

# Biocombustibles con balance negativo del ciclo del carbono<sup>1</sup>

## Resumen

Los actuales enfoques en torno al problema de los gases efecto invernadero, basados en los planteamientos de Kyoto, implican la búsqueda de fórmulas para reducir las emisiones. En el mejor de los casos plantean medidas de carácter paliativo y, en el peor, que el problema no se nos vaya de las manos. Sólo a través de la fijación del carbono atmosférico se puede resolver el problema. El análisis del balance carbono-negativo de los biocombustibles supone abordar frontalmente el problema al ser viable técnicamente y de realización factible. La clave del balance carbono-negativo no radica en considerarlo como algo técnicamente determinado, sino como una elección estratégica en virtud de la cual los agricultores y productores de combustible pueden decidir cuánto carbono devuelven al suelo. Nos estamos acercando al momento en el que los biocombustibles, por definición, tengan un balance negativo de carbono, y, como tal, quedará superado el debate sobre su contribución a la solución del calentamiento global.

John A. Mathews

Macquarie Graduate  
School of  
Management,  
Macquarie University,  
Sydney.

## 1. Introducción

El mundo se encuentra en el umbral de una época de transición desde la economía del petróleo, sostenida en el pasado por el carbón, hacia la bioeconomía, sostenida por la biomasa originada por la fotosíntesis. La economía del petróleo es abrumadoramente carbono-positiva -incrementando al carbono ya acumulado una tasa de 8 gigatoneladas por año. La bioeconomía está ampliamente considerada como neutral en términos de carbono; es decir, el carbono emitido a través de la combustión, sustituye al absorbido durante el periodo de crecimiento de la cosecha. En la actualidad estamos asistiendo a un enconado debate en torno al grado real de neutralidad del balance de carbono alcanzado por los biocombustibles, algunos de ellos producidos en climas templados, como América del Norte y Europa, y sobre los que se argumenta que presentan un balance positivo en términos de carbono debido a la pesada carga de insumos de combustibles fósiles relacionados con las actividades agrícolas y la utilización de productos tales como los fertilizantes<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> © 2007 Elsevier Ltd. All rights reserved. Publicado en *Energy Policy* 36 (2008), 940-945. Traducido del inglés por Francisco Joaquín Cortés García.

<sup>2</sup> Para los comentarios y reseñas más recientes, véase, por ejemplo, Ulgiati (2001) y Puppan (2002); y para una más completa evaluación de los balances energéticos, Hill *et al.* (2006). Para una reciente y prudente visión «oficial» acerca de los biocarburantes para el transporte, conjuntamente con la IEA, véase OECD (2007).

Sin embargo, hay una modo de acabar con esta controversia y resolver la cuestión a favor de los biocombustibles para siembra que es hacerlos carbono-negativos. Los biocombustibles carbono-negativos son los carburantes que eliminan más carbono de la atmósfera que el que se produce con su combustión. ¿Cómo se consigue esto?

Cualquier biocombustible que absorbe carbono de la atmósfera durante el crecimiento de la biomasa (por fotosíntesis) puede generar un balance carbono-negativo porque deja una parte de ésta en el suelo de una forma más o menos permanente<sup>3</sup>. El modo más sencillo de conseguirlo es a través de la producción de biochar -dejando de lado una porción de biomasa y, en lugar de convertirla en combustible, transformarla en biochar (carbón negro o carbón vegetal) a través de la pirólisis. Es una opción estratégica determinar qué cantidad de biomasa se debe convertir en biocombustibles y qué cantidad en biochar -una elección que puede ser adoptada por los agricultores y por los productores de combustible.

Existen otras muchas opciones para la fijación de carbono -como lo demuestran los trabajos actualmente en curso sobre la tecnología *clean coal* (*carbón limpio*). Aquí los enfoques relacionados con la *captura y almacenamiento de carbono* (*carbon capture and storage* -CCS) se pueden aplicar no a los combustibles fósiles sino a los biocombustibles -con lo que de nuevo volvemos al balance carbono-negativo. Las diversas opciones de *geocaptura* que están siendo investigadas incluyen la eliminación de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) utilizando pozos mineros, pozos petrolíferos, y diversos tipos de formaciones geológicas. La ironía es que la tecnología del carbono no puede ser limpia, en el sentido del balance carbono-negativo. De hecho, ni siquiera puede lograr la neutralidad, puesto que se trata de un óptimo teórico que nunca podría lograrse en la práctica, dado que los combustibles fósiles entrarían a formar parte como insumos en la cadena de valor.

