

## **Cambio climático e incentivos a la innovación en tecnologías limpias: ¿Puede más el mercado corregir la mayor falla de de mercado de la historia?\***

*Climate change and incentives for investment in clean technologies: Can we correct the biggest market failure in history by creating more markets?*

**Verónica Cecilia Gutman\*\***

Recibido: 13/07/09, Revisado: 14/09/09, Aceptado: 16/09/09

Código JEL: Q54, Q55

### **Resumen**

Este trabajo procura mostrar que un tema clave para superar la actual encrucijada en materia de Cambio Climático radica en otorgar incentivos adecuados a las empresas privadas para que éstas modifiquen sus patrones productivos e innovativos e inviertan en I&D orientada a crear tecnologías menos intensivas en gases de efecto invernadero. Esto podría lograrse, en principio, con un sistema de comercio de permisos de emisión (como el previsto en el Protocolo de Kyoto) pero en el marco de un arreglo político e institucional mundial que garantice la continuidad de la iniciativa y que se refleje en la existencia de una estructura de precios “del carbono” de largo plazo que arroje valores suficientemente altos.

**Palabras clave:** Cambio climático, incentivos, inversión, tecnologías limpias.

### **Abstract**

This article analyzes a key issue regarding Climate Change: how to provide private enterprises with correct incentives in order to change their productive and innovative patterns and foster them to invest in research and development related with less greenhouse gases-intensive technologies. This could be achieved through an emission- permit system (such as the one included in the Kyoto Protocol) framed in a global political and institutional arrangement able to guarantee the continuity of the initiative and to provide a long-term price structure for carbon.

**Key words:** Climate change, incentives, inversion, clean technologies.

\* Este artículo es una síntesis actualizada de la Tesis final de la Maestría en Economía que fue presentada y defendida por la autora el 28 de septiembre de 2007 en la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Buenos Aires, Argentina.

\*\* Centro de Investigaciones en Epistemología de las Ciencias Económicas, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires, Ciudad de Buenos Aires, Argentina. E-mail: verogutman@hotmail.com

## 1. Introducción

El presente trabajo se inspira en el problema del Cambio Climático, es decir, en el de los cambios en el clima provocados por la acumulación en la atmósfera de gases de efecto invernadero (GEI) producidos por el hombre (CMNUCC, 1992). En un contexto donde se considera que la innovación tecnológica es clave para controlar las emisiones de GEI, el trabajo busca analizar los incentivos que las señales de precios generadas en los recientemente creados “mercados de carbono” brindan a las firmas privadas para invertir en investigación y desarrollo (I&D) orientada a crear tecnologías más limpias.

El Cambio Climático se está volviendo cada vez más evidente a raíz de la mayor frecuencia de eventos naturales extremos. Los estudios que alertan sobre las consecuencias potencialmente catastróficas que podrían evidenciarse de continuar el patrón actual de emisiones de GEI (fundamentalmente, de dióxido de carbono -CO<sub>2</sub>-) a la atmósfera se multiplican. Un informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés)<sup>1</sup> estima que, durante el próximo siglo, la temperatura promedio del planeta aumentará entre 1,1 y 6,4 grados como consecuencia de la acumulación de GEI. Esto ocasionará, entre otras cosas, aumentos en la frecuencia de las olas de calor y en la intensidad de los ciclones, mayores precipitaciones e inundaciones e incrementos en el nivel del mar (IPCC, 2007). Por su parte, el llamado “Informe Stern” (Stern, 2006), un estudio encargado por el gobierno británico y dirigido por el ex economista jefe del Banco Mundial, Nicholas Stern, sostiene que si la comunidad internacional no disminuye las emisiones de GEI a la atmósfera en las próximas décadas los efectos del Cambio Climático podrían costar a las economías del mundo más que las dos guerras mundiales y desatar una crisis equivalente a la Gran Depresión de 1929, con 200 millones de víctimas por sequías e inundaciones y la desaparición del 40% de la fauna y flora esencial para los ecosistemas del planeta. Este informe constituye la contribución más completa al debate sobre el Cambio Climático desde el punto de vista económico y presenta evidencia central para el presente trabajo.

El Cambio Climático es considerado por muchos “la mayor falla de mercado” que se haya visto jamás (Stern, 2006; Kolstad, 2001): el mercado falla en generar y asignar la cantidad de emisiones de GEI socialmente óptima debido a que éstas constituyen una externalidad negativa derivada, históricamente, de la quema de combustibles fósiles para la producción industrial en los países desarrollados (PDs). Es decir, no existe, sin intervención, un precio de mercado para las emisiones de GEI.

La preocupación global por los efectos potenciales del Cambio Climático está creciendo notablemente. Desde la primera Conferencia Mundial del Clima celebrada en Ginebra (Suiza) en 1979 se han sucedido varios intentos por frenar las emisiones globales de GEI. Los más notables han sido la firma de la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) en 1992 y del Protocolo de Kyoto (PK) a la CMNUCC en 1997, con la efectiva entrada en vigencia de este último en febrero de 2005, a pesar de la negativa de EE.UU. a ratificar. El PK asigna límites de emisión a los PDs participantes para el período 2008-2012, ofreciéndoles la flexibilidad de poder cumplir con sus metas mediante la compra (o venta) de permisos de emisión provenientes de otros PDs o bien mediante la inversión en proyectos que reduzcan las emisiones de GEI en países en desarrollo (PEDs) y en las llamadas “economías en transición”.

El principal problema que plantea el Cambio Climático es que posee ciertas características económicas que vuelven muy difícil el diseño e implantación de políticas óptimas: es el resultado de una externalidad negativa de dimensión internacional, involucra el largo plazo –y, por ende, a las generaciones futuras– plantea numerosas incertidumbres e impone una desigual distribución de costos y beneficios económicos y políticos a escala intertemporal y entre regiones. En este contexto, el principal desafío consiste en cómo definir la mejor manera de involucrar a todas las naciones y a sus ciudadanos en un esfuerzo global de largo plazo que movilice recursos y tecnología para proteger el clima global pero que garantice, al mismo tiempo, un crecimiento económico sustentable.

El crecimiento económico –basado esencialmente en el uso de combustibles fósiles para la generación de energía– tiene enormes impactos sobre la acumulación de GEI en la atmósfera. Sin embargo, nadie está dispuesto a aceptar que la solución al problema del Cambio Climático radique en la reducción de las tasas de crecimiento globales. Por lo tanto, lo que se precisa es hallar nuevas maneras de reconciliar la actividad económica con la protección ambiental.

