

# Limitaciones, omisiones y juicios de valor del análisis económico convencional de las políticas de cambio climático

Emilio Padilla Rosa\*



Horno solar.

## RESUMEN

En el presente artículo se ponen de manifiesto los numerosos problemas del análisis económico convencional aplicado en la evaluación de las políticas de mitigación del cambio climático causado antropogénicamente. Tras señalar las principales características del fenómeno, se destacan las limitaciones, juicios de valor y omisiones que han caracterizado a la mayor parte de modelos aplicados hasta el momento. Éstas actúan de forma casi abrumadora sesgando el resultado hacia la recomendación de una menor agresividad en las políticas de mitigación. En

consecuencia, se cuestiona que los resultados obtenidos por los modelos convencionales de evaluación guíen adecuadamente la respuesta al problema. Uno de los puntos que analiza el artículo es el de las consecuencias que conlleva adoptar la estructura de derechos —muy desigual— que asume de forma implícita el análisis económico convencional. El artículo propone un planteamiento alternativo que considere una estructura de derechos coherente con el desarrollo sostenible. Finalmente, se señalan algunos de los puntos que deberían tenerse en cuenta para realizar un análisis de las políticas de mitigación coherente con el desarrollo sostenible y más transparente para ayudar a la toma de decisiones.

\* Departamento de Economía Aplicada, Universitat Autònoma de Barcelona. Edificio B, 08193 Bellaterra. E-mail: emilio.padilla@uab.es.

El autor desea agradecer los comentarios y sugerencias de los profesores Federico Aguilera, Vicent Alcántara, Jeroen C.J.M. van den Bergh, Joan Martínez Alier, Giuseppe Munda, Joan Pasqual y Jordi Roca, así como el soporte financiero de los proyectos BEC2003-01831 del Ministerio de Ciencia y Tecnología y 2001SGR-160 de la Direcció General de Recerca.

## INTRODUCCIÓN

El calentamiento del planeta ha generado una preocupación medioambiental sin precedentes. Paralelamente, se ha hecho patente que el análisis económico convencional y los métodos de evaluación y gestión que prescribe no son capaces de aportar una

respuesta adecuada. Una particularidad del problema es que las consecuencias para cada país no dependen de su contribución individual sino del deterioro global. Otra es que sus efectos son muy duraderos, cuando no irreversibles. Por último, la complejidad de los procesos alterados hace que se dé una gran incertidumbre en torno a qué impactos ocurrirán. Estas características, junto con el acceso libre a un medio ambiente compartido por todos, individuos presentes y futuros, provocan que no se den los incentivos necesarios para una gestión adecuada.<sup>1</sup> Estamos ante un problema de externalidades, de magnitud desconocida, causadas sobre bienes que tienen características de bien público a escala global y a nivel intra e intergeneracional. En este contexto, las recetas típicas al problema de externalidades no representan una solución.<sup>2</sup>

La preocupación que ha generado la intensificación del efecto invernadero se ha visto reflejada en la celebración de numerosas conferencias internacionales. El resultado más visible ha sido el compromiso de reducción de emisiones establecido por el Protocolo de Kyoto en 1997.<sup>3</sup> Éste se vio empañado por la incapacidad de llegar a un acuerdo para hacerlo operativo en la macro conferencia de La Haya en 2000 (donde participaron 184 países y más de 6000 delegados sin obtener resultado alguno), además de por la posterior negativa de Estados Unidos (responsable directo de más de la cuarta parte de emisiones globales) a respetar lo acordado en Kyoto y su nefasto plan energético.<sup>4</sup> En Bonn 2001 se llegó a un acuerdo que, pese a suavizar notablemente lo acordado en Kyoto, no pudo incluir al principal responsable del problema. Finalmente, el reciente anuncio de ratificación por parte de Rusia facilitará la entrada en vigor del Protocolo.<sup>5</sup> La preocupación está más que justificada si se tiene presente la mayor inestabilidad climática y los desastres naturales ocurridos en la última década que se han relacionado con el cambio climático, como el huracán Mitch en 1998 o las inundaciones de Venezuela en 1999.<sup>6</sup> Lamentablemente, el análisis económico convencional no ha sabido estar a la altura de esta preocupación, sino que más bien se ha utilizado para legitimar y dar una justificación «científica» a la no-regulación pública y la libre actuación del sector energético. Este trabajo discute las limitaciones, omisiones y juicios de valor del análisis económico convencional que han llevado a este resultado y examina los puntos que deberían con-

siderarse en el análisis de las políticas del cambio climático para que éste sea coherente con el requerimiento de un desarrollo sostenible.

El trabajo se organiza de la siguiente forma. En el apartado 2 se explica brevemente el funcionamiento y las incertidumbres del efecto invernadero, sus consecuencias sobre el clima y los impactos potenciales del cambio climático. En el apartado 3 se estudian los problemas de la aplicación del análisis económico convencional y en el 4 los sesgos, arbitrariedades y omisiones que se han introducido en el estudio de las políticas a aplicar. En el 5 se señalan algunos puntos a considerar para un análisis coherente con el desarrollo sostenible. Finalmente, en el 6 se recogen las principales conclusiones.

<sup>1</sup> Habitualmente se identifica este problema con la tragedia de los comunes, descrita por Hardin (1968). Esto no sería correcto, ya que la gestión comunitaria de bienes públicos funciona adecuadamente en muchos casos. El problema es más bien el del «acceso libre», donde no existe gestión alguna que limite el uso de los recursos (Aguilera Klink, 1992).

<sup>2</sup> Estas recetas están diseñadas para alcanzar la eficiencia económica mediante la internalización de externalidades cuando éstas afectan a generaciones presentes, está claro quienes son las partes implicadas, no existe incertidumbre sobre las valoraciones y éstas se pueden expresar en términos monetarios.

<sup>3</sup> El Protocolo de Kyoto implicaba una reducción de emisiones en 2008-2012 del 5,2% respecto el nivel de 1990 en los países industrializados. La reducción acordada para Japón era del 6%, para Estados Unidos del 7% y para la Unión Europea del 8%. En España el acuerdo suponía un límite al crecimiento de emisiones del 15%, aunque en 2000 ya habían aumentado el doble. Para entrar en funcionamiento debía ser ratificado por 55 países que sumaran al menos el 55% de las emisiones mundiales y además se debía establecer un plan de aplicación.

<sup>4</sup> Nefasto para el medio ambiente, pero no para las compañías del sector energético que financiaron la campaña del sr. Bush.

<sup>5</sup> Ésta se ha visto facilitada por el apoyo de la UE a la entrada de Rusia en la OMC y el asentimiento a compensar las supuestas pérdidas rusas causadas por la ampliación de la UE. Con Rusia son ya 125 los países que han ratificado el Protocolo y se ha superado el 55% de emisiones globales requerido.

<sup>6</sup> En el caso del Caribe, los desastres se han ligado a la intensificación del fenómeno climático 'El Niño' (corriente oceánica de la costa de Chile).



## COSTES OCULTOS

### EFECTO INVERNADERO, CALENTAMIENTO GLOBAL Y CAMBIO CLIMÁTICO

El calentamiento del planeta y el consiguiente cambio climático mundial se producen por el llamado efecto invernadero. Este fenómeno se origina de forma natural, provocado por una serie de gases presentes en la atmósfera, y es el responsable de que disfrutemos de temperaturas que hacen habitable la Tierra.<sup>7</sup> El problema surge a causa de que la actividad humana ha acelerado la acumulación de estos gases y, como consecuencia, ha generado un proceso de calentamiento.<sup>8</sup>

#### Funcionamiento del efecto invernadero

El sol irradia continuamente energía. Parte de la radiación solar que llega hasta la Tierra es parada por la atmósfera, mientras que otra parte la traspasa y llega hasta la superficie. La radiación entrante calienta la Tierra, provocando que ésta irradie energía térmica en forma de rayos infrarrojos. Mientras la absorción es mayor que la radiación saliente, la superficie terrestre sigue calentándose, hasta que llega un punto en que la intensidad de la radiación térmica saliente alcanza el nivel de la

radiación solar absorbida. Algunos gases de la atmósfera son transparentes a la luz solar y opacos a la radiación infrarroja reflejada por la Tierra, de manera que bloquean su salida y provocan el calentamiento de la atmósfera. Este calentamiento intensifica la radiación térmica saliente hasta que alcanza el nivel de la energía solar entrante y se consigue un nuevo equilibrio a una temperatura superior a la inicial. Los gases con estas características son los denominados gases de efecto invernadero. Los más importantes son el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), clorofluorocarbonos (CFCs), hidrofluorocarbonos (HFCs), pentafluorocarbonos (PFCs) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), siendo el primero el que, con diferencia, ha tenido mayor responsabilidad.<sup>9</sup> Las emisiones antropogénicas de estos gases han provocado una fuerte intensificación del efecto invernadero que está acelerando el ritmo de calentamiento del planeta.<sup>10</sup> En su mayor parte éstas son debidas a la quema de combustibles fósiles para la obtención de energía, siendo las centrales térmicas generadoras de energía eléctrica y el transporte algunos de los principales focos emisores.

#### Incertidumbres asociadas al cambio climático

En torno al problema del cambio climático se dan incertidumbres no manejables con los métodos habituales de gestión de riesgo. Bajo ciertas condiciones (riesgos determinados exógenamente y certeza sobre los diferentes resultados posibles y sus respectivas probabilidades) los métodos convencionales pueden conducir a una asignación eficiente en presencia de riesgo. Estas condiciones no se dan en el caso del cambio climático, donde los riesgos son poco entendidos y además dependen de las actuaciones que lleven a cabo los humanos.

