

Xavier Labandeira Villot\*  
María Loureiro García\*\*

# APUNTES SOBRE LA INVESTIGACIÓN ECONÓMICA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

*El cambio climático se ha configurado como uno de los principales desafíos ambientales a que se enfrentan las sociedades contemporáneas. El consenso científico existente sobre sus causas y graves efectos, junto a la gran carbonización de las economías actuales, han llevado a que la ciencia económica juegue un papel creciente y fundamental en este campo. Este trabajo se ocupa de apuntar algunas de las cuestiones básicas que conforman la agenda de investigación de la economía del cambio climático, intentando además avanzar las prioridades en el caso español. En particular, se presta una atención especial a la evaluación económica de los impactos del cambio climático y al diseño y valoración de políticas públicas correctoras.*

**Palabras clave:** medio ambiente, cambio climático.

**Clasificación JEL:** O50, Q54.

## 1. Introducción

Durante los últimos años el cambio climático ha alcanzado una notoriedad poco común entre los problemas de naturaleza ambiental. Esto probablemente se explica por la gran extensión y magnitud de los daños potenciales derivados de éste, por la fuerte dependencia climática y dificultades de adaptación de las sociedades menos desarrolladas (lo que conforma un problema

de índole ética) y porque, dada la elevada carbonización de las sociedades contemporáneas, las políticas correctoras tienen también unos efectos (económicos y distributivos) potenciales de gran calado. Los orígenes del cambio climático se encuentran en la acumulación en la atmósfera de gases de efecto invernadero (GEI), cuya emisión está vinculada, principalmente, a la producción y consumo de energía (a partir de fuentes fósiles). Por ello energía y cambio climático son las dos caras de una misma moneda, siendo prácticamente imposible una solución del problema a corto plazo.

No obstante, en relación con este tema, quizá hay dos cuestiones que hasta el momento se han explicitado poco y que es necesario reseñar. La primera es que la evaluación y el control del cambio climático son hoy, bá-

---

\* FEDEA y rede. Universidade de Vigo.

\*\* Universidade de Santiago de Compostela.

Los autores agradecen los comentarios y sugerencias recibidos de Emilio Cerdá y el apoyo de la cátedra FEDEA-Iberdrola y del proyecto de investigación SEJ2006-12939. Ministerio de Educación y Ciencia y FEDER. Cualquier error u omisión es de nuestra única responsabilidad.

sicamente, asuntos que han de ser abordados por la ciencia económica. Una vez alcanzado el consenso científico sobre la alteración climática que provoca la creciente concentración de GEI, han de ser los economistas los encargados de definir y cuantificar impactos y estrategias correctoras. Es, en realidad, la hora de la Economía pues tanto los servicios climáticos como la aplicación de políticas de gran alcance constituyen ejemplos inmejorables de recursos escasos.

Una segunda cuestión, relativamente obvia por lo dicho hasta el momento, es que la *economía del cambio climático* es mucho más que *economía ambiental*. Es verdad que dos de sus intereses principales se encuentran dentro del ámbito habitual de la disciplina (valoración económica de bienes y servicios relacionados con el medio ambiente, y diseño y evaluación de políticas ambientales), pero la amplitud e importancia del problema exige el concurso de prácticamente todo el instrumental y conocimiento de la ciencia económica. Cómo tratar, por ejemplo, políticas públicas de gran dimensión sin el concurso de la economía pública; cómo diseñar y modelizar las distintas estrategias tecnológicas que permitan mitigar las emisiones sin las aportaciones de la economía de la energía; cómo, en fin, aproximarse a un tratamiento mínimamente riguroso del problema sin la aplicación de los desarrollos más avanzados de la macroeconomía dinámica.

Dicho lo anterior, este artículo va a adoptar una aproximación relativamente modesta y relacionada con el devenir académico de sus autores: economistas ambientales interesados, principal y respectivamente, en el estudio de las políticas ambientales y la valoración de bienes y daños ambientales. Pretendemos abordar, ciertamente de forma no exhaustiva y evitando redundancias con otros artículos del monográfico, las cuestiones que nos parecen más relevantes en el tratamiento económico del cambio climático por la economía ambiental. Estos apuntes sobre la investigación económica actual del cambio climático responden, por tanto, a una selección personal, coordinada con el resto de las aportaciones de este número, y que incluye temas cuyo tra-

tamiento creemos necesario para informar actuaciones específicas en el contexto español.