Tanto la literatura como el debate político internacional recientes sugieren que la mejor forma de lograr esta reconciliación es mediante el desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías menos intensivas en GEI (IPCC, 2007; Stern, 2006; Schellnhuber, 2006; G8, 2005). Sin embargo, al considerar el potencial de la innovación tecnológica como posible solución al problema del Cambio Climático surge una nueva problemática: la existencia de dos fallas de mercado que hacen que la inversión privada en I&D orientada a crear nuevas tecnologías más limpias sea subóptima. Por un lado, el hecho de que las emisiones de GEI constituyen una externalidad negativa. Dado que dichas emisiones no tienen un precio de mercado, ni las firmas ni los consumidores tienen incentivo a reducirlas (y, por lo tanto, habría poco mercado para las nuevas tecnologías más limpias que se creen). Por el otro, cuando se produce una innovación y ésta se vuelve de dominio público se producen “derrames” (*spillovers*) de conocimiento y, por ello, no todos los beneficios derivados de la innovación pueden ser apropiados por el innovador (Popp, 2004).

En este contexto, la pregunta de investigación que disparó el desarrollo del presente trabajo es la siguiente: ¿Cómo se pueden brindar incentivos adecuados para que las empresas privadas intensivas en GEI desarrollen y/o incorporen tecnologías más limpias para reducir sus emisiones (y contribuyan, de esta manera, a corregir la externalidad negativa que imponen sobre el uso de la atmósfera)? Este interrogante compete tanto a las políticas nacionales como al marco internacional, puesto que el Cambio Climático constituye un problema global que requiere de la acción concertada internacional en base a compromisos voluntarios nacionales.

La literatura sobre regulación ambiental óptima sugiere que el mecanismo más eficiente a nivel nacional para lograr que las firmas internalicen los daños provocados por sus emisiones de GEI y, a la vez, incentivar la innovación tecnológica es mediante la imposición de un impuesto (pigouviano) a las emisiones (Kolstad, 2001; Azqueta, 2002; Chidiak, 2001). Sin embargo, este mecanismo “ideal” en la teoría es muy difícil de implantar en la práctica, debido a las fuertes resistencias que enfrenta por parte del sector privado y a la necesidad de coordinar la tasa del impuesto a nivel internacional. En segundo lugar, se ubica el comercio de permisos de emisión, un mecanismo que involucra el establecimiento de metas cuantitativas y que también supone el pago de un precio por tonelada de GEI emitida. Este sistema está cobrando importancia creciente en el marco de la entrada en vigencia del PK. Así lo demuestra el buen desempeño que han tenido los “mercados de carbono” surgidos en este marco a partir del año 2002.

En este contexto, surgen algunas preguntas de investigación adicionales. En primer lugar, ¿qué incentivos puede brindar un sistema de comercio de permisos de emisión para que las firmas privadas realicen esfuerzos de innovación tecnológica en materia ambiental? Esta pregunta se relaciona con la posibilidad de que las firmas perciban algún tipo de beneficio al participar en un sistema de este tipo y con la identificación de los mecanismos que permitirían a una firma obtener beneficios por reducir emisiones e innovar.

En segundo lugar, cabe preguntarse acerca de las enseñanzas de la evidencia empírica reciente relativa a los mercados de carbono: ¿Funcionan adecuadamente? ¿Pueden generar señales de precios idóneas para corregir la externalidad negativa que imponen las firmas con sus emisiones de GEI? ¿Puede, en definitiva, corregirse la mayor falla de mercado de la historia, el Cambio Climático, mediante más mercado?

La premisa básica de este estudio –en línea con la literatura de economía ambiental revisada– es que un sistema global de mitigación del Cambio Climático basado en el comercio de permisos de emisión (que arroje un precio único de largo plazo para los GEI que se emitan) puede brindar un marco adecuado de incentivos para que el sector privado sea innovativo y reduzca, en consecuencia, sus emisiones de GEI.

Esto se debe a que, en un contexto como éste, el desarrollo de nuevas tecnologías más limpias le permitiría a las firmas, por un lado, cumplir con sus compromisos de mitigación en el tiempo a un menor costo y, por el otro, obtener ingresos extras en cada período derivados de la venta de permisos de emisión en el mercado.

En otras palabras, lo que este trabajo plantea es que si se establece un mercado global de permisos donde se comercialicen “derechos” a emitir existirá un incentivo a invertir en I&D orientada a crear tecnologías menos emisoras de GEI pues, a través de éstas, las firmas podrán disminuir los costos de cumplir con sus metas de reducción de emisiones en el tiempo y, a la vez, generar nuevos ingresos por la venta en el mercado de un nuevo producto: los permisos de emisión. De más está decir que, con un sistema de este tipo, cada país deberá lidiar con la existencia de ganadores y perdedores, pues mientras que las empresas innovadoras que logren desarrollar tecnologías más limpias y reducir así sus costos de mitigación de GEI se posicionarán con ventajas competitivas frente a las firmas no innovativas y con importante stock de capital hundido, estas últimas posiblemente deban cerrar.

No obstante, para que este sistema funcione, es preciso que los precios “del carbono” alcancen valores suficientemente altos y que brinden señales de largo plazo para la inversión, de forma tal de que se cubra, al menos, una buena proporción del periodo de amortización del capital fijo involucrado. Es decir, la inversión en bienes de capital (edificios, plantas energéticas, complejos industriales, etc.) tiene una larga vida útil (de varias décadas). Por lo tanto, si no se cree que las políticas climáticas serán permanentes en el tiempo, los empresarios no incurrirán en gastos para desarrollar e introducir nuevas tecnologías más limpias –salvo casos aislados de compromiso altruista con el medio ambiente. El resultado puede ser una sobre inversión en infraestructura duradera intensiva en carbono que volverá mucho más difícil y cara la reducción de emisiones en el futuro (Stern, 2006). En otras palabras, para ser incorporadas en las decisiones de inversión de las firmas privadas, las señales de precios generadas en los mercados de carbono necesitan estar alineadas con los tiempos de rotación del capital fijo (de muy largo plazo, en algunos casos).

