



Ra Ximhai

ISSN: 1665-0441

raximhai@uaim.edu.mx

Universidad Autónoma Indígena de México
México

Rojo-Martínez, Gustavo Enrique; Jasso-Mata, Jesús; Velázquez-Martínez, Alejandro
Instrumentos políticos y económicos relacionados con el cambio climático y la contaminación
ambiental

Ra Ximhai, vol. 2, núm. 1, enero-abril, 2006, pp. 173-185
Universidad Autónoma Indígena de México
El Fuerte, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46120109>

- 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

INSTRUMENTOS POLÍTICOS Y ECONÓMICOS RELACIONADOS CON EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

POLITICAL AND ECONOMIC INSTRUMENTS RELATED TO THE CLIMATIC CHANGE AND THE ENVIRONMENTAL POLLUTION

Gustavo Enrique **Rojo-Martínez**¹, Jesús **Jasso-Mata**², Alejandro **Velázquez-Martínez**²

¹Clarificador Educativo C. Universidad Autónoma Indígena de México. Ingeniería en Sistemas Forestales. grojo@uaim.edu.mx

²Colegio de Postgraduados. Postgrado Forestal. jejama@colpos.mx; avelazquez@colpos.mx.

RESUMEN

Mediante la captación de recursos internacionales a través de instrumentos económicos, como los mecanismos de desarrollo limpio, se pueden establecer plantaciones forestales para captura de carbono. Esto podría traer innumerables beneficios para muchas zonas del país actualmente rezagadas; tanto ambientales (disminución de la presión sobre los bosques naturales, protección de fuentes de agua, mejoramiento de la calidad paisajística, mitigación del cambio climático global, entre otros) como sociales (generación de empleo, reactivación económica del campo, etc.).

Palabras clave: Efecto invernadero, fijación de carbono, Protocolo de Kyoto, plantaciones forestales, regeneración natural.

SUMMARY

The attraction of international funds through economic instruments -such as clean development mechanisms-, allows the creation of forest plantations for carbon sequestration. These in turn could generate countless benefits for many regions around the country that have been left behind. Both environmental benefits (such as pressure decrease over natural forests, water sources protection, landscape improvement, global climatic change alleviation, among others) and social benefits (such as employment creation, economic reactivation of the agro forestry activities, etc.).

Key words: Greenhouse effect, carbon fixation, Kyoto protocol, forestry plantations, natural regeneration.

INTRODUCCIÓN

Numerosos autores, entre ellos Brickell (1968), Brender (1973), Radhakrishna y Goerge (1973), Delcourt y Harris (1980), Brown *et al.* (1986), Sedjo (1990), Tans *et al.* (1990), Goudriaan (1992), Schroeder *et al.* (1993), Hoen y Solberg (1994), Ortiz (1997), Ramírez *et al.* (1997), Prebble (1998), y Bashkin y Binkley (1998) señalan la importancia de los bosques como sumideros de CO₂ como una estrategia para reducir la concentración de este gas de efecto invernadero (GEI) e incrementar la biomasa forestal. Esto permite almacenar el C en los tejidos de las plantas y en otros componentes del bosque como los suelos, la hojarasca y la necromasa. Las actividades de forestación, reforestación y deforestación (FRD) incluidas en el Protocolo de Kyoto, todavía son objeto de discusión y clarificación. No obstante, existe un potencial enorme en proyectos de reforestación, especialmente cuando los mismos se establecen en condiciones de suelos degradados; máxime que más del 70 % del territorio mexicano es de aptitud forestal y que dispone aproximadamente de 20 millones de hectáreas susceptibles de ser reforestadas.

Valores económicos

Desde el punto de vista económico, la contaminación es considerada como un factor externo negativo, pues la actividad de una persona (o empresa) repercute en el bienestar de otra, sin que se pueda cobrar un precio por ello, en uno u otro sentido (Azqueta, 1994). En otras palabras, dicho factor externo se genera siempre que la producción de una empresa o la utilidad de un consumidor se afecta, no sólo por el valor de las variables que el productor o consumidor controla, sino por el valor que toman las variables económicas controladas por otros agentes. Existen algunos métodos para aumentar al máximo o reducir al mínimo los efectos negativos de dicho factor externo, ya sea con respecto al beneficio social y privado (Óptimo de Pareto), o utilizando los impuestos pigouvianos que se consideran iguales a los costos marginales de la contaminación al nivel óptimo de producción, de cuya forma el factor externo en cuestión se convierte en interno, pues el impuesto es un costo privado (Pearce, 1985; Romero, 1994). La calidad de externo existe e implica por tanto un costo siempre que el agente económico que la sufre no sea compensado por el agente que la genera; cuando se produce una compensación, la calidad de externo desaparece, es decir, el factor se convierte en interno (Romero, 1994).