Existen incertidumbres e ignorancia sobre cuestiones básicas. Para empezar está la dificultad de medir con exactitud el nivel de emisiones y, peor aún, de hacer previsiones sobre las concentraciones futuras. En segundo lugar, se dan gran cantidad de interacciones que hacen muy complejo el estudio de la relación entre emisiones y calentamiento.<sup>11</sup> En tercer lugar, aun suponiendo un determinado aumento de la temperatura promedio, existe una gran incertidumbre sobre cuál sería el impacto climático en las diferentes regiones del planeta. En cuarto lugar

<sup>7</sup> Sin la presencia de estos gases la temperatura promedio de la superficie terrestre sería de unos  $-17^{\circ}\text{C}$ .

<sup>8</sup> El efecto invernadero fue teorizado en 1896 por el químico sueco Svante Arrhenius. En Schelling (1992) o Hernández Álvarez (1999) se pueden encontrar explicaciones sencillas del fenómeno.

<sup>9</sup> Según el IPCC (2001a) entre 1750 y 2000 la contribución del CO<sub>2</sub> habría sido del 60%, la del CH<sub>4</sub> del 19,8%, la de los CFCs del 14% y la del N<sub>2</sub>O del 6,2%, medido en términos de fuerza radiante.

<sup>10</sup> La concentración de CO<sub>2</sub> ha aumentado un 31% entre 1750 y 2000, de 280 a 366,8 ppm. Los escenarios de emisiones del IPCC (2000) prevén una concentración de entre 490 y 1200 ppm al final de este siglo.

<sup>11</sup> De las emisiones de CO<sub>2</sub> emitidas cada año se estima que aproximadamente la mitad son absorbidas por los sumideros naturales en los años posteriores (entre 10 y 30 años); la otra mitad contribuye a incrementar la concentración existente. Mientras que el CO<sub>2</sub> no causa efectos secundarios, otros gases de efecto invernadero más inestables originan diversas reacciones químicas (causando problemas como la destrucción del ozono o la lluvia ácida) de forma que su efecto final sobre el calentamiento global es mucho más difícil de determinar.



## Limitaciones, omisiones y juicios de valor del análisis económico convencional...



Placas fotovoltaicas.

está la dificultad de identificar y estimar la magnitud de los impactos que el cambio climático puede producir en el medio ambiente y en el bienestar humano. Por último, la incertidumbre persiste cuando se intenta estimar (en términos monetarios) qué sacrificio comportaría un mayor control de emisiones. En cada una de estas etapas se hace necesaria la colaboración de especialistas de múltiples campos de las ciencias sociales y naturales. En el caso del cambio climático se hace patente, más que en ningún otro, que la consecución de un desarrollo sostenible es una tarea que implica una intención interdisciplinaria.

### Calentamiento global y cambio climático

Según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2001a) la temperatura media de la superficie terrestre ha aumentado alrededor de 0,6°C desde 1861 (primer año para el que se dispone de datos). Se estima que el aumento en los últimos 10000 años ha sido de un grado centígrado, siendo el ritmo de calentamiento constante hasta las últimas décadas del siglo XX en que se ha acelerado hasta llegar a 0,15°C de aumento por década. Los años 1990 y 1998 han sido respectivamente la década y el año más calurosos del siglo.

El IPCC ha estimado que la temperatura media podría aumentar entre 1,4 y 5,8°C entre 1990 y el final del siglo XXI. Las sucesivas previsiones del IPCC han ido confirmando las perspectivas más pesimistas (la anterior estimación del IPCC (1996) era de un incremento entre 1,0 y 3,5°C). Este aumen-

to supondría un calentamiento sin precedentes en la historia de la humanidad, provocando, entre otros fenómenos, una elevación del nivel del mar de entre 0,09 y 0,88 metros (margen calculado sin tener en cuenta la posibilidad de fenómenos extremos, como el deshielo de los casquetes polares).

Pero, el verdadero problema del cambio climático no es el aumento de la temperatura promedio sino las anomalías y cambios climáticos asociados que puedan experimentarse. El resultado de un calentamiento global puede ser de más calor o más frío, más lluvias o más sequías según las zonas y en general el de una mayor inestabilidad climática, con más frecuencia de desastres naturales como huracanes, sequías o inundaciones. La relación entre calentamiento promedio y cambio climático es una relación muy compleja. El aumento de temperatura media puede servir como un indicador de la gravedad del problema, ya que a mayor calentamiento mayores serán las alteraciones climáticas, pero nada indica que esta relación sea lineal.

### Impactos del cambio climático

No es posible saber con certeza cuáles serán los impactos del cambio climático. Algunos de los que se enumeran habitualmente son: costes en agricultura, pérdida de biodiversidad y masa forestal, elevación del nivel del mar, enfermedades, costes energéticos, costes por migraciones, desastres naturales, pérdidas en actividades recreativas y problemas de suministro de agua.

Existe incertidumbre sobre la distribución territorial de los impactos del cambio climático.<sup>12</sup> Algunos efectos como la elevación del nivel del mar y las inundaciones afectarán más gravemente a las islas y las zonas costeras. Además, la acentuación de la presión climática en áreas críticas hace más factibles las catástrofes y anomalías climáticas. En concreto, la frecuencia de tifones y huracanes tenderá a aumentar en las zonas próximas a las aguas más cálidas (caso del Caribe y el sureste asiático).<sup>13</sup> Esta previsión parece verse confirmada por alguno de los

<sup>12</sup> Si el calentamiento es pequeño los impactos podrían ser localmente positivos en algunas zonas. Pej. mayor disponibilidad de agua, mejores cosechas o menores problemas de salud por inviernos menos fríos.

<sup>13</sup> Emanuel (1987) establece una relación exponencial entre el número de huracanes y el cambio de temperatura.

desastres climáticos más dramáticos de la última década. En cuanto a la Península Ibérica, se prevén mayores problemas en el abastecimiento de agua debido a menores precipitaciones y una mayor desertización.

Se han elaborado diversos modelos de análisis integrado, con distinto grado de complejidad, intentando incorporar las interrelaciones entre clima y economía (se puede encontrar una revisión en Rotmans *et al.*, 1998). Mediante estos modelos se han realizado estimaciones en términos monetarios de los efectos del cambio climático global, así como de las políticas de control de emisiones. En general, los resultados indican que en los países ricos un calentamiento pequeño no tendría un impacto económico importante, mientras que las pérdidas aumentarían con mayores niveles de calentamiento. En todo caso afectaría a la agricultura, la cual representa un porcentaje muy pequeño del PIB. No es el caso de los países pobres, donde la importancia de las actividades que podrían verse afectadas por el cambio climático es mucho mayor, especialmente la producción de alimentos.<sup>14</sup> Cualquier nivel de calentamiento provocará pérdidas en la mayoría de países pobres, siendo éstas mayores cuanto mayor sea el calentamiento. Estos impactos aumentarían la desigualdad, debido en parte a la menor capacidad de adaptación y la mayor vulnerabilidad de los países pobres. En algunos casos, el impacto local podría ser catastrófico. En conjunto, se calcula que el PIB global cambiaría poco con aumentos pequeños de temperatura mientras que las pérdidas netas

incrementarían con aumentos más grandes (IPCC, 2001b). En cualquiera de los casos, los seres humanos perjudicados serían muchos más que los beneficiados. No obstante, las diferencias en el grado de impacto en las distintas zonas provoca graves problemas en la búsqueda de soluciones al problema del calentamiento global, ya que acentúan los incentivos a comportarse de forma oportunista (problema del *free-rider* o pasajero sin billete) por parte de aquellos menos afectados y que a su vez más contribuyen al problema.

Existe la posibilidad de que se den una serie de impactos extremos como cambios en la circulación oceánica, el deshielo de los casquetes polares, un calentamiento acelerado debido a efectos retroalimentados del ciclo del carbono en la biosfera terrestre o la liberación de bolsas de carbono y metano. En caso de ocurrir, sus efectos serían de gran magnitud e irreversibles a largo plazo. La probabilidad de estos fenómenos depende de la velocidad, magnitud y duración del cambio climático, aunque es desconocida (IPCC, 2001b). En los cálculos habituales simplemente se asume que es mínima o, más frecuentemente aún, se ignora.

En cuanto al gasto necesario para hacer un importante control de emisiones, según la mayoría de cálculos estaría en torno al 2% anual del PIB global. Como afirma Schelling (1992), éste únicamente «pospone el PIB de 2050 a 2051» (p. 8).<sup>15</sup> El IPCC (2001c) estima el coste de estabilizar las concentraciones atmosféricas a 450, 550 y 650 ppm en el rango 2'5-18, 1-8 y 0'5-2 x 10<sup>12</sup>\$ respectivamente (medido en dólares estadounidenses de 1990). Muchos economistas han utilizado estas cifras para argumentar que el control de emisiones puede amenazar el desarrollo económico. No obstante, dado que la mayoría de modelos asumen un crecimiento económico global de un 2-3% por año, esto significa que «el coste de un «seguro climático» supone «sólo» un par de años de retraso en alcanzar un impresionante crecimiento en los niveles de ingreso per cápita» (Azar y Schneider, 2002), incluso si este coste representara el 5% del ingreso global por año. En consecuencia, hasta para los modelos más pesimistas la estabilización de las concentraciones atmosféricas es compatible con un gran aumento en el ingreso global. Sin embargo, en general, las recomendaciones de los modelos empleados tienden a sugerir que no es rentable llevar a cabo acciones para mitigar el cambio

<sup>14</sup> Rosenzweig y Parry (1994) concluyen que en los países industrializados la adaptabilidad es más grande, mientras que las oportunidades limitadas de los agricultores en los países pobres les hacen más susceptibles de cargar la peor parte.

