo de coberturas vegetales, en términos de los costos evitados al no aumentar las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub>.
- 14 Cabe anotar que la mayoría de esta área pertenece a comunidades negras, y por lo tanto posee una naturaleza jurídica bajo régimen común, acorde a lo contemplado en la Ley 70 de 1993.
- 15 Una retribución por este monto, es compatible con la cantidad realmente monetizable por este tipo de economías campesinas. También es importante señalar que la retribución es indiferente al área en bosque secundario poseída por cada familia, dada la inexistencia y poca viabilidad cultural de estudios de predicción en la región.

# Anexo 1

Resumen de los escenarios socio-económicos considerados por el PICC en 1992.

ESCENARIO	POBLACIÓN	CRECIMIENTO ECONOMICO	FUENTES ENERGETICAS <sup>a</sup>	OTRAS CONSIDERACIONES <sup>b</sup>	CFC <sup>c</sup>
IS92a	Banco Mundial 1991: 11300 millones para el año 2100.	1990-2025: 2.9. 1990-2100: 2.3.	12000 EJ petróleo. 13000 EJ gas natural. Los costos de energía solar bajan a US \$ 0.075/kWh. 191 EJ de biocombustibles disponibles a US \$70/barril Igual a IS92a	Acuerdos internacionales para el control de las emisiones de SO <sub>x</sub> y NO <sub>x</sub> .	Disminución gradual CFCs en países no signatarios, para el año 2075.
IS92b	Banco Mundial 1991: 11300 millones para el año 2100	IS92a		Igual a IS92a, más la estabilización o reducción de las emisiones de CO <sub>2</sub> por parte de países de OCDE. Igual a IS92a.	Cumplimiento global con las metas definidas por el Protocolo de Monterrey Igual a IS92a
IS92c	Nivel medio bajo de las Naciones Unidas: 6400 millones para el año 2100.	1990-2025: 2.0 1990-2100: 1.2	8000 EJ petróleo convencional. 7300 EJ gas natural. Los costos de energía nuclear disminuyen 0.4% anualmente.		
IS92d	Nivel medio Naciones Unidas: 6400 millones para el año 2100.	1990-2025: 2.7 1990-2100: 2.0	Petróleo y gas igual a IS92c. Los costos de energía nuclear bajan a US \$ 0.065/kWh. 272 EJ de biocombustibles disponibles a US \$ 50/barril.	Control por parte de todos los países del mundo, de las emisiones de CO, NO <sub>x</sub> y SO <sub>x</sub> . Reducción total de la deforestación. Captura de las emisiones de minas de carbón, y de la producción de gas.	Disminución gradual de la producción de CFCs para 1997, por parte de países industrializados. Disminución gradual de HCFCs
IS92e	Banco Mundial 1991: 11300 millones para el año 2100.	1990-2025: 3.5 1990-2100: 3.0	18400 EJ petróleo convencional. Gas igual a IS92a. Disminución gradual de energía nuclear para el año de 2075.	Controles de emisión (30% de sobrecosto por la contaminación de combustibles fósiles).	Igual a IS92d.
IS92f	Nivel medio alto de las Naciones Unidas: 17600 millones para el año 2100.	Igual a IS92a.	Petróleo y gas igual a IS92e. Los costos de energía solar bajan a US \$0.083/kWh, suben a US \$0.09/kWh.	Igual a IS92a.	Igual a IS92a.

Fuente: PICC. (1992).

- Todos los escenarios asumen recursos carboníferos de 197000 EJ (EJ=10<sup>18</sup>Joules). Hasta un 15% de este recurso, se asume que está disponible a US \$1.3 por GJ (10<sup>9</sup>Joules) en la mina.
- Las tasas de deforestación tropical (para bosques cerrados y abiertos), comienzan con una tasa promedio de 17 millones de hectáreas por año (FAO, 1991) para el período 1981-1990, la cual se incrementa con la población hasta que es restringida por la disponibilidad de tierras no protegidas jurídicamente. IS92d asume una eventual reducción total de la deforestación, por razones diferentes a las climáticas. La cantidad de carbono correspondiente a la biomasa aérea, varía según el tipo de bosque desde 16 a 117 toneladas de C por hectárea. Para el caso del suelo los datos oscilan desde 68 a 100 toneladas de C por hectárea. Sin embargo, solamente una porción de carbono es liberado a través del tiempo, dependiendo del tipo de cambio en el uso del suelo.

## Anexo 2.

Estimaciones de biomasa total<sup>a</sup> (10<sup>6</sup> toneladas) y fijación de carbono<sup>b</sup>  
(10<sup>6</sup> toneladas por año) para plantaciones tropicales.

CLASES DE EDAD (AÑOS)								Total
	0 - 5	6 - 10	11 - 15	16 - 20	21 - 30	31 - 40	> 40	
Biomasa Mínima	47	155	123	88	161	39	37	650
Biomasa Máxima	151	562	455	304	453	141	150	2216
Fijación de Carbono								
Mínima	9	10	15	3	3	0.6	0.4	31
Máxima	30	37	18	9	9	2	2	107

Fuente: Brown, Lugo and Chapman, (1986).

- Producto de la biomasa del tronco por clase de edad, multiplicada por factores de expansión para obtener biomasa total.
- La biomasa total fue dividida por el punto medio de la clase de edad, y luego se transformó a unidades de carbono asumiendo que 1 g de biomasa = 0.5 g de carbono.