Estos enfoques relativos a la fijación de carbono -sea por biocaptura o por geocaptura-, aplicados a los biocombustibles, tienen el potencial de atraer más carbono de la atmósfera que el emitido por su uso como combustible. Éstos son técnicamente viables, y, en algunos casos, lo son también desde el punto de vista económico.

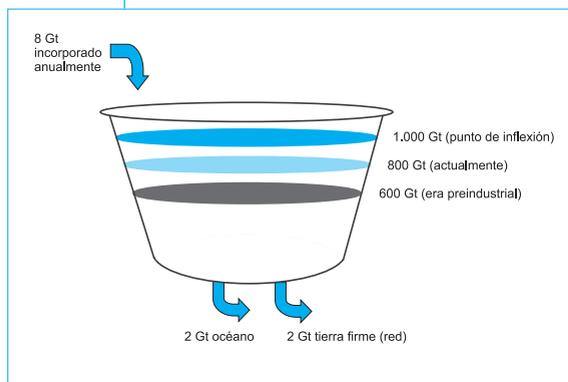
<sup>3</sup> A este respecto, véase el informe especial del IPCC sobre captura y almacenamiento de dióxido de carbono, disponible en [http://arch.rivm.nl/env/int/ipcc/pages\\_media/SRCCS-final/IPCCSpecialReportonCarbondioxideCaptureandStorage.htm](http://arch.rivm.nl/env/int/ipcc/pages_media/SRCCS-final/IPCCSpecialReportonCarbondioxideCaptureandStorage.htm); y el informe preparado bajo los auspicios de la IN-FCCC por Chris Hendriks, disponible en [http://unfccc.int/files/cooperation\\_and\\_support/financial\\_mechanism/application/pdf/hendriks.pdf](http://unfccc.int/files/cooperation_and_support/financial_mechanism/application/pdf/hendriks.pdf).

En la presente contribución vinculamos los biocombustibles a la contabilidad global del carbono, haciendo ver que el hecho de que un biocarburante sea carbono-negativo para el clima, es una consideración no tanto técnica como estratégica. Queda en manos de un productor de biocombustibles garantizar que el combustible suministrado al mercado detrae una mayor cantidad de carbono de la atmósfera que la que devuelve a través de su combustión. Esta decisión puede tomarse desde el punto de vista estratégico, dependiendo de la política imperante. Una proporción de 90:10 podría maximizar la producción de combustible, pero no tendría un balance carbono-negativo. Una proporción de 60:40 podría fallar en el sentido de que se subproduciría biocarburante y se sobreproduciría biochar; y una proporción de 75:25 podría ser óptima, en el sentido de producir una gran cantidad de biocarburante garantizando un balance carbono-negativo.

La negatividad del carbono se ha definido en términos técnicos pero técnicamente no está determinada. Es más una elección estratégica por parte de un productor de biocombustibles producir un balance de carbono neutral o negativo. Por lo tanto, el debate acerca de si los biocombustibles son carbono-negativos con relación al clima, o el grado en que se puede decir que tienen un balance de carbono neutral, deja de tener sentido. El grado por el cual un combustible es carbono-negativo es una cuestión relativa a una elección estratégica, así de sencillo.

## 2. Contabilidad global de carbono

La razón por la que hay tanta preocupación por la contaminación de carbono en la atmósfera -a diferencia de la acumulación producida en la tierra o en el mar- radica en que la atmósfera es una capa muy sensible en la que sobreviven todas las formas de vida. A lo largo del tiempo geológico, los niveles de carbono en la atmósfera han fluctuado, pero a escala preindustrial el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (*Intergovernmental Panel on Climate Change -IPCC*) los ha estimado en alrededor de 600 gigatoneladas (Gt), o 285 ppm. Desde entonces el nivel ha ido creciendo desmedidamente por la combustión de combustibles fósiles debido al transporte y a la industria. Pensemos en la atmósfera como una bañera. El nivel corriente de carbono es de 800 Gt, o 380 ppm. Se están añadiendo anualmente 8 Gt debido a la utilización de combustibles fósiles y a los procesos industriales tales como la producción de energía y de cemento, mien-



Fuente: Adaptado a partir de Princeton CMI, disponible en [www.princeton.edu/www.princeton.edu/~cmi/resources/CMI\\_Resources\\_new\\_files/CMI\\_Wedge\\_Game\\_Jan\\_2007.pdf](http://www.princeton.edu/www.princeton.edu/~cmi/resources/CMI_Resources_new_files/CMI_Wedge_Game_Jan_2007.pdf)