Como ya se mencionó, el PK se basa en metas cuantitativas de emisión con comercio de permisos. Sin embargo, debido a las múltiples incertidumbres políticas que rodean su futuro, y al plazo relativamente breve de los compromisos que involucra (2008-2012), su continuidad está en duda. Por lo tanto, el PK no genera señales de largo plazo (es decir, precios futuros del carbono) con un horizonte temporal suficiente como para dar un salto cualitativo en materia de incentivos a la inversión privada agregada dirigida al desarrollo de tecnologías más limpias.

Este trabajo no pretende realizar una evaluación crítica del Protocolo de Kyoto. Su objetivo es mucho más modesto: busca poner el foco en un tema clave para superar la actual encrucijada en materia de Cambio Climático: cómo otorgar incentivos adecuados a las empresas privadas para que éstas modifiquen sus patrones productivos e innovativos.

El trabajo se organiza de la siguiente manera. Comienza con una presentación del problema del Cambio Climático y sus peligros potenciales según la evidencia científica disponible. A continuación, repasa los esfuerzos realizados hasta el momento para mitigarlo –esencialmente, la CMNUCC y el PK– así como el estado actual de las negociaciones internacionales sobre el tema. Seguidamente, realiza una caracterización económica del problema del Cambio Climático y analiza los incentivos que los “mercados de carbono” pueden brindar a las empresas privadas para que éstas inviertan en innovación y desarrollo de tecnologías más limpias. Describe, entonces, las características y el funcionamiento de estos nuevos mercados y reflexiona acerca de la importancia de que éstos arrojen señales de largo plazo para incentivar a las firmas a invertir en I&D. Finalmente, el trabajo presenta las conclusiones.

## **2. El problema del cambio climático**

Antes que nada, vale decir que existe aún cierto debate en las llamadas “ciencias duras” acerca de las causas del Cambio Climático. Algunos científicos consideran que éste es un fenómeno cíclico derivado de factores naturales (por ejemplo, manchas solares) sobre los cuales el hombre no tiene posibilidad de incidencia alguna. No obstante, la gran mayoría

de la comunidad científica internacional, así como los 191 países que ratificaron la CMNUCC, consideran que el Cambio Climático tiene un origen fundamentalmente humano.

Según esta visión antropogénica del Cambio Climático, las actividades humanas generan mayores concentraciones de GEI en la atmósfera, provocando lo que se ha dado en llamar un “efecto invernadero aumentado” que puede derivar en cambios en el clima. Estas actividades son, fundamentalmente, la producción y uso de combustibles fósiles, los procesos industriales y la desertificación y deforestación. La industria de generación eléctrica contribuye con el 24% del total de emisiones de GEI producidas por el hombre, seguida por la deforestación/desertificación (18%), el transporte, la agricultura y la industria (14% cada uno), la construcción (8%) y la generación de desechos (3%) (valores para el año 2000 citados en Stern, 2006).

Los principales riesgos potenciales del Cambio Climático son el aumento en el nivel del mar (provocado por el derretimiento de los glaciares y la expansión del agua a medida que ésta se calienta), el debilitamiento y eventual desaparición de la “Corriente Cálida del Golfo”, el aumento en la fuerza destructiva de los ciclones y, fundamentalmente, las “espirales de retroalimentación”, es decir, la tendencia a que la Tierra absorba más energía de la que emite y se caliente aún más, la menor absorción de CO<sub>2</sub> de los océanos y la mayor emisión de CO<sub>2</sub> del suelo, los cuales podrían provocar que el clima, en lugar de calentarse gradualmente, cambie de modo brusco y comience una carrera desenfrenada hacia el caos climático (Schellnhuber, 2006).

Según los estudios disponibles, las principales consecuencias potenciales del Cambio Climático sobre la actividad económica y la vida humana se verán, fundamentalmente, en materia de acceso al agua potable, producción de alimentos y uso de la tierra y recursos naturales: aumento del riesgo de inundaciones, reducción de reservorios de agua potable, disminución de rendimientos de las cosechas, incremento de muertes por desnutrición y golpes de calor, expansión de las enfermedades transmitidas por insectos, destrucción de ecosistemas terrestres y marinos y cambios repentinos en los patrones climáticos regionales (Stern, 2006).



### 3. Esfuerzos realizados hasta el momento para mitigar el cambio climático

Firmada en 1992, la CMNUCC constituyó el primer esfuerzo global para coordinar acciones tendientes a estabilizar las emisiones de GEI de los PDs. En ella, los países listados en el Anexo I<sup>2</sup> (CMNUCC, 1992) se comprometían a estabilizar sus emisiones de CO<sub>2</sub>, metano y óxido nítrico en los niveles de 1990 para el año 2000. El organismo responsable de la implantación de la CMNUCC sería la Conferencia de las Partes (COP), una asociación de todos los países miembros de la CMNUCC.

En este contexto, la firma del PK a la CMNUCC en diciembre de 1997<sup>3</sup> representó el primer compromiso formal de los PDs para reducir sus emisiones antropogénicas de GEI,<sup>4</sup> estableciendo metas cuantitativas individuales para los países incluidos en el Anexo I de la CMNUCC<sup>5</sup> y definiendo un objetivo global: las emisiones de GEI durante el primer periodo de compromiso (2008-2012) deberán ser un 5,2% inferiores a los niveles registrados en 1990. Para entrar en vigencia, el PK debía ser ratificado por al menos 55 partes de la CMNUCC, las cuales debían representar, como mínimo, el 55% del total de las emisiones de GEI contabilizadas en 1990. Esto ocurrió recién el 16 de febrero de 2005, con la ratificación de Rusia. Estados Unidos, uno de los principales contribuyentes a las emisiones globales, no ratificó.