En los últimos tiempos se han generado algunos mecanismos económicos, tanto tecnológicos como de cambio en el comportamiento de los consumidores dirigidos a la reducción y regulación del GEI, hasta un nivel socialmente óptimo. Para Field (1995), existen tres tipos de enfoques o estrategias políticas (descentralizadas, de regulación directa e incentivos) para analizar la discrepancia entre el nivel actual de calidad ambiental y el deseado.

Enfoques descentralizados

Son aquellos que permiten que los individuos involucrados en un caso de contaminación ambiental lo solucionen por sí mismos, ya sea mediante negociaciones informales o a través de una interacción más formal (como los tribunales). Estos enfoques tienen la ventaja de que las personas directamente involucradas son aquellas que pueden saber más acerca de

los daños y los costos de reducción y, en consecuencia, presumiblemente pueden hallar el balance correcto entre éstos. Entre dichas políticas se encuentran las leyes de responsabilidad, los derechos de propiedad y la persuasión moral (Field, 1995).

Estrategias de regulación directa y control

El caso de políticas públicas es cuando las autoridades, con el fin de generar un comportamiento considerado socialmente deseable, decretan leyes de comportamiento y luego utilizan determinados mecanismos para su ejecución, de modo que las personas se sujeten a ellas. En el caso de políticas ambientales las estrategias consisten en depender de diversos tipos de *estándares* para generar un mejoramiento en la calidad ambiental, o sea, niveles decretados de desempeño que se hacen aplicar mediante una ley, que haga ilegal determinada actividad contaminante (Field, 1995; Pearce y Turner, 1995).

El problema de los estándares radica en que su resultado será económicamente eficiente solo en forma accidental, pues es poco probable que se asegure el nivel óptimo del factor externo; además, su establecimiento, también conlleva la necesidad de contar con algún tipo de agencia de control que supervise la actividad del contaminador y que ostente la autoridad para imponer algún tipo de sanción (Pearce y Turner, 1995).

Estrategias basadas en incentivos

Hasta hace poco, las personas han podido contaminar el ambiente y ciertos recursos naturales sin costo alguno, de tal forma que ha habido pocos incentivos para que reflexionen acerca de las consecuencias negativas de sus acciones, además de no economizar en la utilización de los recursos ambientales. Los incentivos financieros están diseñados para que las actividades ambientalmente nocivas sean menos atractivas por resultar más costosas; es convertir literalmente los factores externos en internos. El enfoque de incentivos se basa en dos tipos de políticas para evaluar y valorar la contaminación ambiental (Field, 1995); a) *impuestos y subsidios*, y b) *reembolso de depósitos y permisos negociables de descarga* (PND).

Impuestos

Ni las empresas ni los consumidores pagan el costo completo de la contaminación causada por los productos que hacen o compran y por tanto, al elevar el precio de las actividades nocivas por medio de impuestos, se les obliga a pagar el costo completo. El impuesto requerido podría calcularse dándole un valor al daño externo causado al conocer la relación entre la demanda del bien y su precio, que se fijaría entonces a la tasa para reducir suficientemente la demanda y así alcanzar la meta ambiental establecida.

Las principales ventajas de los impuestos se mencionan a continuación:

- a) Permiten que los contaminadores determinen la manera de disminuir sus emisiones sin tener un alto incremento en los costos de reducción; esto se logra cuando el costo marginal de reducción es igual al pago de impuestos.

- b) Cuando la competencia es fuerte se puede asegurar que mientras más se incremente el impuesto, mayor será la reducción de emisiones.
- c) El impuesto a las emisiones genera proporcionalmente mayores reducciones de éstas en empresas que tienen menores costos marginales de reducción.
- d) Suministran incentivos para alcanzar un cambio tecnológico.
- e) Si todas las fuentes se encuentran sujetas al mismo impuesto, estas ajustarán sus tasas de emisiones de tal modo que se satisfaga una regla equimarginal.

Opuestamente, algunas desventajas serían:

- a) Este sistema se dirige únicamente al problema de las diferencias en los costos marginales de reducción.
- b) Si la competencia del mercado es débil, el sistema no funciona, porque no hay presiones competitivas que conduzcan a las empresas a disminuir sus emisiones.
- c) No es eficiente cuando las diferencias en los daños generados por las emisiones provienen de diferentes fuentes. En este caso se recurriría a un impuesto para cada fuente, al conocer con anterioridad la importancia relativa de las emisiones de cada una de ellas al afectar la calidad ambiental, esto haría más difícil la labor de zonificación de éstas y la asignación del impuesto por zona de emisión.
- d) No predice con exactitud la disminución de emisiones debido a que no se conocen exactamente las relaciones de los costos marginales de reducción.
- e) Esta metodología no se puede implantar para todas las clases de emisión, por su dificultad de medición; como en los fertilizantes, que sería más conveniente elevar su precio en el comercio, así el agricultor utilizaría menor cantidad del producto.