Dibujo 1. La atmósfera como una bañera.

tras 2Gt están siendo absorbidas por el océano (produciendo una lenta acidificación) y 2 Gt por la tierra, queriéndose decir que hay un *flujo de carbono* o una adición neta de 4 Gt por año<sup>4</sup>. De acuerdo con un escenario normal, el *flujo* de carbono es probable que crezca a razón de 10 Gt por año en 2025, y tal vez a razón de 15 Gt anuales para 2050. En este momento el nivel de carbono en la atmósfera se aproximaría a las 1.000 Gt, dato que es considerado por los científicos del IPCC como un punto de inflexión, más allá del cual los cambios climáticos que se desencadenarían serían catastróficos e irreversibles. Al Gore y otros han advertido que el mundo tiene que hacer algo, y rápidamente, antes de que se alcance ese punto de inflexión (Dibujo 1).

### 3. ¿Reducción de emisiones o reducción directa?

Conforme al Protocolo de Kyoto, casi toda la atención se ha centrado hasta ahora en reducir las emisiones de carbono a través del empleo de fuentes alternativas de energía y a través de combustibles renovables de bajas emisiones que conducen a una economía de bajos niveles de carbono. Sin embargo, el ahorro o la reducción de niveles de emisión, a través de mejoras en la eficiencia energética, el cambio a fuentes de energía no carbónicas y a biocarburantes con un balance

<sup>4</sup> 1 Gt son mil millones de toneladas. Las emisiones expresadas en unidades de carbono pueden ser convertidas en unidades de CO<sub>2</sub> haciendo el ajuste en términos de pesos moleculares: el del carbono es 12, en tanto que el del CO<sub>2</sub> es 44; por tanto, la ratio entre ambas unidades es 44/12. Así, 1 Gt de carbono es equivalente a 3,67 Gt de CO<sub>2</sub>. En términos volumétricos, 1 ppm de carbono es equivalente a 2,1 Gt de carbono. Para una aproximación a la discusión sobre la contabilidad global del carbono y las opciones para reducir las emisiones, véase Pacala and Socolow (2004).

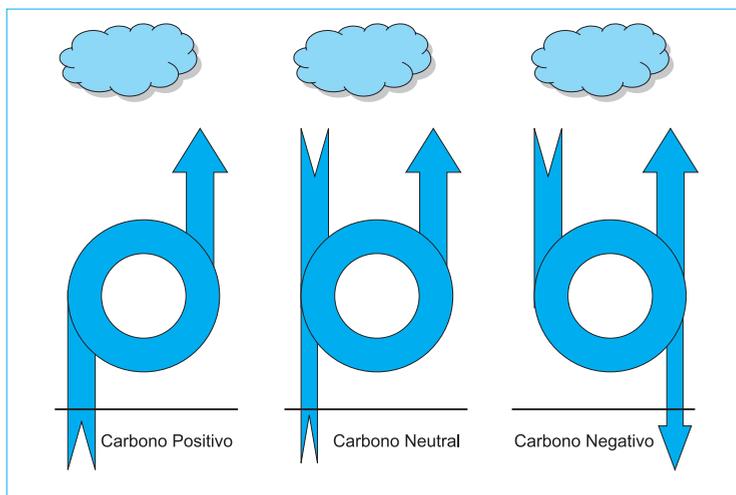
carbónico neutral, sólo pueden aliviar el problema, retardando la catástrofe, pero no abordándolo en su origen. Sólo la fijación de carbono, o la retirada directa de carbono de la atmósfera, puede conseguir esto. La captura de carbono, o CCS, hasta ahora ha enfocado esta temática en recuperar la tierra deforestada (deforestación que libera el carbono acumulado en el suelo y en la materia orgánica como los árboles) y en conservar las selvas vírgenes, en particular las selvas tropicales. La CCS se centra en el bombeo directo de  $\text{CO}_2$  en la tierra o en el océano, considerando a éstos como los últimos *sumideros*. Hasta ahora el UNFCCC y Kyoto sólo reconocen la reversión del proceso de deforestación, así como la reducción de emisiones de carbono de la industria y otros gases de efecto invernadero como derechos de emisión negociables.