El PK es el primer intento por crear un mecanismo global para la mitigación de GEI. Mediante este acuerdo, se crea un sistema llamado *cap-and-trade* (límites máximos y comercio) que funciona del siguiente modo. Se establece una meta global de reducción (emisiones 5,2% inferiores a los niveles de 1990) así como metas individuales para cada país. Cada gobierno impone límites de emisión a cada empresa contaminante radicada en su territorio mediante la distribución de permisos de emisión (“derechos a contaminar”). Pero dado que el impacto de los GEI sobre el planeta no guarda relación con el lugar donde éstos son emitidos o reducidos, el PK contempla la inclusión de tres “mecanismos de flexibilidad” orientados a poder cumplir con los objetivos globales al menor costo posible. Estos mecanismos dan la opción a las industrias de elegir entre reducir domésticamente sus

GEI o salir a comprar en el mercado el nivel necesario de reducciones, permitiendo, de esta forma, que las disminuciones de GEI tengan lugar en aquellos países donde los costos de reducción por tonelada de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e)<sup>6</sup> sean menores. Los mecanismos de flexibilidad del PK son tres:

- El Sistema de Comercio de Permisos de Emisión (SCPE), mediante el cual los PDs alcanzados por compromisos cuantitativos pueden transar permisos de emisión entre ellos (las firmas que sobrecumplen sus metas y que, por lo tanto, tienen superávit de permisos pueden venderlos en el mercado a quienes subcumplen sus metas);
- el mecanismo de Implementación Conjunta (IC), mediante el cual los países Anexo I pueden comprar certificados de reducción de emisiones generados por proyectos realizados en países de Europa del Este, quienes también enfrentan compromisos de reducción cuantitativos, y
- el Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL), a través del cual los países Anexo I pueden comprar certificados de reducción de emisiones generados por proyectos realizados en PEDs, quienes no enfrentan –aún– metas de reducción obligatorias.

Paralelamente al PK, se han encarado otras iniciativas, la mayoría de ellas tendientes a fomentar el desarrollo de tecnologías más limpias. Esto se debe a que las soluciones posibles al problema del Cambio Climático que se están analizando –y, en pequeña medida, implantando– abarcan fundamentalmente opciones energéticas que van desde el uso eficiente de la energía y las energías renovables hasta el uso limpio del carbón y el secuestro biológico y geológico del carbono. La mayoría de estas opciones están relacionadas, de una forma u otra, con el desarrollo de nuevas tecnologías menos intensivas en GEI, lo que implica que la innovación tecnológica constituye un pilar fundamental dentro de cualquier estrategia de mitigación del Cambio Climático (Stern, 2006; Chidiak, 2006; Goulder y Pizer, 2006; Popp, 2004). Los esfuerzos de innovación resultan de vital importancia y se encuentran en el centro del debate internacional actual.

En lo que respecta al estado actual de las negociaciones internacionales, por un lado se encuentra EE.UU., el principal contribuyente a las emisiones globales de GEI (sólo recientemente superado por China), quien se niega a asumir compromisos cuantitativos de reducción de emisiones a menos que también lo hagan los PEDs (especialmente, China, India y Brasil). Por su gran peso relativo, su negativa debilita el alcance de cualquier otra iniciativa y genera preocupaciones en materia de pérdida de competitividad para otros PDs. La reciente asunción de Barack Obama, no obstante, parece estar planteando un nuevo panorama.

Por su parte, los PEDs (fundamentalmente, China, India y Brasil) se niegan a restringir sus opciones de crecimiento atándose a compromisos cuantitativos, menos aún si las principales economías contaminantes (y responsables históricas de las emisiones de GEI) no adoptan metas más ambiciosas.

Otros países, en especial los miembros de la Unión Europea (UE), destacan que es necesario asumir el liderazgo en materia de reducción de emisiones globales de GEI y fijar, tanto para sí mismos como para otros países industrializados, objetivos cuantitativos ambiciosos. Sin embargo, reconocen que sin la participación de EE.UU. y de los principales PEDs emisores no se lograrán estabilizar las emisiones de GEI en niveles compatibles con el objetivo último de la CMNUCC.

Finalmente, existe un número creciente de países (por ejemplo, Australia o Canadá) que, siguiendo el ejemplo de EE.UU., argumentan que les resulta imposible aceptar los compromisos del PK debido a las devastadoras implicancias económicas y competitivas que éstos tendrían sobre sus economías. Incluso países como Japón, que ya son parte del PK, sostienen que el cumplimiento de sus objetivos nacionales de mitigación estará sujeto a lo que otros países industrializados estén dispuestos a comprometer (Chidiak, 2006).

En síntesis, los problemas que están trabando en la actualidad las negociaciones ambientales internacionales se relacionan en gran medida con aspectos económicos (costos de fijar compromisos ambiciosos). La discusión ya no trata sobre la importancia o la conveniencia de emprender acciones para frenar el Cambio Climático, sino de cómo hacerlo,

dados los altísimos costos de reconversión de las industrias instaladas. Hasta hace unos años, no se sabía con certeza cuánto representaría en términos monetarios la asunción de compromisos, pero ahora aparece con claridad que la implantación de políticas y medidas “verdes” en cada país representa miles de millones de euros anuales y que genera cuantiosas pérdidas en términos de competitividad.

#### 4. La economía del cambio climático

Resulta conveniente analizar el problema del Cambio Climático desde una óptica económica esencialmente por dos motivos. En primer lugar, porque la esencia de todos los problemas ambientales, incluyendo el Cambio Climático está fuertemente asociada a factores económicos. El crecimiento poblacional, los patrones de producción y consumo y el crecimiento del ingreso imponen presiones sobre el medio ambiente en materia de emisiones de GEI (generación eléctrica, gases industriales, emisiones de los medios de transporte, etc.). En sentido inverso, el Cambio Climático amenaza con reducir el bienestar económico de la raza humana (y otras especies), debido a los impactos que éste puede tener sobre la disponibilidad de recursos, la infraestructura, los rendimientos agrícolas, etc.

En segundo lugar, porque el problema del Cambio Climático tiene su origen en fallas de mercado, es decir, en el hecho de que los mercados no dan lugar a la cantidad de emisiones socialmente deseable. Esto se debe a la presencia de externalidades (no existen precios de mercado para las emisiones), lo cual genera, a su vez, que no puedan realizarse análisis costo-beneficio de mercado para evaluar políticas de mitigación, debido a que el medio ambiente sano no posee –sin intervención– valor económico (deben cuantificarse *ad hoc* los daños ambientales y los beneficios de la mitigación). Frente a esto, la Economía ofrece un marco analítico que puede ayudar a los hacedores de política a decidir qué acciones realizar, en qué cuantía y mediante qué instrumentos (Kolstad, 2001; Stern 2006).

El Cambio Climático presenta características económicas que vuelven muy difícil el diseño e implantación de políticas óptimas (Chidiak, 2006). En primer lugar, es un problema ambiental global: la concentración de GEI no depende de dónde se generan o mitigan las emisiones. Por lo tanto, es necesaria la coordinación internacional. Sin embargo, ésta es muy difícil de alcanzar debido a que los impactos sociales y económicos del Cambio Climático no se distribuirán uniformemente a lo largo del globo. Los peores daños los sufrirán, claramente, los PEDs.