<sup>15</sup> Algunos estudios que el sacrificio sería mucho menor: «Los Estados Unidos podrían reducir o compensar sus emisiones de gases de efecto invernadero entre un 10 y un 40 por ciento respecto a los niveles de 1990 a bajo coste o con ahorro neto, si las políticas apropiadas son implementadas» (NAS, 1991; p. 73). Existen tecnologías como paneles solares, motores eléctricos, ventanas dobles, maquinaria con combustión interna mejorada que, por diversas razones, no se han comercializado con éxito. Hay poderosos intereses económicos particulares en juego que lo hacen muy difícil. Además de que la implementación de nuevas tecnologías conlleva algunas inercias y necesita de cierto tiempo (Grubb, 1997).

climático, o que en todo caso éstas deben ser muy limitadas (p.ej. Manne y Richels, 1992, 1999; Nordhaus 1993, 1994; Peck y Teisberg, 1992, 1994, 1999; Manne, *et al.*, 1995; Nordhaus y Yang, 1996; Chakravorty *et al.*, 1997; Nordhaus y Boyer, 1999; Hamaide y Boland, 2000). El análisis económico parece concluir que no existe la necesidad de una política climática seria, resultado que ha influido notablemente la política energética de algunos países industrializados. Pero, como se verá a continuación, los cálculos realizados con estos modelos cuentan con muchas limitaciones, sesgos y omisiones que cuestionan seriamente la validez de sus resultados y prescripciones.

### PROBLEMAS DEL ANÁLISIS CONVENCIONAL APLICADO AL CAMBIO CLIMÁTICO

Buena parte de los modelos utilizados se basan en los instrumentos económicos tradicionales como el análisis coste-beneficio (p.ej. Nordhaus *et al.*, varios años; Peck y Teisberg, 1992; Manne *et al.*, 1995). El análisis económico convencional cuenta con una serie de limitaciones que lo hacen inapropiado para obtener soluciones adecuadas al problema del cambio climático.<sup>16</sup> Por otro lado, también se han elaborado diversos modelos que buscan las sendas coste-efectivas de reducción de emisiones para alcanzar metas específicas de emisiones o de concentraciones atmosféricas. Estos modelos, pese a no ser tan pretenciosos como los análisis coste-beneficio globales, mantienen buena parte de las limitaciones del análisis convencional, además de que, como veremos, la mayoría también incorporan fuertes sesgos en supuestos críticos para sus resultados, lo que limita su capacidad de dar respuestas adecuadas.

#### El descuento de los impactos del cambio climático

La economía convencional da menos importancia a los impactos que tienen lugar en el futuro, de tal forma que el mantenimiento de las condiciones necesarias para la vida en el futuro lejano tiene un valor presente prácticamente negligible. Parte de las controversias en torno a los modelos empleados en el

cambio climático se han centrado en la elección de la tasa de descuento.<sup>17</sup> La tasa de descuento social ( $s$ ) en estos modelos generalmente se expresa con la llamada fórmula de Ramsey:

$$s = \rho + \eta g$$

donde  $\rho$  es la tasa de preferencia temporal pura,  $\eta$  es la elasticidad de la utilidad marginal (valor absoluto) y  $g$  es la tasa de crecimiento del consumo per cápita. Es decir, se descuenta por impaciencia y por la creencia de que en el futuro se será más rico.

El análisis convencional utiliza el descuento temporal de la sociedad actual para descontar todos los costes y beneficios que se darán en el futuro, como si cualquier impacto futuro recayera sobre los individuos presentes. En general, los modelos de optimización empleados para calcular los niveles «óptimos» de emisión o las sendas coste-efectivas para estabilizar las concentraciones consideran a toda la humanidad como si fuera un único agente inmortal.<sup>18</sup>

Sin entrar, de momento, a valorar cuestiones de equidad, parece claro que los supuestos irreales en que se basa el descuento convencional no pueden conducir a una asignación coherente con las preferencias de los individuos. Se descuenta el consumo de los ciudadanos futuros con una tasa que muestra la impaciencia en el consumo propio de la sociedad actual, cuando lo coherente sería considerar las preferencias respecto al bienestar de las generaciones futuras que sufrirán el cambio climático. Se trata de cómo valoramos este bienestar y no de qué queremos ahorrar para consumir nosotros en el futuro. En todo caso debería aplicarse una ponderación interge-

<sup>16</sup> Como afirman Morgan et al. (1999) «muchas cuestiones en el cambio global implican escalas temporales, espaciales y sociopolíticas mucho más amplias de las que tienen los análisis económicos y políticos tradicionales. En tales casos, la aplicación de los instrumentos convencionales de forma acrítica puede violar los supuestos en que se basan y llevar a resultados sin sentido o erróneos...» (p. 271).

<sup>17</sup> Cline (1992), Nordhaus (1994) y Fankhauser (1994) señalan la importancia de esta elección para el nivel recomendado de mitigación de gases de efecto invernadero.

<sup>18</sup> P. ej. Nordhaus (1993) maximiza la integral en el tiempo de la utilidad agregada del consumo ad infinitum de este agente inmortal.



## COSTES OCULTOS

neracional que reflejara adecuadamente estas preferencias (Padilla, 2001). Además, si se utiliza un descuento por encima de la tasa de crecimiento de la economía, se puede llegar al resultado de que el coste actual de un mayor control de emisiones expresado en valor futuro sea mayor que todo el PIB futuro (Rabl, 1996). Decidir no hacer nada desde un principio sería más barato y sincero que utilizar este artefacto.

El argumento de la utilidad marginal decreciente del consumo también es controvertido. Aplicar un alto descuento por una supuesta prosperidad futura podría llevar a comprometer esta prosperidad al restar importancia a los impactos futuros del cambio climático. Además, en muchos de los modelos aplicados al cambio climático se extrapolan las tasas de crecimiento futuras a partir del comportamiento pasado, sin considerar los efectos negativos de este crecimiento sobre el medio ambiente. En todo caso, si se aplica un descuento a los individuos futuros porque se piensa que serán más ricos, este mismo razonamiento justificaría que se ponderen los impactos sobre los individuos presentes en función de su riqueza, lo que rara vez se hace.<sup>19</sup> De hecho, no poner estas ponderaciones está tan cargado de juicios de valor como ponerlas por motivos de equidad.<sup>20</sup> Los modelos empleados suponen que los individuos del futuro serán más ricos, lo que conduce a que no sea «rentable» hacer esfuerzos en el presente para disminuir las emisiones que afectarán a tales afortunados (con una utilidad marginal del consumo mucho menor).<sup>21</sup> Este argumento ignora el hecho de que los países que están provocando el problema son los países más ricos, mientras que los que sufrirán con más crude-

za sus efectos son los más desfavorecidos de los países pobres. De hecho, el cambio climático está afectando ya a los pobres del presente con una mayor frecuencia de anomalías y desastres climáticos. Es, cuanto menos, dudoso que los pobres del futuro estén en unas condiciones mucho más favorables que los ricos del presente, y más aún si se permite que el cambio climático tenga efectos devastadores en sus sistemas ecológicos y socioeconómicos. Si se utilizara coherentemente el argumento de la utilidad marginal, al comparar costes y beneficios se debería tener en cuenta que la hipotética renuncia a un mayor crecimiento que puede suponer un mayor control de emisiones debería correr a cargo de los más ricos (principales emisores), mientras que la reducción del cambio climático facilitaría que no empeorasen las condiciones de vida de los países pobres.

Ciertamente, en el problema del cambio climático lo que no se puede justificar mediante el argumento de la utilidad marginal, ni con el de la preferencia temporal pura, es aplicar un descuento constante en el tiempo, como si los responsables y los afectados fueran los mismos individuos que cada vez son más ricos. En el análisis de políticas y proyectos hay que distinguir entre los proyectos ordinarios o a corto plazo, que afectan a los individuos o generaciones que toman las decisiones, de los problemas que afectan a las condiciones de vida de personas que no participan en el proceso de decisión, donde no sería adecuada la aplicación del descuento convencional, como es claramente el caso del cambio climático (Padilla, 2002).

### El criterio de compensación de Kaldor-Hicks y los problemas de valoración

El análisis coste-beneficio convencional se basa en el criterio de compensación de Kaldor-Hicks, según el cual un proyecto es rentable socialmente si es hipotéticamente posible que los que ganan puedan compensar a los que pierden (criterio de Kaldor), o si no es posible que los que pierden puedan sobornar a los que ganan para que no se haga el proyecto (criterio de Hicks). Cuando el valor presente de los beneficios es mayor que el de los costes, se asume que los beneficiados pueden compensar a los perjudicados y mejorar respecto a la situación inicial (mejora potencialmente pareto-superior). Si la compensación se pagara, todos estarían mejor y se daría una ganancia neta para la

<sup>19</sup> Azar (1999) introduce ponderaciones por equidad para encontrar el nivel de emisiones «óptimo» y muestra que si se valora la pérdida de una vida en un país pobre con el mismo valor monetario que en uno rico, el resultado es de una mayor reducción en los países ricos y global respecto a los modelos convencionales.

<sup>20</sup> Asumir que un euro tiene el mismo valor social tanto si es disfrutado por un rico como si es disfrutado por un pobre está tan cargado de juicios de valor como poner cualquier otra ponderación.