Subsidios

Es un sistema donde la autoridad pública paga a determinado contaminador cierta cantidad por cada unidad (tonelada, metro cúbico, etc.) de emisiones que reduzca, a partir de un nivel de referencia. Hay grandes dificultades al establecer los niveles de base iniciales a partir de los cuales se van a medir las reducciones. El subsidio actúa como una recompensa por reducir emisiones y como un costo de oportunidad.

Reembolso de depósitos

Es esencialmente la combinación de un impuesto y un subsidio. Los fondos para pagar el subsidio al abstenerse de producir artículos en formas ambientalmente perjudiciales se consiguen al aplicarles impuestos en el momento de su compra. Este sistema es útil para productos que se dispersan de manera amplia cuando se compran y se utilizan, y en los cuales la disposición final es difícil o imposible de monitorear por parte de las autoridades, como es el caso de los combustibles fósiles (Field, 1995).

En los países industrializados existen algunas leyes que obligan a las industrias a disminuir las emisiones, controlándolas también a través de dichos impuestos, aunque se puede observar en estadísticas que el costo que pagan los ciudadanos para el control de la contaminación es muy bajo comparado con el de otros compromisos a cumplir. Como en Noruega, que se cobran impuestos por el empleo de productos combustibles fósiles.

Igualmente, Orrego *et al.* (1998), mencionan que se propuso como un mecanismo basado en el mercado y dirigido a la reducción de los GEI, el establecimiento de impuestos a productos con contenido diferencial de C como el gas natural, el petróleo y el carbón mismo. Esta medida obedece específicamente a un principio pigouviano de conversión de los factores externos en internos y en este caso apunta a las discusiones en términos de regulaciones 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 contenido de C como para la producción de energía misma. Como lo señala Orrego (1998), la Comunidad Económica Europea ha discutido este tipo de instrumento, en el cual un 50% del impuesto se impone a la producción de energía y el otro 50% está determinado por las emisiones de CO₂.

Con respecto a lo anterior Field (1995), menciona que la cantidad de emisiones de CO₂ depende de la interacción de cuatro factores. El primero es la **población**. Si las demás condiciones permanecen constantes, mayores poblaciones utilizarán más energía y, en consecuencia, emitirán mayores cantidades de este contaminante. El segundo es el **PIB (producto interno bruto) per cápita**, que corresponde a una medición de la producción doméstica de bienes y servicios *per cápita*. Por lo general, los incrementos se asocian a este factor con el crecimiento económico. Ninguno de estos dos factores se puede considerar como candidato posible para reducir a corto plazo las emisiones de CO₂. No hay probabilidad de que las medidas deliberadas de control de la población sean efectivas, y tampoco que ningún país esté dispuesto a reducir su tasa de desarrollo económico. Sin embargo, a largo plazo la interacción de estos dos factores sería importante, si se lograran menores tasas de crecimiento de la población mediante mejoramientos substanciales en el bienestar económico. Esto significa que tendrán que generarse importantes reducciones de CO₂ a corto plazo a partir de los últimos dos factores. El tercero es la **eficiencia energética**, es decir, la cantidad de energía utilizada por unidad monetaria (cualquiera que sea) de producción. El aspecto clave en este caso consiste en desplazarse hacia tecnologías de producción, distribución y consumo que exijan cantidades de energía relativamente menores. El último factor es el **CO₂ producido por unidad de energía utilizada**. Puesto que diferentes formas energéticas poseen producción por unidad de estos contaminantes notablemente distintos, sus reducciones se pueden lograr al desplazarse a combustibles menos intensivos en su contenido.

Permisos negociables de descarga (PND)

Se trata de una política de enfoque descentralizado, es decir, una vez que se establece el sistema y se especifican las reglas fundamentales, aquel se diseña para que funcione más o menos automáticamente mediante interacciones que se den entre los mismos contaminadores, o que se registren entre éstos y otras partes interesadas (Field, 1995).

Los PND son documentos pactados en el mercado de capitales que otorgan al poseedor el derecho de emitir determinada cantidad de contaminantes a la atmósfera. Conceptualmente, un programa de derechos negociables para CO₂, se refiere a la idea de asignar inicialmente alguna cantidad de permisos y posteriormente el mercado permitirá que los emisores de CO₂ los usen o realicen transacciones de compra-venta o intercambio de los mismos. Este

instrumento 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 (Orrego *et al.*, 1998). Así la oferta es fija pero puede reducirse, si se retiran permisos del mercado o son comprados y puede aumentar, si se colocan más permisos en el mercado. De esta forma, la autoridad reguladora sólo permite un determinado nivel de emisiones contaminantes y concede permisos, consentimientos o certificados de contaminación por esta cantidad. Los depósitos reembolsables premian al cuidado del medio ambiente, con la devolución del depósito y castigan el daño, con su confiscación (Jacobs, 1991; Pearce y Turner, 1995).