En segundo lugar, como ya se comentó, es el resultado de una externalidad negativa derivada de la producción industrial en PDs. Esto significa que no existe en los mercados (sin intervención) un precio del carbono que refleje los costos globales de las emisiones de GEI.

En tercer lugar, es un problema de stock-flujo: la causa del problema son las emisiones de GEI pero lo que determina la magnitud del problema es la concentración (acumulación) de GEI, debido a que los gases tienen larga permanencia en la atmósfera.

En cuarto lugar, es un problema temporal que pone en juego un principio de equidad intergeneracional (quienes toman decisiones hoy deben afrontar los costos de la acción sin casi percibir beneficios) e intrageneracional (los efectos del Cambio Climático durante los próximos años afectarán sobre todo a los PEDs; los PDs –principales causantes y quienes se encuentran en mejor situación relativa para mitigar– no están dispuestos a pagar los costos necesarios para evitar dichos daños).

En quinto lugar, la dificultad se deriva de la falta de asignación y protección de los derechos de propiedad sobre el uso de la atmósfera y sobre los recursos naturales en PEDs (los cuales han sido sobreexplotados para proveer materias primas a bajo costo a los PDs).

En sexto lugar, se plantean numerosas incertidumbres (respecto de la magnitud ecológica del daño que podría efectivamente generarse como consecuencia del Cambio Climático, del nivel al que se deberían estabilizar las concentraciones de GEI de modo tal de evitar impactos dramáticos, de cuáles son los instrumentos disponibles para alcanzar tales niveles de concentración, del horizonte temporal a partir del cual los daños provocados al medio ambiente se volverían irreversibles, de los costos que efectivamente demandaría el cumplimiento de

compromisos cuantitativos de mitigación y adaptación, de la efectividad que verdaderamente tendrían las acciones de mitigación para frenar el calentamiento global y, en lo que respecta al marco político, sobre qué se podrá negociar y acordar en el futuro). En otras palabras, mitigar implica gastar dinero hoy a cambio de obtener beneficios inciertos y, en parte, en un futuro remoto.

En séptimo lugar, limitar los efectos nocivos del Cambio Climático es equivalente a proveer un bien público global (todos los países se beneficiarían –principio de no exclusión– sin disminuir los beneficios para el resto de las naciones –principio de no rivalidad). Esta característica de bien público implica, por un lado, que la provisión (privada) actual de un ambiente sano es subóptima y, por el otro, que existen problemas de *free-riding*: todos procuran sacar provecho de los beneficios de evitar el cambio climático pero sin asumir los costos de reducir las emisiones de GEI a nivel doméstico.

Finalmente, las actividades de mitigación pueden implicar pérdidas de competitividad para las empresas y países que las realicen (pérdida de *market share* y relocalización de industrias hacia PEDs sin compromisos en el marco del Protocolo de Kyoto).

Las estimaciones del “Informe Stern” (Stern, 2006), el estudio que, al presente, mejor ha analizado los costos del Cambio Climático y los costos y beneficios de la mitigación de GEI, sugieren que los costos de mitigación no sobrepasarían el 1% del PBI global, mientras que la no-mitigación podría costar al mundo hasta el 20% del PBI global hacia el año 2050.

En lo que respecta a los instrumentos de política disponibles para la mitigación de GEI, si bien los instrumentos económicos (impuestos y permisos de emisión) son las opciones favoritas desde el punto de vista teórico, la presencia de incertidumbres (sobre los daños y costos marginales de mitigación) así como la consideración de otros criterios además del de eficiencia para la toma de decisiones (equidad, costos de administración, aceptabilidad política) hacen que la elección de instrumentos no sea unívoca.

## 5. Mercados de carbono e incentivos para la innovación y la inversión en tecnologías más limpias

Esta sección procura analizar los incentivos que los “mercados de carbono” pueden brindar a las empresas privadas para que éstas inviertan en innovación, desarrollo e incorporación de tecnologías más limpias. En pocas palabras, lo que se plantea es que si una firma emisora de GEI que participa de un sistema de comercio de permisos realiza esfuerzos de I&D a fin de crear nuevas tecnologías más limpias podrá obtener una doble ganancia de eficiencia. Por un lado, podrá disminuir su costo de cumplir con sus compromisos cuantitativos de reducción de GEI. Por el otro, si logra disminuir sus emisiones más allá de los límites permitidos, podrá obtener una ganancia “extra” derivada de la venta de los permisos “que le sobran” en el mercado.

Tal como su nombre lo indica, en los mercados de carbono se realizan “transacciones de carbono”, es decir, se intercambian contratos de compra y venta donde una parte paga a otra por una cantidad determinada de reducción de emisiones de GEI, ya sea en la forma de permisos de emisión o bien de créditos provenientes de la realización de proyectos en países de Europa del Este o PEDs (BM, 2007; 2006).

Las transacciones de carbono pueden agruparse, por lo tanto, en dos grandes categorías: por un lado, las transacciones basadas en permisos, en las que el comprador (firmas o estados regulados) adquiere permisos de emisión creados y asignados por reguladores bajo regímenes *cap-and-trade*. Por el otro, las transacciones basadas en proyectos, donde el comprador adquiere certificados de reducción de emisiones derivados de la realización de proyectos que demuestren que mitigan GEI en comparación de lo que hubiera ocurrido en ausencia de los mismos.

Por lo tanto, cada empresa sujeta a compromisos cuantitativos de reducción de GEI enfrenta la decisión de cómo cumplir con sus obligaciones. Algunas reducirán emisiones internamente de modo tal de cumplir con sus metas asignadas. Otras invertirán y actualizarán su stock de capital de modo tal de mitigar más allá de lo permitido y generar así permisos extra para vender en el mercado. El resto, en cambio, hallará mayor racionalidad en salir a comprar permisos o bien importar

certificados de reducción de emisiones provenientes de la realización de proyectos en PEDs y/o Europa del Este.

Existen en la actualidad varios mercados de carbono que involucran tanto permisos como certificados basados en proyectos. Cada uno de ellos es complejo y está influido tanto por el desarrollo de políticas y regulaciones como por *fundamentals* de mercado, exhiben diferentes grados de desarrollo en diferentes partes del mundo y dependen fuertemente de la evolución de las propias políticas nacionales y regionales que les dieron origen.