<sup>21</sup> Según Schelling (1995), si en el futuro todos están mejor, la utilidad marginal más grande será la de los pobres del presente y lo más eficiente sería aumentar su estándar de vida. Neumayer (1999) argumenta que un menor descuento sería inconsistente con la equidad intergeneracional, ya que opina que el futuro siempre será más rico.

sociedad (mejora pareto-superior). No obstante, que se dé o no esta compensación no es relevante para el análisis coste-beneficio, simplemente se considera que las ganancias compensan a las pérdidas, sin importar sobre quién recaen.

En evaluaciones ordinarias se puede justificar el análisis coste-beneficio sin compensación si se asume que la utilidad marginal de un euro de costes o beneficios tiene el mismo valor social (lo que es un fuerte juicio de valor); bajo este supuesto, la maximización de beneficios netos también maximiza el beneficio social (Lind, 1997). Otra justificación es que, si hay un gran número de proyectos pequeños, en promedio todos ganan. Como afirma Lind, la validez de estos argumentos depende de que se juzgue correcta la distribución inicial de la renta. En el cambio climático, tanto la gran magnitud de los impactos considerados como la muy desigual distribución entre beneficiados y perjudicados, invalidarían estas justificaciones. En cualquier caso, sería incorrecto hablar de resultados objetivos o libres de juicios de valor.

En el caso del cambio climático, el criterio de Kaldor-Hicks implica suponer que es posible una hipotética compensación entre individuos de ahora y de dentro de 50 o 200 años. Pero la dificultad que comporta hacer efectiva una compensación en problemas intergeneracionales es muy grande, ya que debería sostenerse un fondo de recursos durante un largo período de tiempo, lo que requiere el comportamiento consecuente de muchas generaciones (Lind, 1995). Actualmente, no existen las instituciones necesarias para garantizar que este fondo llegue a manos de quien corresponda. La posibilidad práctica de hacer efectiva una compensación monetaria (o de otro tipo) por el cambio climático es inexistente, luego la lógica central del análisis coste-beneficio pierde sentido en el contexto intergeneracional: no es posible que los que «ganan» compensen a los que «pierden» (no se da un cambio potencialmente pareto-superior).

Otra cuestión es si una compensación monetaria es suficiente. Existe mucha incertidumbre al respecto, asumir que una compensación monetaria es válida requiere hacer supuestos fortísimos, como perfecta sustituibilidad e inexistencia de irreversibilidades, cuestiones nada claras. En el proceso de cambio climático se pueden producir irreversibilidades, catástrofes y destruirse bienes o procesos considerados irrenunciables,

inalienables y por tanto no susceptibles de ser compensados. Hay, además, muchos factores relevantes en la toma de decisiones que es cuanto menos cuestionable que sean traducibles a las valoraciones monetarias realizadas en un mercado (sea éste real o hipotético). En decisiones que afectan a derechos elementales, como las condiciones básicas de vida de las generaciones futuras, puede no ser aceptable el criterio de compensación.

En general, al aplicar el criterio de Kaldor-Hicks los modelos suponen que todo se puede valorar en términos monetarios, aunque sólo tienen en cuenta muy parcialmente los bienes y servicios sin mercados. Pero el supuesto implícito de perfecta sustituibilidad entre todo tipo de bienes no está basado científicamente, sino en la fe o la voluntad de tener modelos más manejables. El criterio de compensación supone además poner precio a las vidas humanas, lo que requiere asumir que es correcto el método para determinar su valor y que se puede comparar el sacrificio de dinero en los países ricos con las vidas de los países pobres (Azar, 2000), lo que de nuevo supone un determinante juicio de valor.<sup>22</sup>

El análisis convencional supone que los valores son conocidos, estáticos y determinados exógenamente. Es fácil valorar un cepillo de dientes, pero ¿cómo valorar p. ej. la extinción de la mitad de las especies? Los individuos no tienen valores bien articulados respecto al valor de los ecosistemas. Los analistas asumen que sí (y que son extrapolables) y los valores monetarios asumidos en sus estudios determinan las políticas preferidas (Lave y Dowlatabadi, 1993). Además, los valores de los ecosistemas tienen más dimensiones que las traducibles en términos monetarios, y estas diferentes dimensiones y los compromisos morales de los diferentes grupos de interés deberían ser parte de los procesos de evaluación y decisión y no simplemente ignorados imponiendo la visión particular de los que consideran que todo debería reducirse a términos monetarios (Funtowicz y Ravetz, 1994).

<sup>22</sup> Una de las cuestiones que generó más controversia y rechazo en el debate del cambio climático fue el uso por parte del IPCC (Pearce et al., 1996) de un valor monetario asignado a una muerte en un país rico 15 veces mayor que en un país pobre.



Distintas regiones, poblaciones y culturas, así como distintas generaciones se ven afectadas de una forma muy diferente por el cambio climático y en algunos casos valoran de forma distinta los mismos bienes (Lave y Dowlatabadi, 1993). ¿A quién representan las valoraciones de los modelos? No tiene excesivo sentido encarar el problema como si hubiera un único decisor, como los análisis que maximizan una función de utilidad *ad infinitum* (caso de e.g. Nordhaus *et al.*, varios años) sin tener en cuenta quién gana y quién pierde en el proceso de maximización y las distintas percepciones.

Incluso en el caso de que fuera posible medir todos los valores y expresarlos en términos monetarios, en el caso del cambio climático se viola el supuesto de cambios marginales y el efecto ingreso en las valoraciones es importantísimo, luego el análisis coste-beneficio basado en medidas marginales no es apropiado. Además, habitualmente utiliza la medida de la disposición al pago en vez de la disposición a aceptar (p. ej. Fankhauser, 1994; Pearce *et al.*, 1996). Existe importante evidencia empírica que demuestra, contrariando la teoría neoclásica, que ambos valores son muy diferentes, aun en el caso de pequeños efectos ingreso. En los estudios de valoración contingente el cociente entre disposición a aceptar y disposición a pagar se sitúa entre 2 y más de 10. En el caso del cambio climático el efecto ingreso es muy importante, lo que provoca que la disposición al pago sea mucho más pequeña al valor de la compensación que aceptarían. Además del efecto ingreso está el efecto dotación (Kahneman y Tversky, 1979), según el cual las pérdidas significan más que las ganancias. La diferencia en-

tre la disposición al pago y a aceptar puede darse también por la consideración de algunos bienes como inalienables. Estas explicaciones, y la evidencia empírica que las soporta, indican que no es correcto utilizar una medida cuando no es la planteada por el problema, y mucho menos en un problema con las magnitudes del cambio climático.

Pero el argumento convencional de Kaldor-Hicks aún tiene otro problema de mayor calado. Beneficiados y perjudicados se encuentran en distintas zonas y pertenecen a distintas generaciones.<sup>23</sup> Esto es particularmente grave cuando los perjudicados son a su vez los que tienen menos recursos para sobreponerse, lo que vuelve a plantear serias cuestiones éticas. ¿Qué otorga (a los ricos del presente) el derecho a destruir el medio ambiente, amparándose en que el supuesto valor monetario del mayor crecimiento económico que se pueda conseguir sea superior a la valoración que se hace del perjuicio causado sobre el futuro? Los países más afectados por el cambio climático son, con toda probabilidad, los países más pobres, mientras que los principales responsables y los únicos que tienen recursos para actuar son los países ricos. Éstos han contraído una deuda ecológica con el resto del mundo y con las generaciones futuras, ya que se han apropiado y han hecho un uso insostenible de un medio ambiente que pertenece a todos los individuos, presentes y futuros.<sup>24</sup> No se justifica, bajo ningún concepto aceptable de equidad o justicia, que los pobres deban soportar la carga del mayor desarrollo de los países ricos.

### La distribución de derechos en el análisis convencional

El análisis económico convencional parte de la premisa de que la Tierra y todos sus recursos, incluido el sistema climático, pertenecen al presente y que éste tiene el derecho a hacer con ellos lo que le plazca, incluido el derecho a destruirlos. Las únicas valoraciones que cuentan son las de los mercados, donde no pueden pujar las generaciones futuras ni los pobres del presente. Pero, ¿es legítimo asumir que éstos no tienen ningún derecho? Considerar que la propia existencia de las generaciones futuras dependa de las preferencias presentes expresables en mercados (reales o hipotéticos) parece éticamente repudiable.

<sup>23</sup> Azar (2000) argumenta que el criterio de Kaldor-Hicks «es inaceptable porque sugerir que tenemos el derecho a causar daño en la persona A para curar a las personas B y C va en contra de nuestro entendimiento básico de lo que es la libertad individual y los derechos humanos» (p. 234).

<sup>24</sup> Existe una reclamación reciente sobre esta deuda ecológica. Según la organización Acción Ecologista «la Deuda Ecológica es la deuda acumulada por los países del Norte frente a los países del Tercer Mundo por el saqueo de sus recursos, por los daños ambientales no reparados y por la ocupación gratuita de espacio ambiental para depositar sus residuos (como son los gases con efecto invernadero)». Martínez Alier (1998) destaca que la deuda ecológica es fruto de la exportación mal pagada y los servicios ambientales proporcionados gratis.