Se acerca el momento en el que los procedimientos del UNFCCC y el Protocolo de Kyoto tengan que reconocer una gama mayor de procesos de captura de carbono, algunos de los cuales son capaces de almacenar el carbono de forma inaccesible y, a veces, sumamente beneficiosos durante largos periodos de tiempo, y a través de procesos muy diferentes al de bombeo de  $\text{CO}_2$  hacia pozos mineros. Es precisamente en estas vías alternativas de captura de carbono, con el potencial que implican de ganar derechos de emisiones, donde debe centrarse el debate.

#### 4. Mecanismos de fijación de carbono asociado a los biocombustibles

Los medios técnicos para convertir a los biocombustibles en carbono-negativos ya están disponibles. Las diferencias son claras:

1. Los combustibles carbono-positivos son extraídos de los depósitos de combustibles fósiles, y se queman liberando  $\text{CO}_2$  a la atmósfera.
2. Los combustibles carbono-neutrales absorben  $\text{CO}_2$  durante el cultivo, y liberan el mismo carbono a la atmósfera cuando son quemados (y en la práctica serán carbono-positivos dependiendo de los combustibles fósiles en su producción y transporte).
3. Los combustibles carbono-negativos absorben  $\text{CO}_2$  durante el cultivo, y liberan menos cantidad a la atmósfera cuando son utilizados como combustibles, ya sea depositándolo en el suelo en forma de biochar, o bien a través de la CCS (Dibujo 2).



Dibujo 2. Sistemas carbono-positivo, carbono neutral y carbono-negativo

Fuente: Adaptado a partir de Biopact.com; disponible en <http://biopact.com/2007/10/strange-world-of-carbon-negative.html>.

#### 4.1. Biochar

La más sencilla y atractiva idea de biocaptura es el reciclado de parte de la biomasa producida en forma de carbón de leña, o *biochar*. El biochar se produce mediante un proceso de quema lenta de la biomasa en ausencia de oxígeno (pirólisis lenta). Hay una alternativa de pirólisis rápida, donde la biomasa está expuesta a una temperatura elevada (por encima de 500°C) durante unos segundos, pero se centró en gran medida en la producción de gases o líquidos combustibles, en lugar de biochar<sup>5</sup>. De cualquier modo, es la adición de carbón vegetal al suelo la que proporciona los medios de la permanente captura de carbono. Sin embargo, este proceso resulta tener una serie de efectos beneficiosos que están siendo discutidos actualmente en la creciente y la dinámica literatura<sup>6</sup>. Resulta que el biochar aumenta la fertilidad del suelo, no en la forma de carbón orgánico, sino de la misma forma por la que los arrecifes de coral aumentan los nutrientes disponibles para la biota en el mar. Microorganismos que fijan el nitrógeno, por ejemplo, son *favorecidos* por la adición de biochar, y tiene un muy espectacular impacto en la reduc-

<sup>5</sup> Véase por ejemplo Bridgwater *et al.* (1999). La compañía argentino-canadiense Dynamotive está construyendo plantas de pirólisis a través de la empresa de servicios de ingeniería Tecna.

<sup>6</sup> El grupo de Cornell, conducido por Johannes Lehmann, destaca en este ámbito; véase, por ejemplo, Lehmann (2007a, b), así como Lehmann *et al.* (2006). Para una fácil y precisa introducción al tema, véase Renner (2007).

ción de la liberación de gases de efecto invernadero, como el óxido nítrico<sup>7</sup>. Por lo tanto, los suelos que están siendo empobrecidos por los fertilizantes convencionales utilizados por la agricultura, tienen la oportunidad de regenerarse a través de la producción de biocarburantes junto con el biochar.

En términos de fijación de carbono de la atmósfera, Lehmann y otros creen que pueden ser eliminadas varias gigatoneladas –hasta 4 Gt por año, o el equivalente del carbono al flujo actual procedente de la quema de todos los combustibles fósiles. Existe ya una iniciativa legislativa en el Congreso de los Estados Unidos para canalizar el apoyo federal hacia las iniciativas de biochar<sup>8</sup>.

## 4.2. Bionergía con CCS: BECS

Otra opción sencilla es aplicar la gama de técnicas CCS desarrolladas en relación con la tecnología del *carbón limpio* en el caso de los biocarburantes utilizados para producir energía eléctrica. Dicha opción ha sido explorada bajo la rúbrica *BECS* por académicos vinculados con el grupo *Abrupt Climate Change*, entre otros<sup>9</sup>.