Si para la ciencia económica el cambio climático es el campo ambiental más importante y necesario donde operar, prácticamente todos los asuntos de interés para la economía ambiental tienen cabida en él, comenzando por el fallo de mercado generalizado debido a la presencia de externalidades negativas. Además, la adecuada valoración económica del daño ambiental ocasionado por estos fenómenos es crucial por las magnitudes en juego, las incertidumbres asociadas y el número de bienes involucrados. Al tratarse de un problema ambiental global, es también imprescindible una respuesta coordinada por parte de los distintos países, lo que aún hace más complejo su tratamiento. Finalmente, las políticas públicas de protección ambiental tienen gran importancia y requieren el uso de todo el instrumental disponible para el decisor político.

Es evidente que la principal preocupación económica por el cambio climático tiene que ver con sus efectos o impactos, lo que lleva a la definición de acuerdos internacionales y políticas para limitar el daño asociado (ya analizados por otros artículos de este número). Entre los efectos más significativos del cambio climático destacan la subida del nivel mar, las consecuencias sobre los recursos alimenticios, la biodiversidad o las implicaciones sobre la salud y el bienestar humanos. No obstante, las incertidumbres científicas sobre la forma e intensidad del cambio climático son todavía mayúsculas, en buena medida por la complejidad de los sistemas climáticos y por los largos períodos temporales a considerar, lo que obviamente dificulta la traslación de impactos físicos a la esfera económica y la definición de políticas correctoras. Dificultades que se acentúan porque los ejercicios económicos acumulan aún mayores incertidumbres: cómo será la trayectoria de emisiones, cómo la adaptación de los ecosistemas y de los agentes a los cambios climáticos, cuál la evolución de la tecnología.

Si las cuestiones precedentes son relevantes para cualquier país, España se encuentra en una situación

peculiar: sus emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>, el principal GEI) rondan hoy el 150 por 100 de los niveles de 1990, lejos del límite establecido por la distribución comunitaria de reducciones para cumplir con el Protocolo de Kioto, que permite a España incrementar sus emisiones medias en el «período de cumplimiento» (2008-2012) en un 15 por 100 respecto de 1990. En este contexto hay que esperar la intensificación de las actuales políticas y la irrupción de nuevas estrategias que permitan respetar los acuerdos internacionales. Simultáneamente, los científicos apuntan que España será uno de los países de nuestro entorno más susceptibles de sufrir los efectos del cambio climático, dada su extensión costera, su ubicación geográfica y los ya incipientes fenómenos de desertificación. Por tanto, elevados impactos potenciales y políticas públicas potentes configuran un escenario en el que, de nuevo, la ciencia económica ha de jugar un papel fundamental.

El artículo se estructura en cinco apartados, incluyendo esta introducción. A continuación nos ocupamos de los impactos económicos del cambio climático, su enumeración y la presentación de algunos aspectos económicos cuya consideración es crucial: el descuento del futuro, el riesgo y la incertidumbre, la incorporación del comportamiento (la mitigación, pero también la adaptación de los agentes). En el mismo apartado segundo, y relacionado con lo precedente, presentamos los diversos métodos disponibles para el cálculo de los impactos del cambio climático, demostrando la necesidad de huir de aproximaciones triviales y restringidas a pocos bienes y servicios. El tercer apartado se interesa por el fundamento, diseño y aplicaciones de las políticas disponibles para el control de las emisiones de GEI, poniendo un especial énfasis en la necesidad de aproximaciones híbridas (pero teniendo en cuenta las interacciones entre los instrumentos aplicados). Cuatro son los temas generales que nos preocupan sobre los efectos de las políticas: su efectividad y eficiencia, los aspectos distributivos, la denominada fuga de emisiones y su actuación en un momento, como el actual, de crisis económica. El artículo se cierra con un apartado de conclusiones.