Un interesante ejemplo de este mecanismo, lo constituye la primera emisión de Certificados de Mitigación de gases efecto invernadero (GEI), colocada en la bolsa de valores de Chicago en 1998 por Costa Rica, país que ofrece el potencial de fijación de C por parte de los bosques tropicales localizados en su territorio. Esta función tipo ecosistema ha sido valorada inicialmente entre US\$ 10 y US\$ 20 por tonelada fijada de C por hectárea al año (Ortiz, 1997; Ramírez *et al.*, 1997; Orrego *et al.*, 1998). Uno de los grandes inconvenientes presentados por este sistema, se da cuando la cantidad de permisos en circulación es constante, pues las emisiones también lo serán, sin cumplir con el principal objetivo del sistema que es disminuir la cantidad de emisiones; el éxito dependerá de limitar la circulación de la cantidad de derechos, a través de reglas claras y sencillas por parte de entidades públicas y luego, de facilitar que el intercambio proceda. Un programa de PND presenta dificultades cuando hay pocos compradores y vendedores, haciendo que las presiones competitivas sean débiles o no se presenten, en las cuales un pequeño grupo puede estar en capacidad de ejercer el control sobre el mercado, confabulando los precios, cargando precios diferentes a personas distintas o utilizando el control de permisos de descarga para obtener el control económico de su industria. Es aconsejable estimular la competencia, estableciendo zonas de mercado tan amplias como sea posible, ya que se incluirían gran cantidad de compradores y vendedores.

Mecanismos de flexibilidad contemplados en el Protocolo de Kyoto (PK)

El PK impuso compromisos cuantificables de reducción de emisiones de GEI; para los países indicados en el Anexo B (también conocidos como los países del Anexo I de la Convención Marco en Cambio Climático (CMCC)); el PK además, contempla tres mecanismos de flexibilidad, estos son: *implementación conjunta*, *mecanismos de desarrollo limpio* y *comercio de certificados de emisión*.

Aunque en el PK se ratifica la utilización de estos mecanismos, no se especifican muchas definiciones ni cuestiones de orden operativo, político y metodológico, por lo cual existen ciertas interpretaciones y puntos de vista de cada una de las Partes con respecto a estos mecanismos y no existe una única definición. Sin embargo, en diferentes reuniones posteriores al PK, llevadas a cabo por los Órganos Subsidiarios de la CMCC, se han diseñado algunos documentos de trabajo, siendo uno de los más importantes, el elaborado en Bonn, Alemania en junio, 2000 y llamado “Mecanismos previstos en los artículos 6, 12, y 17 del PK: texto para proseguir la negociación sobre principios, modalidades, normas y directrices” (CMCC, 2000).

Implementación conjunta (IC) y actividades implementadas conjuntamente (AIC)

El principio de IC fue introducido durante la agenda cumplida en la cumbre de Río en 1992 y ratificado posteriormente en el PK en su Artículo 6. Ambos términos, IC y AIC, suelen usarse indiscriminadamente en la literatura para referirse a proyectos desarrollados cooperativamente entre dos países o entidades, sin embargo, se trata de dos términos diferentes, tal como se define a continuación.

La COP1, estableció en 1995 un programa piloto llamado **AIC**, bajo el cual, los proyectos de reducción y captura de GEI pueden ser llevados a cabo a través de asociaciones entre un inversionista de un país desarrollado y un hospedero de un país en desarrollo o con economía en transición. El propósito de este programa es acrecentar no solo el conocimiento sobre la protección contra el cambio climático, sino también incrementar la transferencia de tecnología de países desarrollados a otros en desarrollo y acopiar experiencia sobre las oportunidades y obstáculos para la implementación de políticas y medidas para evitar el cambio climático. Las experiencias AIC ayudarán a elaborar el diseño de proyectos basados en los mecanismos esbozados en los artículos 6 y 12 del PK, y que son conocidos respectivamente como implementación conjunta y mecanismos de desarrollo limpio. Esta fase piloto empezó en 1995 y debió finalizar en 1999, sin embargo, en la COP4 fue prolongada hasta un período indefinido después del año 2000; en el momento existen 143 proyectos bajo esta modalidad (Schwarze, 2000). Vale la pena agregar, que durante esta fase no se han adjudicado créditos de emisión (Surrey, 1998).

Por su parte, la **IC**, vista desde el marco del PK, permite a diferentes países Anexo B, generar estrategias de disminución en las emisiones y posteriormente compartir el crédito de la reducción alcanzada (Orrego *et al.*, 1998); estos proyectos sólo pueden desarrollarse entre países del Anexo B o entre estos y aquellos con economías en transición (ex-Unión Soviética), por lo que países en desarrollo no participarían en este tipo de mecanismos (MINAMBIENTE, 2000). Es así como la IC permite a los países del Anexo B trabajar juntos para cumplir sus compromisos de emisión. Las partes pueden transferir o adquirir certificados de reducción de emisiones (CRE) resultantes de proyectos y actividades implementadas en otros países del Anexo B (IISD, 1999).