Se asume que existe el derecho natural a contaminar, sin necesidad, por tanto, de compensar a los que sufren las consecuencias de estas emisiones. Desde esta perspectiva, Hamaide y Boland (2000) pretenden superar la limitación del criterio de compensación buscando soluciones «pareto-superiores» (todos ganan). Su solución implica que los países pobres, los más beneficiados por las políticas de mitigación, paguen una compensación económica a China y a Estados Unidos para que éstos controlen sus emisiones. A pesar de la neutralidad de que presume el análisis convencional, es innegable que está cargado de fuertes juicios de valor éticamente cuestionables y políticamente inaceptables.<sup>25</sup>

La compensación potencial implícita en los análisis de optimización consistiría en el pago por parte de los afectados del futuro para que el presente incurra en los «costes» de disminuir sus emisiones. Se llega al nivel óptimo de control cuando el llamado «coste marginal» de reducir emisiones iguala al «beneficio marginal» experimentado por las generaciones futuras, por supuesto, descontado a su valor presente. Es decir, plantea el pago hipotético de una compensación por parte de las generaciones futuras para evitar que destrocemos el sistema que permite las condiciones necesarias para la vida en el futuro. Además, la compensación sería desde los países pobres a los ricos, como muestra el citado trabajo de Hamaide y Boland (2000).

Presentar el problema como costes del presente y beneficios del futuro puede además facilitar la aprobación de políticas desfavorables al futuro ya que habitualmente un fenómeno se valora más cuando se considera como pérdida que cuando se considera como ganancia (Kahneman y Tversky, 1979). Esto puede afectar además a la tasa de descuento elegida; como afirma Mohr (1995), la ambigüedad de la preferencia temporal según se refiera a costes o a beneficios, lleva a que según se presente el problema se pueda persuadir a los ciudadanos a estar de acuerdo con una opinión determinada. Lo peor de todo es que se pretende presentar el resultado como el «científico».

Existen fuertes argumentos para cuestionar la validez ética del punto de vista del análisis convencional y la aplicación del criterio de compensación (hipotética, o más bien inexistente) al cambio climático. En todo caso, está claro que para hacer un análisis más transparente se deberían explicitar los (más que

cuestionables) juicios de valor que se esconden tras los análisis de optimización.

### El punto de vista del desarrollo sostenible

La definición más conocida de desarrollo sostenible dice que es «...el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades.» (WCED, 1987; p. 43). Un desarrollo coherente con esta definición implica que el presente no pueda hacer un uso de los recursos que haga peligrar las oportunidades a disfrutar por el futuro. Esto supone reconocer a las generaciones futuras el derecho a disponer de una capacidad global (ecológica y socioeconómica) no disminuida respecto a la que disfrutamos en la actualidad y, por tanto, la obligación del presente de hacer un uso de los recursos que lo permita. En otras palabras, la Tierra y sus recursos, incluido el sistema climático, no sólo pertenecerían a los ricos del presente sino a todos los individuos, presentes y futuros.

Bajo esta visión, no sería correcta la posición sesgada del análisis convencional cuando habla de los «costes» que supone al presente reducir (o no aumentar demasiado) sus emisiones para que esto repercuta en unos «beneficios» en las generaciones futuras. La cuestión a tratar es la limitación del crecimiento descontrolado de emisiones, reconociendo el derecho de las generaciones futuras a que no se deteriore más su sistema ecológico y socioeconómico. No es dar algo a las generaciones futuras, es dejar de quitarles algo a lo que, desde la perspectiva del desarrollo sostenible, tienen derecho.

El presente tiene la responsabilidad de estudiar cómo afectará su actuación sobre el clima y el medio natural a disfrutar por el futuro y cuál es la forma más eficiente de cumplir con el requisito de sostenibilidad (y por tanto respetar los derechos de las generaciones futuras). Existen fuertes argumentos éticos, morales, deontológicos o contractuales para afirmar que éste sería un punto de partida mucho más adecuado para iniciar el

<sup>25</sup> El resultado sería muy distinto si se considerara una situación inicial donde no hubiera derecho a contaminar y los que sufran tengan derecho a compensación (Azar, 2000).



## COSTES OCULTOS

análisis de las políticas a aplicar en el caso del cambio climático. En el apartado 5, se plantean algunas de las cuestiones a tener en cuenta en un análisis coherente con el desarrollo sostenible.

### ALGUNAS LIMITACIONES, SESGOS Y OMISIONES ADICIONALES

Los problemas de los modelos utilizados para determinar las políticas adecuadas de control de emisiones van más allá de las limitaciones propias de la economía convencional. En general, tanto los análisis de optimización como los análisis de coste-efectividad, incorporan juicios de valor, omisiones y supuestos arbitrarios sobre factores que afectan críticamente a sus resultados. El problema es que los sesgos que se introducen van siempre en el mismo sentido: tienden a infravalorar las pérdidas y sobrestimar las ganancias económicas del cambio climático, llevando a la recomendación de escasa o nula actuación, al menos en el corto plazo.<sup>26</sup>

En primer lugar, se tienden a hacer supuestos altamente optimistas sobre las virtudes del crecimiento económico. Ya se comentó anteriormente que los modelos suponen importantes tasas de crecimiento económico en el futuro justificándose en el crecimiento experimentado en el pasado, sin ni siquiera tener en cuenta su impacto negativo sobre el medio ambiente. Esto conduce a prescripciones contrarias a la reducción de emisiones, ya sea mediante la aplicación de un mayor descuento (por el motivo de la utilidad marginal decreciente) o mediante asumir una mayor capacidad de adaptación, considerándose menos graves los impactos provocados por el cambio climático.<sup>27</sup>

<sup>26</sup> Chapman y Khanna (2000) cuestionan la conveniencia de que la financiación de la mayor parte de grandes (y costosos) estudios, exceptuando los de Nordhaus, corra a cargo de instituciones del sector energético; lo que podría explicar el sentido de los sesgos.

<sup>27</sup> En cambio, los modelos rara vez consideran los posibles efectos económicos positivos asociados a los instrumentos de control de emisiones, como el llamado «doble dividendo» o el desarrollo de nuevos sectores.

<sup>28</sup> Schultz y Kasting (1997) obtienen unas reducciones «óptimas» mayores que Nordhaus (1994).

Otro sesgo es el que señalan Schultz y Kasting (1997). Los modelos de evaluación integrada clima-economía se basan en las tasas de absorción de CO<sub>2</sub> preindustriales. Éstas subestiman la vida del CO<sub>2</sub> en la atmósfera debido a que no consideran adecuadamente la saturación de los sumideros de carbono. En consecuencia, se subestiman de forma importante las concentraciones máximas de CO<sub>2</sub> y la persistencia del calentamiento global. Para predecir las tasas de absorción, los modelos de ciclo de carbono deberían considerar la historia previa de las emisiones de CO<sub>2</sub>.<sup>28</sup> En el mismo sentido, Price (1995) argumenta que el trabajo de Nordhaus (1994) sobrestima la absorción de CO<sub>2</sub> en los océanos.

Las evaluaciones convencionales, como es el caso de los estudios de Nordhaus, ignoran el valor de no-uso de los individuos para la protección de la biodiversidad y los ecosistemas, es más, ignoran en su mayor parte los efectos negativos del calentamiento global en los ecosistemas (Howarth, 1996). Según Birdsall y Steer (1993) los individuos no están dispuestos a dejar un medio ambiente deteriorado; éstos serían valores no económicos de gente viva hoy (que por tanto no se deben descontar) y deberían tenerse en cuenta en el proceso de decisión.

Los modelos climáticos empleados en los estudios son continuos, no reflejan las discontinuidades ni los cambios de equilibrio que puedan darse. Asumen que el cambio en las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> será suave y marginal (lo que puede ser razonable) y pasan a suponer que el cambio climático y sus impactos serán suaves y marginales (Pizer, 1996). Esto supone hacer un importante salto cualitativo, obviando cuestiones como la saturación de sumideros y los posibles cambios de equilibrio y discontinuidades que podrían provocar cambios drásticos que contradijeran el movimiento gradual que suponen los modelos. Las corrientes oceánicas y el sistema atmosférico pueden cambiar a equilibrios alternativos, produciéndose cambios rápidos y extremos, con impactos catastróficos en algunos casos. Se niega la naturaleza no lineal de la dinámica climática, quizás simplemente para obtener modelos más manejables. Además, las estimaciones generalmente no tienen en cuenta el efecto de la velocidad del cambio (a mayor velocidad, mayor impacto), ni los efectos de cambios en la variabilidad climática (IPCC, 2001b).

La mayor parte de los modelos asumen que la incertidumbre es modesta y manejable (Weyant *et al.*, 1995). En el cambio climático se dan muchas interacciones entre complejos sistemas naturales y sociales acerca de los cuales no se sabe mucho. No reconocer los niveles de incertidumbre e ignorancia en los modelos lleva a resultados erróneos que, en cualquier caso, no deberían ser calificados como «óptimos». Además, los modelos obvian la posibilidad de fenómenos extremos, o simplemente les asocian una probabilidad mínima, cuando en realidad se ignoran tanto los posibles resultados como sus respectivas probabilidades. No se tiene en cuenta un factor que debería ser importante en la toma de decisiones, lo que sesga el resultado hacia un menor control respecto al caso en que sí se tuviera en cuenta. Como afirma Schelling (1992), un seguro contra catástrofes sería motivo suficiente para hacer un sacrificio importante de reducción de emisiones. Además, mientras que la información y los modelos en los que las evaluaciones basan sus resultados son muy inciertas, los autores tienden a presentar estimaciones «científicas» precisas y se muestran muy seguros de sus recomendaciones de política de una forma no justificada (o al menos no justificada en una base científica real), cuestión señalada por Funtowicz y Ravetz (1994).