La geocaptura no es tan beneficiosa para la tierra como la biocaptura, y muchas de las tecnologías promovidas mediante la etiqueta CCS (y, por ende, BECS) –tales como el bombeo de carbono a las profundidades oceánicas– son francamente increíbles. La geocaptura representa el difícil camino hacia la eliminación del carbono, mientras que la biocaptura representa el camino más fácil –la condonación, una opción flexible y benigna<sup>10</sup>.

<sup>7</sup> La drástica reducción de emisiones de otros gases de efecto invernadero debido a la modificación de los suelos por el biochar es una línea de respuesta a los resultados aportados por el premio Nobel Paul Crutzen y sus colegas (Crutzen *et al.*, 2007) en relación a los aumentos de las emisiones de óxido de nitrógeno asociadas a la utilización intensiva de fertilizantes.

<sup>8</sup> El proyecto de ley presentado por Salazar es el *Salazar Harvesting Energy Act 2007*. El contenido de dicho proyecto puede encontrarse en [http://www.biochar-international.org/images/S.1884\\_Salazar\\_Harvesting\\_Energy\\_Act\\_of\\_2007.pdf](http://www.biochar-international.org/images/S.1884_Salazar_Harvesting_Energy_Act_of_2007.pdf). Para un comentario sobre sus disponibilidades de biochar, véase <http://www.biochar-international.org/policyintheus.html>.

<sup>9</sup> Para una visión general de conjunto, véase, por ejemplo, Read and Lermitt (2005), así como Möllersten *et al.* (2003) y Azar *et al.* (2006). Autores como Kraxner *et al.* (2003) discuten el concepto de BECS en el caso de producción de biomasa por seminaturales bosques templados, mientras Tilman *et al.* (2006) lo discuten en relación a las praderas de pastos.

<sup>10</sup> Los «*hard*» y «*soft*» caminos recuerdan la distinción hecha por Amory Lovins en su artículo de 1976 publicado en *Foreign Affairs*, «Energy strategies –the road not taken» (Lovins, 1976).

### 4.3. Algas y otros enfoques fotosintéticos

Sin embargo, otra vía implica el uso de la fotosíntesis procedente del cultivo de algas a gran escala, donde una parte de la biomasa se piroliza generando bioaceites, y otra parte se destina a la captura de créditos de carbono. Se trata de un enfoque orientado al futuro, pues todavía no se ha conseguido una escala de producción que lo permita<sup>11</sup>. Pero la existencia teórica de tal opción nos sugiere una vía más plausible y cercana, a saber, los actuales métodos de producción avanzados de caña de azúcar, donde las prácticas tradicionales de quema son suprimidas, y en su lugar las partes verdes de la caña se devuelven al suelo cuando se cosecha la caña. Esta práctica en sí misma crea una opción carbono-negativo, ya que sólo una parte de la biomasa de la caña de azúcar se cosecha y se convierte en etanol por fermentación, en tanto que el resto queda en el campo como carbono orgánico. Si estas nuevas prácticas se combinan con métodos orgánicos de cultivo, suprimiendo la utilización de productos agroquímicos en favor del control biológico, y con la capacidad de biorrefinado a través de la cogeneración, entonces se aseguraría el balance negativo de carbono resultante del etanol<sup>12</sup>. Se trata de la mejor práctica puesta en práctica en la actualidad en Brasil; incluso sin la adición de biochar si se calcula correctamente, se revela como carbono-negativa cuando el carbono absorbido por la biomasa total cultivada (por hectárea) se compara con el carbono liberado por la quema de combustible producido (por hectárea). Si se mejora el suelo con la adición de biochar, y si se utiliza el bagazo para la cogeneración, entonces la utilización de combustibles fósiles en el proceso es insignificante, y el balance carbono-negativo está fuera de toda duda.

## 5. Certificación del balance carbono-negativo

Es evidente que se necesita certificar de algún modo el balance negativo de carbono. ¿Cómo se puede hacer esto? Se ha empezado a desarrollar un conjunto de especificaciones técnicas, lo que refleja las preocupaciones de los ciudadanos sobre cuestiones tales como la deforestación asociada a la producción de biodiésel procedente de aceite de palma. La propuesta más completa de especi-

<sup>11</sup> Bajo la rúbrica «algacultura» esas ideas han sido perseguidas, por ejemplo, en el marco del *Aquatic Species Program of the National Renewable Energies Laboratory*. Para un informe completo sobre los logros de la ASP, véase *Biodiesel from Algae: A Look Back at the Aquatic Species Program*, disponible en [http://www1.eere.energy.gov/biomass/pdfs/biodiesel\\_from\\_algae.pdf](http://www1.eere.energy.gov/biomass/pdfs/biodiesel_from_algae.pdf).