Como en la mayoría de los mecanismos de flexibilidad, en la IC hay todavía muchas cuestiones por resolver. Una de las más polémicas, es que el PK expresa que los proyectos de IC pueden ser *suplementarios* a las actividades domésticas, es decir, aquellas llevadas a cabo por un país dentro de su territorio para reducir sus emisiones. No obstante, la *suplementariedad* no es definida en el PK y las Partes difieren sobre su uso correcto. La mayoría de países Anexo B apoyan la IC y la interpretación un tanto *liberal* de la *suplementariedad*. Sin embargo, algunas partes (principalmente el G-77/China) no están a favor de la IC y la ven como un medio para que las naciones desarrolladas eviten suspender sus emisiones domésticas. Las ONG's ambientalistas parecen estar divididas en su apoyo a la IC; unas la ven como una herramienta para afianzar la consolidación de países con economías en transición, mientras que otras se oponen a ella porque la perciben como una estrategia por medio de la cual los países industrializados pueden evitar tomar acciones domésticas para reducir sus emisiones. No obstante, la mayoría de las Partes creen que la inclusión de los mecanismos de flexibilidad en el PK fue un estrategia de negociación

necesaria para garantizar que los países desarrollados adoptaran compromisos agresivos (IISD, 1999).

Mecanismos de desarrollo limpio (MDL)

Son un mecanismo de flexibilidad, contemplado en el Artículo 12 del PK, que permite a gobiernos o entidades privadas en países industrializados, lograr sus compromisos cuantificados de reducción por medio de la implementación de proyectos de reducción de emisiones de GEI en países en desarrollo (no Anexo B o sin compromisos de reducción); de esta forma, las naciones desarrolladas reciben créditos por estos proyectos en forma de CRE. Es así como, el MDL permite que un país Anexo B desarrolle un proyecto en otro que no pertenece a tal anexo promoviendo en éste un *desarrollo sostenible* al ofrecer la oportunidad de invertir en nuevas tecnologías limpias en sectores industriales, energéticos y de transporte nacional que generen GEI, y contribuyendo al mismo tiempo con el objetivo de la CMCC. Por estas razones, los proyectos MDL difieren de los de IC, en que el propósito de estos últimos es simplemente ayudar a los países Anexo B a cumplir con sus compromisos de emisión y en que en éstos no se incluyen proyectos con naciones en desarrollo (IISD, 1999; MINAMBIENTE, 2000).

Hay varias discrepancias en la construcción del artículo sobre MDL comparado con los otros mecanismos de flexibilidad. No hay requerimientos para que las actividades MDL sean *suplementarias* a las acciones domésticas, por lo tanto, un país Anexo B podrá ir adelantando medidas domésticas y usar los créditos obtenidos para cumplir sus obligaciones. Dado que este término no es mencionado en el artículo sobre MDL es incierto si los países Anexo B podrán ser forzados a lograr un alto porcentaje de reducción de emisiones domésticamente (IISD, 1999). El artículo 12 del PK no incluye una provisión sobre los sumideros de C; a pesar de eso, la mayoría de observadores concuerdan en que el uso de sumideros de C puede eventualmente ser incluido bajo los MDL. El artículo sobre MDL difiere con respecto al de IC, porque en el primero las Partes pueden ir aumentando sus créditos de CRE en el 2000, mientras que en el segundo los proyectos de IC que no pueden ir acumulando créditos hasta el principio del primer período de cumplimiento en el 2008 (IISD, 1999).

Estados Unidos ve el MDL como un mecanismo económicamente eficiente para lograr sus compromisos y argumentan que no habrá limitaciones para que los proyectos MDL sean usados para lograr los compromisos de emisión. Por el contrario, la Unión Europea apoya menos el MDL y cree que su uso podría estar limitado, especialmente en lo que respecta a las mediciones de las actividades que involucran cambios en el uso de la tierra (ver numeral 1.3.4). Los países en desarrollo y las ONG's ambientalistas tienen las mismas reservas con el MDL que las expuestas para la IC, específicamente, en lo que se refiere al uso del MDL para evitar las reducciones domésticas por parte de los países Anexo B. Sin embargo, la mayoría de naciones en desarrollo reconocen que el MDL podría crear un gran flujo de capital hacia sus países (IISD, 2000).

Debido a esto, el MDL representa una oportunidad de atraer inversión extranjera significativa para la realización de proyectos en un país como Colombia, caracterizado por su vocación forestal y con un enorme potencial para reducir emisiones en sectores como

generación de energía, transporte y agroindustria; adicionalmente, estos proyectos tienen beneficios asociados o colaterales como la conservación de la biodiversidad, protección de cuencas hidrográficas, generación de empleo, transferencia de tecnologías, etc.; que contribuirían al desarrollo sostenible del país (MINAMBIENTE, 2000).