Los mercados de permisos más importantes que existen en la actualidad son cuatro y fueron creados por políticas regulatorias nacionales (tal es el caso del EU ETS) o bien por compromisos voluntarios pero vinculantes que impusieron restricciones sobre las emisiones (actuales o anticipadas) a nivel nacional o subnacional (UK ETS, CCX, NSW): *i*) el *European Union Emission Trading Scheme* (EU ETS), creado en el año 2005 con el fin de que los países miembros de la Unión Europea ganen experiencia y se preparen para cumplir con sus compromisos en el marco del PK; *ii*) el *New South Wales GHG Abatement Scheme* (NSW GGAS), un esquema de comercio de emisiones estadual de Australia creado en enero de 2003 con el objetivo de reducir las emisiones de GEI asociadas con la producción y uso de electricidad; *iii*) el *Chicago Climate Exchange* (CCX), un mercado voluntario de Estados Unidos creado en 2003 para reducir las emisiones de GEI, y *iv*) el *United Kingdom Emissions Trading Scheme* (UK ETS), un esquema de comercio de emisiones de participación voluntaria creado en el Reino Unido en 2002.

Por su parte, los principales mercados de certificados basados en proyectos son dos, ambos nacidos de los mecanismos de flexibilidad contemplados en el PK: *i*) el mercado de *Certificates of Emission Reductions* (CERs), los certificados de reducción de emisiones que emanan de proyectos realizados en PEDs en el marco del MDL; *ii*) el mercado de *Emission Reductions Units* (ERUs), los certificados creados por proyectos realizados en países de Europa del Este en el marco del mecanismo de IC. Estos créditos son creados utilizando metodologías aprobadas y son certificados independientemente por una autoridad reconocida antes de ser emitidos.



La demanda en estos mercados se deriva, fundamentalmente, del nivel del tope máximo de emisiones impuesto, es decir, del número de permisos emitidos. Este tope a las emisiones debe ser fijado de manera tal de que no sea demasiado ambicioso para ser incumplible pero tampoco demasiado permisivo para ser inútil. Los principales compradores de permisos y certificados son, por lo tanto, los gobiernos interesados en cumplir con sus compromisos de Kyoto, compradores europeos privados interesados en el EU ETS, multinacionales norteamericanas que operan en Japón y Europa o que se preparan para participar de iniciativas regionales en EE.UU., compañías energéticas y grandes consumidores regulados por el mercado australiano de NSW y empresas norteamericanas con objetivos de reducción voluntarios pero vinculantes en el CCX. Asimismo, existe un creciente segmento minorista que vende reducciones de emisiones (ERs) a individuos y empresas (bancos, emisores de tarjetas de crédito, fondos de inversión privados) que buscan compensar sus propias exigencias de emisiones.

Durante el año 2005 hubo un fuerte crecimiento en los mercados de carbono gracias a que la primera fase del EU ETS (lanzada en enero de ese año) y la entrada en vigencia del PK (seis semanas después) aumentaron la certeza y credibilidad regulatoria de la iniciativa de mitigación global. En el año 2008 se transaron en estos mercados más de USD 100 mil millones, 84% más que en 2007. El mercado estuvo dominado por la venta y reventa de permisos transados en el EU ETS. Cabe destacar que, aun con sus limitaciones, el MDL proveyó un vehículo efectivo para que los PEDs participen en el esfuerzo global orientado a reducir las emisiones de carbono.

No obstante, para que el comercio de permisos de emisión realmente pueda inducir a las firmas privadas a desarrollar tecnologías menos intensivas en GEI es preciso que éste arroje señales de largo plazo que sean percibidas como permanentes en el tiempo. La lógica de esto radica en que la inversión en bienes de capital e I&D involucra el largo plazo. La vida útil media de los equipos en sectores intensivos en capital así como las inversiones en infraestructura involucra varias décadas, por lo que una empresa no invertirá en el desarrollo de tecnologías más limpias si no tiene un panorama más o menos claro sobre qué ocurrirá en

materia ambiental a nivel local e internacional en un período que exceda, al menos, el tiempo de amortización de su inversión. Por lo tanto, para que el valor del carbono sea realmente incorporado a las decisiones de inversión de las firmas privadas, las señales regulatorias necesitan reflejar este horizonte temporal. Las firmas deben prever que en el largo plazo las reglas no cambiarán (o, al menos, que los precios de la tonelada de carbono serán crecientes en el tiempo) y que seguirá siendo necesario realizar esfuerzos de mitigación. De no ser así, dudosamente querrán incurrir hoy en gastos de inversión que no le reportarán ganancias mañana. En otras palabras, las firmas deben tener (relativa) seguridad de que podrán recuperar en el futuro la inversión en tecnologías limpias que realicen hoy, mediante la reducción de los costos futuros de mitigación y la venta de permisos de emisión. Ninguna empresa incurrirá en cuantiosos gastos y potenciales pérdidas de competitividad para cumplir con una regulación que posiblemente deje de estar en vigencia en pocos años. Si no pueden imputar beneficios futuros, difícilmente les cierre la ecuación económica en materia de innovación e inversión en tecnologías limpias.

Por todo lo anterior, un componente fundamental que debe estar presente en todo sistema de incentivos que se diseñe para modificar el comportamiento contaminante de las firmas privadas es una estructura de precios de largo plazo del carbono que envíe señales claras en materia de “premios” por la realización de esfuerzos ambientales innovativos, de manera tal de que el carbono sea incluido definitivamente en los cálculos de las empresas emisoras de GEI.

Sin embargo, la existencia de esta estructura de precios de largo plazo depende de que exista continuidad en el tiempo en los requerimientos de cumplir con compromisos cuantitativos de reducción de emisiones. Puesto que los mercados de carbono surgen por la necesidad de cumplir con metas ambientales, si no hay obligación de cumplir con ellas no habrá empresas que deban salir a comprar permisos de emisión porque sus propios esfuerzos de mitigación no alcanzan. Sin demanda no habrá mercado y sin mercado desaparecerá el canal a través del cual una firma innovativa en materia ambiental puede obtener ganancias (pues no existirá un ámbito donde vender los derechos de emisión que

le “sobran” por haber logrado reducir emisiones más allá de su límite permitido). Asimismo, si no se prevé una continuidad en las exigencias en materia de cumplimiento de compromisos de mitigación, es decir, si parece improbable que en el futuro siga siendo obligatorio reducir emisiones, se pierde el incentivo a buscar mejoras de eficiencia pues ¿cuál es el sentido de reducir costos futuros de mitigación si en el futuro posiblemente no sea obligatorio realizar esfuerzos de mitigación?