<sup>12</sup> Estas prácticas pueden ser encontradas en estado avanzado en empresas de azúcar/etanol procedente de caña de azúcar en Sao Paulo (Brasil) –tales como las empresas de azúcar/etanol gestionadas por la familia Balbo, en Usinas Sant Antonio. Véase la descripción en <http://commondreams.org/headlines06/0409-07.htm>

ficaciones la ha realizado la Comisión Cramer de los Países Bajos, la primera que ha contado con el visto bueno de un gobierno<sup>13</sup>. Tales criterios sólo adquieren relevancia práctica si se incorporan a normas o especificaciones. Es aquí donde la UNFCC, y en particular su Comité Ejecutivo, pueden jugar su papel. Otra vía sería a través de la aplicación de estos criterios en los contratos de futuros sobre biocarburantes negociados en los mercados de *commodities*. ¿Cómo podría ser compatible el balance carbono-negativo con la práctica común de mezclar combustibles de orígenes diversos por parte de las grandes firmas globales que negocian con etanol, biodiesel y cada vez más con biocarburantes? Sin cambios la forma en que se vende los biocarburantes, la compatibilidad no sería posible. Pero si los biocarburantes se venden a través de los mercados de *commodities* con una certificación adjunta, así como su origen, entonces los combustibles procedentes de diferentes lugares pueden ser mezclados y los operadores de dichos mercados habilitados, y requeridos, de cara a la realización del seguimiento de los orígenes de los combustibles mezclados.

Obviamente, lo que va a impulsar la adopción generalizada de biocombustibles carbono-negativo estará relacionado con los créditos de carbono que puedan atraer.

## 6. El papel de los créditos de carbono

La economía del crédito global de carbono vendrá a reflejar tarde o temprano (más pronto que tarde) la economía de las transformaciones físicas. Cada crédito de carbono representará una tonelada de carbono que será extraído de la atmósfera (por fijación) o ahorrado, en el sentido en que no es liberado, p. ej.: una tonelada de carbón evitado. Las 8 Gt de carbono que están siendo emitidas a la atmósfera anualmente por la quema de combustibles fósiles representan la posibilidad de 8 mil millones de créditos de carbono creados cada año, que en virtud del incremento vegetativo del negocio, podrían alcanzar los 10 mil millones anuales. Al precio de 10 dólares norteamericanos por crédito de carbono, esto supone un monto total de 100 mil millones de dólares; si este precio creciera hasta 100 dólares por crédito de carbono (según la predicción de algunos) entonces el fondo total ascendería al billón de

<sup>13</sup> La Comisión fue creada por la ministra de Medio Ambiente alemana, Jacqueline Cramer, y publicó su primer informe en julio de 2006 (en holandés): [www.snm.nl/pdf/1000\\_060714biomassarapportcie-cramerjuli2006.pdf](http://www.snm.nl/pdf/1000_060714biomassarapportcie-cramerjuli2006.pdf). Para un informe de noticias sobre la Comisión, véase [http://www.ctv.ca/servlet/ArticleNews/story/CTVNews/20070428/dutch\\_biofuel\\_070428?s\\_name=&no\\_ads](http://www.ctv.ca/servlet/ArticleNews/story/CTVNews/20070428/dutch_biofuel_070428?s_name=&no_ads).

dólares -una gran cantidad de fondos. Llegados a este punto, la economía de los créditos de carbono podría ser comparable en tamaño a la actual economía basada en los combustibles fósiles.