Comercio de derechos de emisión

Permite, a través del Artículo 17 del PK, que un país Anexo B con un exceso de CRE sin utilizar, presumiblemente por haber alcanzado emisiones por debajo de sus compromisos, venda sus créditos a otro país Anexo B incapaz de cumplir los propios (IISD, 1999). Esto es, en el intercambio de emisiones asignadas entre países (sólo del Anexo B) que se han comprometido con reducciones (MINAMBIENTE, 2000). El comercio de derechos es, de todos los mecanismos de flexibilidad establecidos en el PK, el más sometido a juicio.

La inquietud sobre si el comercio de emisiones permitirá que algunos países desarrollados eviten acciones domésticas ha generado una discusión sobre *poner restricciones* a la cantidad de países permitidos para este tipo de comercio. El debate se centra en una frase del Artículo 17 que plantea que el comercio puede ser *suplementario* a las acciones domésticas para la reducción de emisiones. Un régimen de comercio de emisiones exitoso requiere un sistema de verificación, de tal forma que los países puedan comprometerse en el comercio sin temor a que adquieran créditos sin ningún valor; sin embargo, un sistema de estos presenta dificultades inherentes a la verificación de las emisiones de GEI, pues aún los mejores métodos científicos no eliminan la incertidumbre en las mediciones (IISD, 1999). Con el fin de que los países en desarrollo pudieran participar en un régimen de comercio de emisiones, éstos probablemente deberían asumir compromisos de reducción voluntarios en sus emisiones; sin embargo, ninguna decisión fue tomada en el PK sobre este tipo de compromisos de dichos países.

Críticos del sistema de comercio de emisiones argumentan que si estos países toman compromisos voluntarios, podría haber un incentivo tanto para aquellos en desarrollo como industrializados para establecer objetivos de reducción muy altos e irreales. Algunas Partes apoyan un sistema estandarizado para el establecimiento de compromisos de reducción, entre ellas ciertas ONG's y países en desarrollo afirman que los objetivos podrían estar basados en un conjunto de niveles de emisiones *per capita*, argumentando que este es el principal sistema equitativo y tolerable, ya que todos los ciudadanos del mundo podrán tener el mismo derecho a emitir. Otras críticas del sistema *per capita* han sido políticamente irreales (IISD, 1999).

Estados Unidos continuará siendo el campeón en comercio de emisiones. Ellos apoyan un conjunto simple de reglas sobre el comercio de emisiones para minimizar la confusión y oponer regulaciones que puedan limitar la cantidad que puede ser comerciada. La Unión Europea también apoya en principio el comercio, pero desean asegurar que haya un adecuado régimen de cumplimiento antes que el comercio sea permitido; igual posición tienen varios países G-77 aunque son más escépticos al comercio y están preocupados porque este mecanismo puede ser usado por los países desarrollados para evitar sus acciones domésticas. Ellos afirman que países como Rusia y Ucrania, los cuales han experimentado una economía decreciente desde 1990, podrán tener un inmenso excedente de créditos para

comerciar, inundando el mercado y creando medios baratos para que países como Estados Unidos eviten sus acciones domésticas, este país a su vez, que es uno de los más dependientes de un desarrollo exitoso del régimen de comercio, se opone a que sean impuestas restricciones al comercio con ciertos países (IISD, 1999).

Valoración económica de la fijación de CO₂

Según Boscolo *et al.* (1997), en la literatura se presentan varios métodos de estimación del **costo de secuestrar C** por medio de actividades forestales que incluyen; (1) simples estimaciones del costo promedio, (2) acercamientos del menor costo, donde el costo marginal de secuestrar C es obtenido adoptando un arriendo de la tierra con tasa creciente o el costo de la compra, o por el costo de retirar la tierra de la producción agrícola, (3) técnicas de programación matemática y (4) estudios econométricos. La aproximación (2) parece ser la utilizada por estos autores, pues el costo de secuestrar C es evaluado por esquemas de alternativas de manejo forestal los cuales están variando en orden de costo - efectividad.

Para contabilizar los **flujos de C** en diferentes puntos en el tiempo, tres aproximaciones son reportadas en la literatura. Richards y Stokes (1995) las clasifican como sumatoria de flujo, almacenamiento medio de C y descuento.