La mayor parte de análisis ignoran que, además de por su impacto en el efecto invernadero, el control de emisiones tiene otros efectos positivos asociados muy importantes (beneficios secundarios). La reducción en las partículas que acompañan la combustión de combustibles fósiles (como  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$  y COV) llevaría a una disminución de la contaminación y a la consiguiente mejora en términos de salud y bienestar. Si esto se tuviera en cuenta, el control de las emisiones así como el ritmo de disminución de éstas sería bastante mayor del que indican la mayoría de análisis (Ekins, 1996). Igualmente pasaría si se consideraran la congestión o el gasto público provocado por los accidentes de tráfico, como muestra el trabajo de Hakonsen y Mathiesen (1997) en su modelo aplicado a Noruega.

Distintos estudios (e.g. Nordhaus y Yang, 1996; McKibbin *et al.*, 1999; Nordhaus y Boyer, 1999; Hamaide y Boland, 2000) asumen un coste negativo o muy bajo de reducción en países con bajo ingreso y costes marginales de reducción más grandes en países más ricos. El resultado es que, para alcanzar la «eficiencia» global, la mayor reducción debe realizarse en países

pobres. Sin embargo, no existe base teórica o empírica que apoye estos supuestos (Chapman y Khanna, 2000). Es evidente que centrar los esfuerzos de control en el Tercer Mundo no puede llevar a una política ambiental demasiado ambiciosa.

Muchos estudios también suponen que aunque no se actuara se produciría un pico en las emisiones de gases de efecto invernadero a partir del cual éstas disminuirían, lo que se conoce como curva de Kuznets ambiental, a la larga el problema tendería a disminuir gracias al mismo crecimiento económico. La evidencia empírica en torno a la hipótesis de la curva de Kuznets ambiental en el caso de los gases de efecto invernadero tiende a refutar esta hipótesis, especialmente para el caso del  $\text{CO}_2$  (ver Roca *et al.*, 2001). Aun en el caso más optimista de que la hipótesis fuera cierta, la desvinculación entre presión ambiental y crecimiento económico se daría para niveles demasiado altos de renta y emisiones, lo que no restaría urgencia a las políticas a aplicar (Selden y Song, 1994; Stern *et al.*, 1996). Además, las actuales previsiones de emisiones futuras son vez menos optimistas que las utilizadas en estos modelos (IPCC, 2000).

La mayor parte de los modelos utilizados suponen que el cambio técnico se produce de forma exógena. Se asumen rápidas mejoras de eficiencia energética (reducciones en la demanda de energía por unidad de producto) independientes del impacto de los precios de la energía. Chapman y Khanna (2000) argumentan que entre 1980 y 1996 la intensidad energética se ha mantenido constante a nivel global, con una disminución en los países ricos y un aumento en los países pobres. Luego, la experiencia pasada no justificaría la aplicación de tales supuestos. Por otro lado, generalmente no se considera la posibilidad de un cambio técnico inducido por la respuesta de las empresas a las condiciones de mercado. Existe evidencia de que una parte muy importante del cambio técnico en el sector energético es endógeno (Grubb y Walker, 1992). Grubb y Köhler (2000) analizan las consecuencias de asumir un importante cambio técnico inducido, concluyendo que tiende a acelerar el control de emisiones ya que la misma mitigación desarrolla el conocimiento necesario para un control de emisiones a bajo coste y hace que sea muy barato a largo plazo.

Por último, hay que señalar que hasta el momento no se han investigado los impactos asociados con el margen máximo



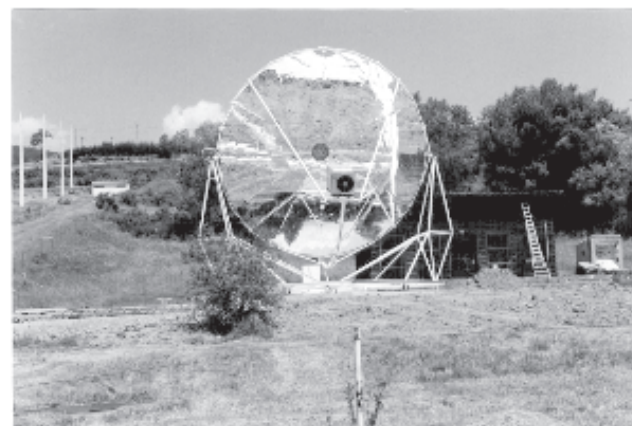
## COSTES OCULTOS

de calentamiento estimado por el último informe del IPCC (2001b). Esto también hace suponer que la reducción de emisiones adecuada se habría infraestimado, incluso desde el punto de vista de estos modelos.

### HACIA UN ANÁLISIS COHERENTE CON EL DESARROLLO SOSTENIBLE

La obligación de respetar los derechos del futuro conjuntamente con las limitaciones del análisis convencional imponen un análisis de políticas de mitigación que incorpore restricciones en términos de impactos sobre el clima. En el caso del cambio climático, dada la imposibilidad de establecer una compensación adecuada por las incertidumbres, ignorancia, problemas de sustitución, irreversibilidades, cambios no marginales e inconsistencia del descuento temporal que implica, las obligaciones del presente deberían llevar a la «estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que evite interferencias antropogénicas peligrosas con el sistema climático», objetivo último de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, CMNUCC (Artículo 2. Objetivo). De esta forma, garantizando sus oportunidades ecológicas, se aseguraría un trato justo al futuro. Las consecuencias de equivocarse son muy peligrosas, si no se actúa a tiempo puede exponerse la Tierra a presiones climáticas sin precedentes que perjudiquen gravemente la capacidad legada al futuro. Por otro lado, el respeto a los derechos del futuro debe hacerse de la forma que implique un menor sacrificio al presente.

En la literatura se han realizado diversos modelos estudiando las sendas coste-efectivas de reducción de emisiones para alcanzar distintas metas de concentraciones. Lamentablemente, la mayoría no se han preocupado en cómo determinar cuál es el nivel de concentraciones adecuado o coherente con el desarrollo sostenible, ni en intentar incorporar toda la información relevante para la toma de decisiones, sino que se han presentado como simples ejercicios técnicos de minimización de costes. Anteriormente se han visto los muchos problemas que mantienen estos modelos, con la consecuencia de que algunos implican incluso una menor reducción de emisiones a corto



plazo que el análisis coste-beneficio (p. ej. Richels y Edmonds, 1995). Hammitt (1999) muestra, para distintas metas de concentración, la menor agresividad a corto plazo de estos modelos. Esto se ha explicado por las siguientes causas: evitar retirar prematuramente el estoc de capital existente; existencia de sumideros que implican que la proporción de CO<sub>2</sub> quedándose en la atmósfera es menor para las primeras emisiones; progreso tecnológico, que hace que en el futuro sea más barato reducir emisiones; y por el descuento, que hace que el valor presente de los costes sea menor si se retrasa la reducción (Wigley *et al.*, 1996). No obstante, estas explicaciones son muy cuestionables. Ya se ha visto que si se asume que el cambio técnico es inducido y no exógeno como se hace habitualmente, es mejor reducir pronto (Grubb y Köhler, 2000) y las políticas a corto plazo acelerarían el desarrollo de los cambios que reducirían el coste de mitigación. Grubb (1997) pone en duda la oportunidad de retrasar la renovación del capital y argumenta que esto incluso podría suponer mayores costes totales, al retrasar la innovación que permite reducir los costes. En los resultados también influye que, en general, no se tienen en cuenta los impactos de distintos ritmos de aumento de temperatura, así como las discontinuidades y posibles cambios de equilibrio. Si se tuvieran en cuenta, muy posiblemente se pondría en cuestión la idoneidad de saturar los sumideros prematuramente que señalan estos modelos. A ello se suma la inconsistencia que supone aplicar el descuento en problemas intergeneracionales. En resumen, un modelo enfocado a objetivos no tiene por qué implicar una menor reducción a corto plazo que el análisis coste-

beneficio convencional. Más bien al contrario, si es que se pretende que el objetivo sea coherente con el desarrollo sostenible.

Uno de los enfoques que quizás haya ido más lejos en la línea de buscar un análisis integrado coherente con el desarrollo sostenible es el que se ha denominado enfoque de las ventanas tolerables (*tolerable windows approach*, TWA), explicado en Petscher-Held *et al.* (1999), Yohe (1999) y Dowlatabadi (1999). El TWA, a partir de las restricciones en cambios permisibles, impone limitaciones hacia atrás en el ritmo de calentamiento, el nivel de concentraciones, las sendas de emisiones y finalmente los instrumentos políticos. El análisis permite considerar distintos tipos de información y no requiere convertir todo en dinero. Mediante el TWA, la obligación de preservar el medio natural para las generaciones futuras que se asume en este trabajo se puede convertir en restricciones cuantitativas en políticas.

Hay quien como Hasselmann (1999) ha criticado que el enfoque orientado a metas de estabilización es inconsistente con determinar la asignación óptima de todos los recursos. No obstante, esta crítica parte de la base, propia del análisis convencional, de no otorgar ningún derecho al futuro. La función de bienestar social que pretende maximizar Hasselmann no incluye adecuadamente los intereses de las generaciones futuras, sino que simplemente considera las preferencias de las generaciones presentes y su valoración de los impactos futuros. Incluso Nordhaus (1997), autor del más conocido modelo de optimización neoclásico, ve una clara oposición entre la optimalidad económica y el desarrollo sostenible y sugiere el establecimiento previo de objetivos fijos para los niveles permisibles de cambio climático, y por tanto las concentraciones o emisiones.