### 6.1. Multiplicadores de los créditos de carbono

Por lo común, se supone que los créditos de carbono serán creados en la proporción 1:1 en relación con las toneladas de carbono no emitido o retirado de la atmósfera mediante fijación. Pero nada nos impide buscar nuevas fuentes de créditos de carbono mediante la utilización de multiplicadores de los mismos. Vamos a suponer que existe un amplio acuerdo por el que se considera más importante preservar las selvas tropicales, como últimos *sumideros* de carbono (por no mencionar una preciosa fuente de diversidad biológica y terapéutica), en lugar de permitir que la gente destruya la selva y establezca plantaciones de biomasa con objeto de beneficiarse de los créditos de carbono producidos. Entonces debemos asumir que el CDM (Comité del Protocolo de Kyoto) fije un multiplicador de 2 (o incluso 3), relativo a los créditos de carbono generados debido a la preservación de las selvas tropicales. De esta manera, los beneficios derivados de la preservación de los bosques vírgenes superarían los posibles beneficios derivados del cultivo de plantaciones y la producción de bioenergía<sup>14</sup>. El uso de multiplicadores de créditos de carbono, por lo tanto, representa un medio para imponer prioridades sociales en base a la economía de los créditos de carbono. Los créditos de carbono pueden ser intercambiados como tales, pero su creación debería ser proporcional al grado de importancia social que se considera que tiene sus fuentes. Las distintas sociedades ya imponen este tipo de decisiones sobre la economía a través de una imposición fiscal diferenciada. Lo que funciona para la vieja economía se puede hacer que funcione en la nueva.

En efecto, una de las principales funciones de los árbitros globales, como el Comité Ejecutivo del CDM establecido en virtud del Protocolo de Kyoto, consiste en establecer prioridades públicas fijando multiplicadores de créditos de carbono. Estos multiplicadores representarán el consenso y la visión global de qué tipo de combustibles son aceptables y cuáles no. No puede haber retroceso en el

<sup>14</sup> Sobre este tema, véase, por ejemplo, la discusión con Laurens Rademakers, de Biopact, en Mongabay.com, «Carbon-negative bioenergy to cut global warming could drive deforestation» (6 de noviembre de 2007), disponible en [http://news.mongabay.com/2007/1106-carbon-negative\\_becs.html](http://news.mongabay.com/2007/1106-carbon-negative_becs.html).

principio de que los créditos de carbono tienen que ser asignados estrictamente en términos de carbono no emitido o eliminado debidamente probado, pero la asignación de los multiplicadores es algo que debe dejarse a las autoridades debidamente constituidas como el Comité Ejecutivo del CDM.

El atractivo de la idea de los créditos de carbono es que pueden ser creados *ex novo*, en base a una decisión política. Los bosques pueden ser conservados por un consensuado proceso de asignación de créditos de carbono para su preservación. No es necesario que el dinero cambie de manos. El acto mismo de creación de créditos de carbono crea un instrumento de intercambio; el crédito así creado puede ser vendido en un mercado organizado de carbono, y comprado por cualquiera de las partes que necesite créditos de carbono para compensar sus obligaciones de reducción –o por los especuladores, cuyas expectativas harán que el precio de los créditos aumente.

## 7. El balance carbono-negativo de los biocarburantes: de opción estratégica a solución definitiva

Hasta ahora hemos argumentado que los productores de biocombustibles pueden adoptar una decisión estratégica relativa a la cantidad de biomasa que plantean cultivar para producir combustible y cuánto carbono capturar –por ejemplo, mediante la producción de biochar y su permanente captura de carbono en el suelo<sup>15</sup>.

Mientras que el balance carbono-negativo sigue siendo una opción estratégica para un productor de biocombustible hoy en día, es probable que en un futuro relativamente próximo (por ejemplo, en 2 ó 3 años) será una condición para que aquél sea definido como biocombustible. Es decir, para que un combustible sea importado, comercializado o vendido en un mercado, y reconocido como *biocombustible*, será preciso cumplir con unas determinadas especificaciones, de las cuáles el balance carbono-negativo vendría a ser la más importante.

<sup>15</sup> Fowles (2007) describe la elección entre biocarburantes y biochar como la elección entre los primeros y el segundo, pero es más instructivo ver a éstos como el punto final de una estrategia continuada. Como se ha señalado en esta contribución, existen múltiples razones para esperar que los agricultores produzcan ambos, biocombustibles y biochar.

La imposición del balance carbono-negativo como una condición para el etiquetado de un combustible como *biocombustible* sería la más simple y más transparente norma para la sostenibilidad y la producción responsable. Esto esquivaría todos los infructuosos argumentos de las ONG y otros agentes hostiles a los biocarburantes sobre el grado en que ellos se desvían de un balance neutro de carbono<sup>16</sup>. Si los combustibles son carbono-negativos, por contraste, deberán ser vistos como una contribución a la solución del calentamiento global, no como un factor que contribuya a agravar el problema.