- La *sumatoria de flujo* mide el total de toneladas de C fijado, sin tener en cuenta el momento en el que ocurre la fijación; los resultados son solo comparables para escenarios de igual período de tiempo, siendo indiferentes al programa o estrategia de fijación.
- El *almacenamiento medio* de C es la cantidad promedio de C fijada por año sobre el período analizado. Refleja el tiempo necesario para almacenarlo, pero al igual que la sumatoria de flujo, no asume diferencias entre el C fijado a un futuro cercano o lejano.
- El *descuento* pondera la cantidad de C fijado en cada período como si fuera dinero. De igual forma que los costos e ingresos de la producción de madera, el flujo de C en diferentes puntos en el tiempo se descuenta a una tasa real de descuento (TRD) por año. De hecho, si un mercado para el almacenamiento de C existiera, el valor de 1 t C fijado se calcularía y descontaría exactamente como los ingresos por madera (Hoen y Solberg, 1994; Boscolo *et al.*, 1997).

Boscolo *et al.* (1997) sostienen que si el análisis del flujo de C se hiciera ignorando el almacenamiento de C en usos finales duraderos como madera inmunizada, muebles, construcciones, etc., los resultados arrojarían una acumulación neta de C negativa, es decir, una pérdida. Debido a la gran incertidumbre relacionada con la existencia y magnitud del efecto invernadero, Hoen y Solberg (1994) creen que el cálculo y clasificación de proyectos según su **costo de oportunidad** monetario es un acercamiento fructífero al analizar la fijación de C. La renta del valor descontado, medida en toneladas de CO₂, de un flujo de fijaciones netas de CO₂ es llamada VPNCO₂ y el valor presente neto (VPN) de la producción de madera. El costo de oportunidad puede ser definido como la reducción en

VPN que se tiene que dar para aumentar la producción, o el valor de $VPNCO_2$ marginalmente (o por una unidad), es decir $d(VPN)/d(VPNCO_2)$. Asumiendo que J_{opt} es el programa de manejo que maximiza VPN para un rodal forestal, éste podrá producir más $VPNCO_2$ si es manejado con un programa alternativo JCO_2 . El costo marginal de incrementar la producción de $VPNCO_2$ puede así ser definido como la disminución en VPN dividida por el incremento en $VPNCO_2$, el cual puede obtenerse cuando una fracción del rodal es manejada con el programa J_{opt} en lugar de JCO_2 (Hoen y Solberg, 1994). Comparando las cantidades de C almacenado para diferentes estrategias de manejo, con los correspondientes costos en términos de VPN, es posible hallar cuáles alternativas logran almacenar C al menor costo.

Boscolo *et al.* (1997), identificaron cuáles combinaciones de producción de madera y almacenamiento de C son técnicamente posibles. Aunque el valor de la madera puede ser fácilmente evaluado, el conocimiento de la **frontera de posibilidades** de producción entre madera y C permite la estimación del costo de secuestrar C en términos monetarios. Dicha frontera identifica la función de producción $F(q, x)$ donde q representa la lista de niveles de producción para las dos salidas o servicios del bosque en cuestión (producción de madera y fijación de C) y x la cantidad de entradas usadas en la producción; en la teoría de producción estándar se asume que F posee derivadas parciales de primer y segundo ordenes diferentes de cero (no tiene puntos de inflexión), además F es una función creciente de q y decreciente de x , siendo $F(q, x)$ 0 estrictamente *quasi convexa* para un dominio relevante, es decir, une los puntos extremos de la nube de datos de x vs q (Hoen y Solberg, 1994; Boscolo *et al.*, 1997).

CONCLUSIONES

Los proyectos de establecimiento de plantaciones con énfasis en la captura de C, deben ser más atractivos a medida que se logre una mayor adicionalidad en cuanto a la reducción de emisiones debidas a la extracción de madera, así como en su transformación, con un mínimo de desperdicios. Sería importante emprender estudios que permitan valorar otro tipo de factores externos, tanto de bosques naturales como de plantaciones, los que deben ser vistos, no sólo como biomasa aérea, biodiversidad o madera, sino como un conjunto integral de bienes y servicios que pueden ser valorados (ambiental y económicamente) en aras de su conservación y del mejoramiento de otras variables como el suelo, agua, fauna, paisaje, así como la generación de empleo, entre otros.

LITERATURA CITADA

- Azqueta, O.D. 1994. **Valoración económica de la calidad ambiental**. Madrid: McGraw Hill. pp. 299.
- Bashkin, M.A. ; Binkley, D. 1998. **Changes in soil carbon following afforestation in Hawaii**. *Ecology*, 79 (3):828-833.
- Boscolo, M.; buongiorno, J. y Panayotou, T. 1997. **Simulating options for carbon sequestration through improved management of a lowland tropical**. pp.72.