## 2. Impacto económico del cambio climático

La relación entre el cambio climático y los cambios físicos en los ecosistemas está siendo intensamente estudiada tanto a nivel mundial como regional. No obstante, la dimensión socioeconómica de los impactos del cambio climático, esto es, las consecuencias económicas que tienen estos cambios en los ecosistemas y sistemas productivos, es un área en la que es necesario profundizar. La escasez de la literatura es también evidente en el caso de los efectos sobre el bienestar de los individuos de los fenómenos de cambio climático. Y si este fenómeno está generalizado, en España se acentúa todavía más al existir sólo estudios aislados que analizan las consecuencias económicas derivadas del impacto del cambio climático.

A continuación, como primer paso para cuantificar los impactos socioeconómicos, nos ocupamos de repasar los impactos físicos esperables asociados al cambio climático. No obstante, queremos enfatizar la necesidad de evitar aproximaciones triviales que doten de significado económico a los efectos físicos sin contemplar la reacción de los distintos agentes involucrados o restringiendo su actuación a bienes de mercado. Pero, aun así, hay que extremar las precauciones y reflexionar sobre las dificultades a que se enfrenta el proceso de valoración de impactos.

### Impactos físicos del cambio climático

Es muy probable que el cambio climático influya considerablemente tanto en la vida del hombre como en la de los ecosistemas naturales que la soportan. A grandes rasgos, los impactos más relevantes asociados al cambio climático han sido resumidos por Watkins *et al.* (2005) en función de los incrementos esperados de las temperaturas medias y se recogen en el Cuadro 1.

Uno de los estudios más completos y ambiciosos realizados en España sobre los efectos del cambio climático, el proyecto ECCE (Moreno *et al.*, 2005), obtiene una

## CUADRO 1

### IMPACTOS FÍSICOS ESPERADOS SEGÚN EL ESCENARIO DE TEMPERATURAS

	Aumento de temperatura		
	2 °C	> 2 °C, < 2,5 °C	> 3 °C
Salud	Un aumento mayor de 1,2 °C provocará la muerte prematura de centenares de miles de individuos, sin contar con los eventos extremos como las ondas de calor	Un aumento de 2,3 °C en 2080 extenderá el riesgo de malaria a 270.000.000 de personas	Un aumento de 3,3 °C en 2080 extenderá el riesgo de malaria a 330.000.000 de personas
Ecosistemas	Con un aumento de 1 °C los ecosistemas de todo el mundo cambiarán su distribución	Un aumento entre 1 y 2 °C provocará el cambio en un 10-20 por 100 de los ecosistemas mundiales	Un aumento mayor a 2 °C provocará el cambio del 20 por 100 de los ecosistemas mundiales. Las zonas húmedas perderán el 10 por 100 de su extensión
Agricultura	La producción agrícola en Europa y en EE UU aumentará, incluso con un incremento en la temperatura de 2 °C, pero por arriba de ésta disminuirá	El riesgo de sequía afectará a los trópicos y subtropicos con un aumento de 1,7 °C	Un aumento mayor de 2,5 °C en 2080 provocará que 50.000.000 de personas más padezcan hambre. Con un aumento de 3 °C algunos países desarrollados tendrán problemas de suministro alimenticio
Agua	En los lugares con escasez de agua, con un incremento de 1,5 °C disminuirá, aún más, la disponibilidad de agua	Con un aumento entre 2 y 2,5 °C se prevé que entre 2.400.000.000 y 3.100.000.000 de personas padezcan escasez de agua	Con un aumento de 2,5 °C se prevé que entre 3.100.000.000 y 3.500.000.000 de personas padezcan escasez de agua
Episodios catastróficos	Con un aumento de 1,5 °C se espera que el hielo de Groelandia comenzará a fundirse. Cuando todo este territorio se derrita el nivel del mar aumentará en 7 m	Con 2 °C se incrementa el riesgo de catástrofes naturales. Entre los 2 y 4,5 ° se prevé el hundimiento de los hielos del Oeste atlántico, provocando un aumento en el nivel del mar de hasta 5-6 metros	Con 3 °C se incrementará el riesgo de catástrofes naturales de manera muy significativa. Por encima de los 4 °C aumenta la probabilidad de alteración de las corrientes oceánicas en un 50 por 100

FUENTE: WATKISS *et al.* (2005).

serie de proyecciones comunes que se caracterizan por:

- Tendencia progresiva al incremento de las temperaturas medias a lo largo del siglo.
- Tendencia a un calentamiento más acusado en un escenario con emisiones más altas.
- Tendencia a mayores incrementos en la temperatura media en los meses de verano que en los de invierno.
- Mayor calentamiento en verano en las zonas del interior respecto a las costeras.