No obstante, una grave limitación de la mayor parte de análisis coste-efectividad realizados es que renuncian a tener en cuenta los impactos a corto o medio plazo, centrándose únicamente en el objetivo final a largo plazo. Esto podría retrasar la reducción, ya que las emisiones a corto plazo se podrían compensar con reducciones mayores a largo plazo, cosa que no ocurre bajo la óptica del análisis coste-beneficio convencional que sí considera estos impactos (Grubb, 1997). Los sacrificios que implica la reducción a corto y largo plazo se contabilizan bajo ambos análisis, pero las consecuencias a corto o medio

plazo de las emisiones sólo se cuentan bajo el análisis coste-beneficio. Desde la perspectiva del desarrollo sostenible esto sería incorrecto.

El establecimiento de límites que aseguren que los impactos del cambio climático no pongan en peligro la capacidad global a disfrutar por las generaciones futuras, no debe implicar que se dejen de tener en cuenta los distintos impactos que se pueden causar y se intenten asignar los recursos apropiadamente. Desde el enfoque que aquí se defiende, cualquier impacto del cambio climático sobre el futuro implica una alteración de la dotación a disfrutar por las generaciones futuras que debe ser tenido en cuenta en la determinación de las políticas adecuadas. La estructura de derechos que implica el desarrollo sostenible convierte cualquier impacto que disminuya la capacidad del futuro en una obligación del presente. En este sentido, una vez se evita cualquier tipo de impacto intolerable (y por tanto no susceptible de ser compensado), se debe contabilizar y hacer efectiva la compensación por cualquier deuda ecológica asumida con el futuro por la contaminación presente. Se debe recoger la información necesaria para determinar qué impactos serían intolerables y se debe crear el entramado institucional capaz de articular las compensaciones de forma que éstas lleguen al futuro. Se lograría así a una asignación de recursos muy diferente a la del análisis convencional.

## CONCLUSIONES

En el presente trabajo se ha realizado una revisión crítica a las limitaciones de los modelos de evaluación empleados en el problema del cambio climático. Una primera conclusión del trabajo es que la aplicación de los criterios del análisis coste-beneficio convencional pierde sentido en el caso del cambio climático ya que se violan buena parte de los supuestos que justificarían su uso. El análisis coste-beneficio convencional no resulta adecuado para un problema con la extrema incertidumbre y gravedad sobre las condiciones de vida de las generaciones futuras que comporta cambio climático. Es necesario integrar en el análisis las obligaciones y derechos que implica un desarrollo sostenible y tener en cuenta todas las variables relevantes para la sociedad, no únicamente las que pueden ser va-

loradas monetariamente. Quizás sea más razonable intentar obtener soluciones que se puedan considerar satisfactorias o adecuadas utilizando toda la información disponible y teniendo en cuenta los intereses de todas las partes implicadas, que la pretensión del análisis convencional de obtener puntos óptimos en el margen a partir de unos modelos basados en supuestos irreales e incapaces de reflejar todas las facetas del problema. La mayoría de estudios han tendido además a incorporar juicios de valor y supuestos arbitrarios, e incluso a obviar buena parte de la información relevante, con la particularidad de que esto casi siempre ha contribuido a sesgar los resultados hacia la conclusión de que el cambio climático no es un problema que requiera una actuación urgente.

El análisis económico convencional parte del supuesto de que existe el derecho natural a contaminar e incluso destruir el sistema climático. El presente trabajo rechaza esta premisa y sugiere un planteamiento alternativo donde el futuro tenga el derecho a un sistema climático no deteriorado, y por tanto el presente tenga la obligación de evitar o compensar cualquier alteración de éste. Bajo este planteamiento se justifica una política mucho más estricta de control de emisiones que las recomendadas con los modelos convencionales. De hecho, una evaluación de las políticas de mitigación partiendo de una distribución de derechos consistente con el desarrollo sostenible requiere asegurar un clima habitable en el futuro. Muchos economistas y políticos han argumentado que esto podría hacer peligrar la prosperidad económica. Este juicio no tiene base científica, ya que incluso los análisis más pesimistas sugieren que comprar este «seguro climático» puede ser compatible con un aumento impresionante en la riqueza económica (Azar y Schneider, 2002).

Un análisis adecuado de las políticas a aplicar en el cambio climático requiere, además, incorporar el conocimiento creciente sobre el fenómeno. En la evaluación de las políticas adecuadas debe tenerse en cuenta toda la información relevante y debe hacerse de la forma más clara y transparente posible, sin utilizar la complejidad de los modelos para esconder juicios de valor y supuestos arbitrarios sobre factores cuestionables u ocultar elementos determinantes para la toma de decisiones. Bien al contrario, el análisis debe servir para clarificar cuáles son las elecciones a hacer en el problema del cambio climático.

No obstante, aunque se elaboren modelos que determinen

las políticas adecuadas, coherentes con el desarrollo sostenible, es necesario que se constituyan las instituciones capaces de establecer programas de control de emisiones con garantías de que se mantengan en el tiempo y de encargarse de establecer las transferencias y compensaciones que se consideren adecuadas. No tiene sentido que los modelos busquen las políticas globales adecuadas si no existen instituciones con la capacidad de aplicarlas. Estas instituciones deben ser capaces de alcanzar compromisos de reducción de emisiones por parte de los distintos países en función de su capacidad y su responsabilidad en el problema. Es urgente la adopción de compromisos internacionales que vayan más allá del Protocolo de Kyoto y el descafeinado acuerdo de Bonn 2001 respecto a su aplicación. Es indispensable que estas instituciones tengan la capacidad de sancionar las prácticas de los *free-riders* de la atmósfera, eliminando los incentivos a incumplir los acuerdos. La desaparición de sanciones creíbles (además de la amplia consideración de los sumideros naturales) del acuerdo final de Bonn cuestiona seriamente su eficacia.

Los pobres están sufriendo y sufrirán con más crudeza los impactos del cambio climático, mientras que algunos países han ocupado y ocupan mucho más espacio ambiental en términos de emisiones históricas de CO<sub>2</sub> del que les correspondería en términos per cápita (Alcántara y Roca, 1999). Los países ricos tienen la obligación moral de pagar la deuda ecológica contraída al haber expropiado y destruido el derecho de los países pobres a un clima no deteriorado. Es más, desde un punto de vista ético, a largo plazo no se puede justificar otro criterio de reparto de derechos de emisión que el que dé el mismo derecho a cada ser humano (presente o futuro). El reparto en función de la emisión per cápita actual, como se establece en los acuerdos alcanzados, premia fuertemente a los que más ha contribuido al problema, lo que es claramente injusto.

## BIBLIOGRAFÍA

- AGUILERA KLINK, F. (1992), «El fin de la tragedia de los comunes», *Ecología Política*, vol. 3, pp. 137-147.
- ALCÁNTARA, V., y ROCA, J. (1999), «CO<sub>2</sub> emissions and the occupation of the 'environmental space'. An empirical exercise», *Energy Policy*, vol. 27, pp. 505-508.

- ARRHENIUS, S. (1896), «On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground», *Philosophical Magazine*, vol. 41, pp. 237-277.
- AZAR, C. (1999), «Weight factors in cost-benefit analysis of climate change», *Environmental and Resource Economics*, vol. 13, pp. 249-268.
- (2000), «Economics and distribution in the greenhouse», *Climatic Change*, vol. 47, pp. 233-238.
- y SCHNEIDER, S.H. (2002), «Are the economic costs of stabilizing the atmosphere prohibitive?», *Ecological Economics*, en prensa.
- BIRDSALL, N. y STEER, A. (1993), «Act now on global warming – but don't cook the books», *Finance and Development*, vol. 30, pp. 6-8.
- CHAKRAVORTY, U., ROUMASSET, J. y TSE, K. (1997), «Endogenous substitution among Energy resources and global warming», *Journal of Political Economy*, vol. 105, pp. 1201-1234.
- CHAPMAN, D. y KHANNA, N. (2000), «Crying no wolf: why economists don't worry about climate change, and should.», *Climatic Change*, vol. 47, pp. 225-232.
- CLINE, W.R. (1992), *The Economics of Global Warming*. Insitute for International Economics, Whashington, DC.
- DOWLATABADI, H. (1999), «Climate change thresholds and guardrails for emissions», *Climatic Change*, vol. 41, pp. 297-301.
- EKINS, P. (1996), «The secondary benefits of CO<sub>2</sub> abatement: how much emission reduction do they justify?», *Ecological Economics*, vol. 16, pp. 13-24.
- EMANUEL, K.A. (1987), «The dependence of hurricane intensity on climate», *Nature*, vol. 326, pp. 483-485.
- FANKHAUSER, S. (1994), «The social costs of greenhouse emissions: An expected value approach», *Energy Journal*, vol. 15, pp. 157-184.
- FUNTOWICZ, S.O. y RAVETZ, J.R. (1994), «The worth of a songbird: ecological economics as a post-normal science», *Ecological Economics*, vol. 10, pp. 197-207.
- GRUBB, M. (1997), «Technologies, energy systems and the timing of CO<sub>2</sub> emissions abatement. An overview of economic issues», *Energy Policy*, vol. 25, pp. 159-172.
- GRUBB, M. y KÖHLER, J. (2000), «Induced technical change: Evidence and implications for energy-environmental modelling and policy», Working Paper 0031, Department of Applied Economics, Cambridge University.
- y WALKER, J. (1992), *Emerging Energy Technologies: Impacts and Policy Implications*. Royal Institute of International Affairs, London.
- HAKONSEN, L. y MATHIESEN, L. (1997), «CO<sub>2</sub>-Stabilization may be a No-Regrets Policy. A General Equilibrium Analysis of the Norwegian Economy», *Environmental and Resource Economics*, vol. 9, pp. 171-198.
- HAMAIDE, B. y BOLAND, J. J. (2000), «Benefits, costs, and cooperation in greenhouse gas abatement», *Climatic Change*, vol. 47, pp. 239-258.
- HAMMITT, J.K. (1999), «Evaluation endpoints and climate policy: atmospheric stabilization, benefit-cost analysis, and near-term greenhouse-gas emissions», *Climatic Change*, vol. 41, pp. 447-468.
- HARDIN, G. (1968), «The tragedy of the commons», *Science*, vol. 162, pp. 1243-1248.
- HASSELMANN, K. (1999), «Intertemporal accounting of climate change – Harmonizing Economic Efficiency and Climate Stewardship», *Climatic Change*, vol. 41, pp. 333-350.
- HERNÁNDEZ ÁLVAREZ, F. (1999), «El efecto invernadero» en Hernández Álvarez, F. (Coord.), *El calentamiento global en España. Un análisis de sus efectos económicos y ambientales*, CSIC, Madrid, pp. 1-14.
- HOWARTH, R.B. (1996), «Climate change and overlapping generations», *Contemporary Economic Policy*, vol. 14, n. 4, pp. 100-111.
- IPCC (1996), *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*, Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge.
- (2000), *Escenarios de Emisiones. Resumen para responsables de política*. Informe especial del Grupo de Trabajo III del IPCC. En <http://www.ipcc.ch>
- (2001a), *Climate Change 2001: The Scientific Basis: Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report. Summary for Policymakers*. En <http://www.ipcc.ch>
- (2001b), *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report. Summary for Policymakers*. En <http://www.ipcc.ch>
- (2001c), *Climate Change 2001: Mitigation. Contribution of*



- Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- KAHNEMAN, D. y TVERSKY, A. (1979), «Prospect theory: An analysis of decision under risk», *Econometrica*, vol. 47, pp. 363-391.
- LAVE, L.B. y DOWLATABADI, H. (1993), «Climate change policy: the effects of personal beliefs and scientific uncertainty», *Environmental Science Technology*, vol. 27, pp. 1962-1972.
- LIND, R.C. (1995), «Intergenerational equity, discounting, and the role of cost-benefit analysis in evaluating global climate policy», *Energy Policy*, vol. 23, pp. 379-389.
- (1997), «Intertemporal equity, discounting, and economic efficiency in water policy evaluation», *Climatic Change*, vol. 37, pp. 41-62.
- MANNE, A.S. y RICHEL, R.G. (1992), *Buying Greenhouse Insurance: The Economic Costs of Carbon Dioxide Emission Limits*, MIT Press, Cambridge, MA.
- y RICHEL, R.G. (1999), «The Kyoto protocol: A cost effective strategy for meeting environmental objectives?», *Energy Journal*, Special Issue: The Costs of the Kyoto Protocol – A Multi-model Evaluation, pp. 1-23.
- MENDELSON, R. y RICHEL, R. (1995), «MERGE – A model for evaluating regional and global effects of GHG reduction policies», *Energy Policy*, vol. 23, pp. 17-34.
- MARTÍNEZ ALIER, J. (1998), «Deuda ecológica vs. deuda externa». En <http://www.cosmovisiones.com/DeudaEcologica/>
- McKIBBIN, W.J., ROSS, M.T., SHACKLETON, R. y WILCOXEN, P.J. (1999), «Emissions trading, capital flows and the Kyoto protocol», *Energy Journal*, Special Issue: The Costs of the Kyoto Protocol – A Multi-Model Evaluation, pp. 287-333.
- MOHR, E. (1995), «Greenhouse policy persuasion: towards a positive theory of discounting the climate future», *Ecological Economics*, vol. 15, pp. 235-245.
- MORGAN, M. G., KANDLIKAR, M., RISBEY, J. y DOWLATABADI, H. (1999), «Why conventional tools for policy analysis are often inadequate for problems of global change», *Climatic Change*, vol. 41, pp. 271-281.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (1991), *Carbon Dioxide and Climate: A Scientific Assessment*. National Academy Press, Washington, DC.
- NEUMAYER, E., (1999), *Weak versus Strong Sustainability. Exploring the Limits of Two Opposing Paradigms*. Edward Elgar, Cheltenham.
- NORDHAUS, W.D. (1993), «Rolling the «DICE»: An optimal transition path for controlling greenhouse gases», *Resource and Energy Economics*, vol. 15, pp. 27-50.
- (1994), *Managing the Global Commons: The Economics of Climate Change*, MIT Press, Cambridge, MA.
- (1997), «Discounting in economics and climate change», *Climatic Change*, vol. 37, pp. 315-328.
- y BOYER, J.G. (1999), *Roll the DICE Again: Economic Models of Global Warming*. Yale University, MIT Press, Cambridge, MA.
- y YANG, Z. (1996), «A regional dynamic general-equilibrium model of alternative climate-change strategies», *American Economic Review*, vol. 86, pp. 741-765.
- PADILLA, E. (2001), «Capítulo V. Equidad intergeneracional y sostenibilidad», en Dubois, A., Millán, J.L. y Roca, J. (Coords.), *Capitalismo, desigualdad y degradación ambiental*, Icaria Editorial, Barcelona, pp. 129-152.
- (2002), «Intergenerational equity and sustainability», *Ecological Economics*, vol. 41, pp. 69-83.
- PEARCE, D., CLINE, W.R., ACHANTA, A.N., FANKHAUSER, S., PACHAURI, R.K., TOL, R.S.J. y VELLINGA, P. (1996), *The Social Costs of Climate Change: Damages and Benefits of Control*, Intergovernmental Panel of Climate Change: Working Group III Report, Cambridge University Press, Cambridge.
- PECK, S.C. y TEISBERG, T.J. (1992), «CETA: a model for carbon emissions trajectory assessment», *Energy Journal*, vol. 13, pp. 55-77.
- y TEISBERG, T.J. (1994), «Optimal carbon emissions trajectories when damages depend on the rate or level of global warming», *Climatic Change*, vol. 28, pp. 289-314.
- y TEISBERG, T.J. (1999), «CO<sub>2</sub> emissions control agreement: incentives for regional participation», Special Issue: The Costs of the Kyoto Protocol – A Multi-Model Evaluation, *Energy Journal*, pp. 367-390.
- PETSCHEL-HELD, G., SCHELLNHUBER, H.-J., BRUCKNER, T., TÓTH, F., y HASSELMANN, K. (1999), «The tolerable windows approach: Theoretical and methodological foundations», *Climatic Change*, vol. 41, pp. 303-331.
- PIZER, W.A. (1996), *Optimal Choice of Instrument and Stringency under Uncertainty: Dynamic General Equilibrium Analysis of Climate*

- Change Policy*, Resources for the future, Whashington DC.
- PRICE, C. (1995), «Emissions, concentrations and disappearing CO<sub>2</sub>», *Resource and Ecnery Economics*, vol. 17, pp. 87-97.
- RABL, A. (1996), «Discounting o long-term costs: What would future generations prefer us to do?», *Ecological Economics*, vol. 17, pp. 137-145.
- RICHELS, R. y EDMONDS, J. (1995), «The economics of stabilizing atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations», *Energy Policy*, vol. 23, pp.373-378.
- ROCA, J., PADILLA, E, FARRÉ, M. y GALLETTO, V. (2001), «Economic groth and atmospheric pollution in Spain: discussing the environmental Kuznets curve hipothesis», *Ecological Economics*, vol. 39, n. 1, pp 85-99.
- ROSENZWEIG, C. y PARRY, M.L. (1994), «Potential impact of climate change on world food supply», *Nature*, vol. 367, pp. 133-138.
- ROTMANS, J., DOWLATABADI, H., FIALR, J.A. y PARSON, E.A. (1998), «Integrated assessment of climate change: evaluation of methods and strategies», en Rayner, E. y Malone, E.L. *Human Choice and Climate Change*, Capítulo 10, Batelle Press, Columbus.
- SCHELLING, T.C. (1992), «Some economics of global warming», *American Economic Review*, vol. 82, pp. 1-14.
- (1995) «Intergenerational discounting», *Energy Policy*, vol. 23, pp. 395-401.
- SCHULTZ, P. A., y Kasting, J. F. (1997), «Optimal reductions in CO<sub>2</sub> emissions.», *Energy Policy*, vol. 25, pp. 491-550.
- SELDEN, T.M. y SONG, D. (1994), «Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution estimates?», *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 27, pp. 147-162.
- STERN, D.I., COMMON, M.S. y BARBIER, E.B. (1996), «Economic growth, trade and the environment: implications for the environmental Kuznets curve», *World Development*, vol. 24, pp. 1151-1160.
- WEYANT, J., DAVIDSON, O., DOWLATABADI, H., EDMONDS, J., GRUBB, M., PARSON, E. A., RICHEL, R., ROTMANS, J., SHUKLA, P. R., TOL, R. S. J., CLINE, W. y FANKHAUSER, S. (1995), «Integrated assessments of climate change: An overview and comparison of approaches and results» En IPCC *Climate Change 1995: Economic and Social Dimensions of Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, p.448.
- WIGLEY, T.M. L., RICHEL, R., y EDMONDS, J. A. (1996), «Economic and environmental choices in the stabilization of atmospheric CO<sub>2</sub> emissions», *Nature*, vol. 379, pp. 240-3.
- WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (WCED) (1987), *Our Common Future*. Oxford University Press, Oxford.
- YOHE, G.H. (1999), «The tolerable windows approach: lessons and limitations», *Climatic Change*, vol. 41, pp. 283-295.