- Brender E., V. 1973. **Silviculture of loblolly pine in the Piedmont, Georgia**. Georgia Southeastern Forest Experiment Station. Rep. No. 33. pp.72.
- Brickell J., E. 1968. **A method for constructing site index curves from measurements of trees age and height. Its application to England douglas-fir**. US Forest Service. Research paper INT-47 U.S.A. pp.25.
- Brown, S.; Lugo, A.; Chapman, J. 1986. **Biomass of tropical tree plantations and its implications for the global carbon budget**. Canadian Jour. of For. Research, 16:390-394.
- CMCC. 2000. **Mecanismos previstos en los artículos 6, 12 y 17 del Protocolo de Kyoto: (FCCC/SB/2000/3)**. (En línea). Disponible en www.unfccc.org.
- Delcourt, H. ; Harris, W. 1980. **Carbon budget of the S.E. U.S. biota: analysis of historical change in trend from source to sink**. Science, 210 (4467):321-323.
- Field, B.C. 1995. **Economía ambiental: una introducción**. McGraw Hill. Department of Resources Economics. University of Massachusetts at Amherst. pp. 587.
- Goudriaan, J. 1992. **A dónde va el gas carbónico?** Mundo Científico, 126(12): 687-692.
- Hoen, H. ; SOLBERG, B. 1994. **Potencial and economic efficiency of carbon sequestration in forest biomass through silvicultural management**. Forest Science, 40(3):429-451.
- IISD. 1999. **Flexibility mechanisms**. (En línea) Disponible en www.iisd.ca/linkages/climate/ba/mechanisms.html.
- Jacobs, M. 1991. **Economía verde**. Santa Fe de Bogotá: Ediciones Uniandes. pp. 495.
- Minambiente. 2000. **Cambio climático-Protocolo de Kyoto**. (En línea). Disponible en www.minambiente.gov.co/oae/clima.htm.
- Orrego, S.A.; jaramillo, L.F.; Loaiza, L.M. 1998. **Venta de servicios ambientales: posibilidades y limitaciones para el departamento del Chocó**. Medellín. Pp. 26.
- Ortiz, R. 1997. **Costa Rican secondary forest: an economic option for joint implementation initiatives to reduce atmospheric CO₂**. Costa Rica. pp.19.
- Pearce, D. 1985. **Economía ambiental**. México: Fondo de cultura económica. Pp.187.
- Pearce, D.W.; Turner, R.K. 1995. **Economía de los recursos naturales y del medio ambiente**. Madrid: Editorial Celeste. Colegio de Economistas de Madrid. pp. 272.
- Prebble, C. 1998. **Cambios climáticos: el factor bosque**. Actualidad Forestal Tropical. 6(1):2-5.

- Radhakrishna P. P.N. ; George M.K. 1973. **Recent experiments on the control of abnormal leaf fall disease of rubber in India**. Quat. Journ. R.R.I. Ceylon, 50:223-227.
- Ramírez, O.; Gómez, M.; Shultz, S. 1997. **Valuing the contribution of plantation forestry to the national accounts of Costa Rica from the ecological economics perspective**. Beijer Research Seminar. Costa Rica.pp. 28.
- Richards, K.R. ; Stokes, C. 1995. **National, regional and global carbon sequestration cost studies: a review and critique**. USA: Pacific Northwest Laboratories. Pp.103.
- Romero, C. 1994. **Economía de los recursos ambientales y naturales**. Madrid: A. Editorial. pp.189.
- Schroeder, P.E.; Dixon, R.K.; Winjum, J.K. 1993. **Assessing Brazil's carbon budget: I. Biotic carbon pools**. Forest ecology and management, 75:77-86.
- Schwarze, R. 2000. **Activities implemented jointly: another look at the facts**. Ecological Economics, 32:255-267.
- Sedjo, R. 1990. **The global carbon cycle: are forest the missing sink?**. Jour. of For. 88(10):33-34.
- Surrey D. B. 1998. **Impacts of Rising Atmospheric Carbon Dioxide on Model Terrestrial Ecosystems** Science, 280 (5362):441-443.
- Tans, P., Fung, Y.; Takahashi, T. 1990. **Observational constraints on the global atmospheric CO₂ budget**. Science, 247:1431-1447.

Gustavo Enrique Rojo Martínez. Doctorado en Ciencias Forestales por el Colegio de Postgraduados. Maestro en Ciencias en Ciencias Forestales por la Universidad Autónoma Chapingo. Ingeniero Agrícola especialista en Agroecosistemas por la Universidad Nacional Autónoma de México. **Miembro del Sistema Nacional de Investigadores-CONACYT-México.**

Jesús Jasso Mata. Doctorado en Ciencias Forestales por la Universidad de Yale. Maestro en Ciencias Forestales por la Universidad de Yale. Ingeniero Agrónomo especialista en Bosques por la Universidad Autónoma Chapingo. **Miembro del Sistema Nacional de Investigadores-CONACYT-México.**

Alejandro Velásquez Martínez. Doctorado en Ciencias Forestales por la Universidad Estatal de Oregon. Maestro en Ciencias Forestales por el Colegio de Postgraduados. Ingeniero Agrónomo Especialista en Bosques por la Universidad Autónoma Chapingo. **Miembro del Sistema Nacional de Investigadores-CONACYT-México.**