En otras palabras, una firma innovadora puede obtener ganancias en un sistema de comercio de permisos siempre y cuando exista un horizonte de largo plazo contra el cual proyectar beneficios a futuro derivados de su inversión en tecnologías limpias hoy. Y esto depende de que se acuerden metas globales de mitigación mucho más allá del año 2012. Sin acuerdo de metas no habrá señales (precios) de largo plazo en los mercados.

En este contexto, surge un nuevo interrogante que, lamentablemente, no podemos responder en este trabajo: ¿Cómo lograr que exista un marco de continuidad en las negociaciones internacionales de forma tal de que se generen señales de largo plazo en los mercados de carbono? Esta pregunta se liga estrechamente con la discusión académica –y política– actual sobre cómo darle continuidad a las iniciativas de mitigación del Cambio Climático luego del fin del primer período de compromiso del PK (2012). La mayoría de las propuestas que se están considerando se relacionan con la inclusión de los PEDs en el esfuerzo global de manera vinculante (es decir, que sea obligatorio para ellos también reducir emisiones) y con una posible migración desde el cumplimiento de metas cuantitativas hacia la cooperación para el desarrollo, transferencia y difusión de tecnologías menos intensivas en GEI.

## 6. Conclusiones

La Ciencia y la Economía están comenzado a acercar posiciones y a sugerir que el Cambio Climático posiblemente sea el problema ambiental, económico y político más grave y severo que deberemos enfrentar como comunidad mundial durante los próximos años.

La principal dificultad que el Cambio Climático presenta es que posee ciertas características económicas que vuelven muy difícil el diseño e implantación de políticas óptimas: se trata de un problema ambiental global que implica la necesidad de coordinación internacional; es el resultado de una externalidad negativa derivada de la quema de combustibles fósiles para la producción industrial que tuvo lugar históricamente en los PDs; la limitación de sus efectos puede verse como el equivalente a proveer un bien público global, lo que implica que el nivel de provisión (privada) actual es subóptimo y que algunos países pueden adoptar un comportamiento de *free-rider*; constituye un problema stock-flujo que determina un problema temporal que pone en juego un principio de equidad intergeneracional; se deriva de la falta de asignación y protección de los derechos de propiedad sobre el uso de la atmósfera y los recursos naturales de uso público en los PEDs; la comprensión humana del problema está sujeta a numerosas incertidumbres y las industrias de aquellos países que encaren acciones de mitigación de GEI enfrentan altos riesgos de perder competitividad frente aquéllas que no las encaren.

Al considerar el potencial de la innovación tecnológica como posible solución al problema del Cambio Climático se observa que existen dos fallas de mercado que hacen que la inversión privada en I&D orientada a crear nuevas tecnologías más limpias sea subóptima. Por un lado, el hecho de que las emisiones de GEI constituyen una externalidad ambiental (sin intervención, no tienen un precio de mercado), por lo que ni las firmas ni los consumidores tienen incentivo a reducirlas. Por el otro, el hecho de que cuando tenga lugar una innovación, y ésta se vuelva de dominio público, se produzcan derrames de conocimiento que hagan que no todos los beneficios derivados de la innovación puedan ser apropiados por el innovador.

Por lo tanto, gran parte del problema del Cambio Climático radica en la falta de incentivos para el cambio tecnológico orientado a la creación y adopción de tecnologías más limpias. En este sentido, los mercados de carbono (a través de la generación de precios de largo plazo que reflejen los costos globales de las emisiones de GEI) pueden

contribuir a fomentar la I&D, modificando los actuales patrones de inversión y trasladando a la economía global hacia una trayectoria productiva menos carbono-intensiva. Este es el punto fundamental que planteó este trabajo.

Los sistemas de permisos de emisión negociables son instrumentos de política ambiental que influyen en el comportamiento de los emisores de GEI mediante el otorgamiento de incentivos económicos: se emiten permisos por la cantidad total de emisiones autorizadas (“*cap*”) y se distribuyen entre las firmas, pudiendo éstas comercializarlos en un mercado. De esta manera, proveen un mecanismo de flexibilidad para que las empresas que enfrentan metas de reducción de emisiones puedan cumplir con ellas al menor costo posible, pues les permite decidir entre reducir emisiones internamente o comprar permisos en el mercado (lo que les resulte más barato). De esta manera, se logra alcanzar el objetivo de mitigación propuesto por el límite máximo de emisiones permitido al menor costo agregado posible.

Estos sistemas incentivan a las firmas emisoras de GEI a ser innovadoras en materia ambiental al brindar la posibilidad de vender permisos “extra” en el mercado. De esta manera, se abre una oportunidad de negocio para aquellas firmas que logren reducir sus emisiones en exceso de lo exigido y tengan, por lo tanto, permisos para vender. En este sentido, resultan claves las señales que puedan enviar los mercados que se creen para comercializar estos permisos: los precios por tonelada de carbono deben ser suficientemente altos y permanentes en el tiempo.

Así, si una firma es innovadora en materia ambiental y logra desarrollar tecnologías menos carbono-intensivas que le permitan reducir sus emisiones más allá de los límites permitidos, podrá obtener una doble ganancia de eficiencia. Por un lado, podrá obtener ganancias derivadas de la reducción de su costo de cumplir con sus compromisos en el tiempo. Por el otro, podrá generar ganancias derivadas de la venta de permisos de emisión en el mercado.

Los mercados de carbono vienen experimentando un crecimiento sostenido desde el año 2005. Existen en la actualidad varios mercados que involucran tanto permisos como certificados basados en proyectos.

En el año 2008 se transaron en ellos más de USD 100 mil millones, casi el doble de lo comercializado en el año 2007. El más importante ha sido el mercado de permisos de la Unión Europea (EU ETS).

El financiamiento que estos mercados proveen se está convirtiendo en un vehículo eficaz para canalizar fondos hacia inversiones dirigidas a la innovación tecnológica, bajo la “zanahoria” de tener que cumplir con las metas de emisión impuestas por el PK o bien por los sistemas voluntarios nacionales o estatales en vigencia. En este sentido, la experiencia reciente del EU ETS, NSW, CCX, UK ETS y de los mercados de certificados MDL e IC estaría demostrando que los sistemas *cap-and-trade* basados en el comercio de permisos pueden brindar incentivos adecuados para ayudar a mitigar el Cambio Climático.