La abrumadora ventaja de los biocombustibles sobre los combustibles fósiles es la posibilidad de hacerlos carbono-negativos. Sólo los combustibles carbono-negativos representan una solución a la acumulación de carbono en la atmósfera y su efecto invernadero. Todos los demás son combustibles carbono-positivos, o, a lo sumo, carbono-neutrales. En un mundo donde se considere realista, factible y económicamente viable la carbono-negatividad, se convertirá en abrumadoramente deseable, y no habrá duda de que la ley la convertirá en norma. En tales circunstancias, quemar combustibles con balance positivo de carbono, incrementando los niveles de carbono de la atmósfera, será considerado social y humanamente inaceptable.

## Referencias bibliográficas

- > AZAR, C.; LINDGREN, K.; LARSON, E. y MÖLLERSTEN, K. (2006), «Carbon capture and storage from fossil fuels and biomass: costs and potential role in stabilizing the atmosphere», *Climatic Change* 74 (1–3), 47–79.
- > BRIDGWATER, A.V.; MEIER, D. y RADLEIN, D. (1999), «An overview of fast pyrolysis of biomass», *Organic Geochemistry* 30, 1479–1493.
- > CRUTZEN, P.; MOSIER, A.R.; SMITH, K.A. y WINIWARTER, W. (2007), «N<sub>2</sub>O release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels», *Atmospheric Chemistry and Physics Discussion* 7, 11191–11205.
- > FOWLES, M. (2007), «Black carbon sequestration as an alternative to bioenergy», *Biomass and Bioenergy* 31 (6), 426–432.

---

<sup>16</sup> Para conocer el debate acerca de los distintos argumentos planteados en contra de los biocombustibles y las respuestas desde la perspectiva del crecimiento de los combustibles en el Norte y el Sur, véase Mathews (2007).

- > HILL, J.; NELSON, E.; TILMAN, D.; POLASKY, S. y TIFFANY, D. (2006), «Environmental, economic and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels», *Proceedings of the National Academy of Science* 103 (30), 11206–11210.
- > KRAXNER, F; NILSSON, S. y OBERSTEINER, M. (2003), «Negative emissions from bioenergy use, carbon capture and sequestration (BECS): the case of biomass production by sustainable forest management from seminatural temperate forests», *Biomass and Bioenergy* 24 (4), 285–296.
- > LEHMANN, J. (2007a) «A handful of carbon», *Nature* 447, 143–144.
- > LEHMANN, J. (2007b) «Bio-energy in the black», *Frontiers in Ecology and the Environment* 5 (7), 381–387.
- > LEHMANN, J.; GAUNT, J. y RONDON, M. (2006), «Bio-char sequestration in terrestrial eco-systems: a review», *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 11 (2), 395–419.
- > LOVINS, A. (1976), «Energy strategy: the road not taken», *Foreign Affairs* 55 (1), 65–96.
- > MATHEWS, J. A. (2007), «Biofuels: what a biopact between north and south could achieve», *Energy Policy* 35, 3550–3570.
- > MÖLLERSTEN, K.; YAN, J. y MOREIRA, J.R. (2003), «Potential market niches for biomass energy with CO<sub>2</sub> capture and storage: opportunities for energy supply with negative CO<sub>2</sub> emissions», *Biomass and Bioenergy* 25, 273–285.
- > OECD (2007), *Policy Brief: Biofuels for Transport: Policies and Possibilities*, Organisation for Economic Cooperation and Development, París.
- > PACALA, S. y SOCOLOW, R. (2004), «Stabilization wedges: solving the climate problem for the next 50 years with current technologies», *Science* 305 (5.686), 968–972.
- > PUPPAN, D. (2002), «Environmental evaluation of biofuels», *Periodica Polytechnica Series Social and Management Sciences* 10 (1), 95–116.

- > READ, P. y LERMIT, J. (2005), «Bioenergy with carbon storage (BECS): a sequential decision approach to the threat of abrupt climate change», *Energy* 30 (14), 2.654-2.671.
- > RENNER, R. (2007), «Rethinking biochar», *Environmental Science & Technology*, 5.932-5.933.
- > RIAHI, K.; RUBIN, E. S. y SCHRATTENHOLZER, L. (2004), «Prospects for carbon capture and sequestration technologies assuming their technological learning», *Energy* 29 (9-10), 1.309-1.318.
- > TILMAN, D.; HILL, J. y LEHMAN, C. (2006). «Carbon-negative biofuels from low-input high-diversity grassland biomass». *Science* 314 (5.805), 1.598-1.600.
- > ULGIATI, S. (2001), «A comprehensive energy and economic assessment of biofuels: when 'green' is not enough», *Critical Reviews in Plant Sciences* 20 (1), 71–106.