Sin embargo, dado que la inversión en bienes de capital e I&D involucra el largo plazo, las señales de precio creadas en estos mercados necesitan reflejar este horizonte temporal. Y debido a que el PK sólo contempla el periodo 2008-2012 y enfrenta múltiples incertidumbres políticas en lo que respecta a su futuro, no logra generar aún precios futuros del carbono que permitan dar un salto cualitativo en materia de incentivos a la inversión privada agregada dirigida al desarrollo de tecnologías más limpias.

Por lo tanto ¿puede corregirse la mayor falla de mercado de la historia, el Cambio Climático, mediante más mercado?

La principal conclusión que se desprende de este trabajo es que con “más mercado”, es decir, con la maduración, consolidación y expansión de los mercados de carbono existentes y la creación de otros nuevos que logren arrojar altos precios para el carbono en el largo plazo, se podría contribuir a corregir la enorme falla de mercado que representa el Cambio Climático. Sin embargo, los mercados existentes a la fecha no logran proveer señales con un horizonte temporal suficientemente extenso como para que las firmas puedan proyectar beneficios a futuro derivados de la inversión en tecnologías limpias hoy. Y esto es consecuencia de que no se han logrado acordar aún metas globales de mitigación más allá del año 2012. Por lo tanto, hoy por hoy, la simple existencia de los mercados en su forma actual resulta insuficiente: se precisa de la voluntad política internacional para acordar metas globales de mitigación más allá del

año 2012, pues sin acuerdo de metas no habrá señales (ni mercados) de largo plazo.

Quedan abiertos, por lo tanto, muchos interrogantes. El principal de ellos es ¿cómo lograr que exista un marco de continuidad en los esfuerzos internacionales para mitigar el Cambio Climático? La respuesta a esta pregunta excede el marco del presente trabajo, pues debe buscarse en los intereses, prioridades y voluntades políticas de los decisores de las principales economías del mundo.

En conclusión, la idea fundamental que se ha intentado transmitir es que, proveyendo incentivos correctos, es posible que la economía global se mueva hacia una trayectoria menos intensiva en GEI en la que el crecimiento económico, la maximización del beneficio privado y el cuidado del medio ambiente sean compatibles.

## 7. Notas

- 1 El IPCC es la “autoridad científica” en esta temática. Fue creado en 1988 por la Organización Mundial del Clima y el Programa de Naciones Unidas para el Medioambiente (PNUMA).
- 2 Alemania, Australia, Austria, Bélgica, Bielorrusia, Bulgaria, Canadá, Dinamarca, España, Estados Unidos, Estonia, Rusia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Islandia, Irlanda, Italia, Japón, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Nueva Zelanda, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Rumania, Reino Unido, Suecia, Suiza, Turquía y Ucrania. Un enmienda de 1998 incluyó también a Croacia, Eslovaquia, Eslovenia, Liechtenstein, Mónaco y la República Checa.
- 3 Firmado en Kyoto, Japón, en el marco de la COP3.
- 4 El PK tiene por objeto reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero: CO<sub>2</sub>, metano, óxido nitroso y tres gases industriales fluorados: hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).
- 5 Las metas individuales de reducción de GEI fueron establecidas en el Anexo B del Protocolo de Kyoto y pueden ser consultadas en: [http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/background/items/3145.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/background/items/3145.php)

- 6 El dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e) es la unidad universal de medida utilizada para indicar el Potencial de Calentamiento Global (GWP, por sus siglas en inglés) de los GEI, siendo el CO<sub>2</sub> el gas de referencia contra el cual se miden los demás. El GWP es un indicador que define el efecto de calentamiento a lo largo del tiempo (la medida más usada es 100 años) que produce una liberación instantánea hoy de 1kg de un gas de efecto invernadero, en comparación con el causado por el CO<sub>2</sub>. Tiene en cuenta la capacidad de cada GEI de intensificar el efecto invernadero así como su tiempo de permanencia en la atmósfera. Ejemplo de equivalencia: 1 tn de metano = 21 ton CO<sub>2</sub>e (es decir, el potencial de calentamiento global del CO<sub>2</sub> para un horizonte de 100 años es 1, mientras que el del metano es 21).

## 7. Referencias

- Azqueta, D. (2002). *Introducción a la Economía Ambiental*, Madrid: Editorial Mc Graw Hill.
- Banco Mundial-IETA (2007). "State and trends of the carbon market 2007," (mayo), disponible en: [http://carbonfinance.org/docs/Carbon\\_Trends\\_2007-\\_FINAL\\_-\\_May\\_2.pdf](http://carbonfinance.org/docs/Carbon_Trends_2007-_FINAL_-_May_2.pdf).
- Banco Mundial-IETA (2006). "State and trends of the carbon market 2006," (mayo), disponible en: <http://www.ieta.org/ieta/www/pages/download.php?docID=1667>
- Chidiak, M. (2001). "A positive analysis of voluntary agreements to reduce industrial greenhouse-gas emissions." *Tesis de Doctorado en Economía Industrial*, defendida el 23/10/2001, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris.
- Chidiak, M. (2006). "Negociaciones post 2012. ¿Cuál es el rol de los países en desarrollo?" Documento elaborado para la Unidad de Cambio Climático de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, septiembre de 2006.
- CMNUCC (1992). *Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático*, disponible en <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>.



- G8 (2005). Documentos sobre cambio climático de la Cumbre de Gleneagles, disponibles en [http://www.g8.gov.uk/servlet/Front?pagename= Open Market/Xcelerate/ShowPage&c=Page&cid=1119518704554](http://www.g8.gov.uk/servlet/Front?pagename=OpenMarket/Xcelerate/ShowPage&c=Page&cid=1119518704554)
- Goulder, L. y W. Pizer (2006). "The Economics of Climate Change", *Resources for the Future*, Discussion Paper 06-06.
- IPCC (2007). "Climate Change 2007: The physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change," disponible en <http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.html>.
- Kolstad, C. (2001). *Economía Ambiental*, Oxford University Press, México.
- Schellnhuber, H. (Ed.) (2006). *Avoiding Dangerous Climate Change*, Cambridge University Press.
- Stern, N. (2006). "Stern Review on the Economics of Climate Change: What is the Economics of Climate Change", *Discussion Paper*, 31 (enero).
- The Economist* (2006). "The heat is on: A special report on climate change," (septiembre) 9-15.