— Tendencia generalizada a una menor precipitación acumulada anual.

- Mayor amplitud y frecuencia de anomalías térmicas mensuales.
- Mayor frecuencia de días con temperaturas máximas extremas en la Península, especialmente en verano.
- Aumento de precipitaciones en el oeste de la Península en invierno y en el noroeste en otoño.

Las tendencias del clima futuro se proyectan sobre la base de modelos de circulación general (GCM en la si-

gla inglesa). Dado que el sistema es muy dependiente de las emisiones de GEI, se presentan diferentes escenarios, desde los más optimistas a los más pesimistas, en lo que se refiere a las tasas de emisiones (IPCC, 2001). En general y utilizando varios modelos GCM, el incremento térmico que se proyecta para la Península Ibérica es uniforme a lo largo del Siglo XXI, con una tendencia media de aumento de 0,4 °C por década en invierno y de 0,7 °C por década en verano para los escenarios menos favorables (A2 en la clasificación del Panel Intergubernamental del Cambio Climático, IPCC en la sigla inglesa), y de 0,4 °C y 0,6 °C por década, respectivamente, para el escenario más favorable (B2 del IPCC). Respecto a las precipitaciones, todos los modelos parecen coincidir en que existe una reducción significativa de las precipitaciones anuales, siendo las máximas en la primavera y algo menores en verano (Pérez, 2007).

Es obvio que todos estos cambios en la temperatura afectarán a sectores muy dependientes del clima y de importancia económica como la agricultura, el turismo o la pesca. Otro aspecto muy relevante a tener en cuenta por su influencia en la salud y las actividades socioeconómicas, además del aumento esperado de temperaturas medias, es la intensidad y la frecuencia de eventos climáticos extremos. En este sentido, en un escenario de emisiones de GEI medias-altas, durante el último tercio del siglo se espera que en el interior de la Península Ibérica se alcancen temperaturas máximas diarias superiores a las que hoy se consideran altas en más de la mitad de los días del período estival (Abanades *et al.*, 2007).

En términos generales, se considera que la capacidad de reacción y defensa de los ecosistemas (*resilience*) está disminuyendo, como consecuencia del cambio climático y de otras actividades humanas. Se espera que la pérdida de biodiversidad se acelere en el futuro, por efecto del cambio climático (Pimm y Raven, 2000; Thomas *et al.*, 2004), convirtiéndose en su origen principal a finales de siglo y afectando así a los servicios prestados por los ecosistemas (MEA, 2005). Esto se

explica porque la biodiversidad es un componente clave de los ecosistemas, que influye en su capacidad de defensa y adaptación a factores externos, entre los que se incluye el cambio climático. En este sentido, el IPCC predice que aproximadamente entre el 20 y el 30 por 100 de las especies de animales y plantas conocidas sufrirán un aumento del riesgo de extinción si el incremento global de la temperatura supera el rango 1,5-2,5 °C.

### Impactos económicos del cambio climático

Aunque los avances científicos de los últimos años han permitido mejorar, considerablemente, nuestro conocimiento sobre los impactos físicos asociados a los fenómenos de cambio climático, ya avanzamos que no se ha producido un desarrollo comparable en el ámbito económico. Algunas de las aproximaciones seguidas para cubrir este vacío han sido simplemente demasiado triviales e ingenuas: restringiendo los impactos a sectores con información (no siempre completa) de mercado (agricultura, turismo, etcétera) y/o evitando la incorporación de un aspecto crucial en todo análisis económico, como es el comportamiento. Muchas de las evaluaciones económicas de los impactos del cambio climático se han llevado a cabo, de hecho, mediante una simple multiplicación de los resultados físicos por algún factor, y han sido realizadas por no economistas.

Lo precedente es preocupante porque las consecuencias económicas del cambio climático, como se apuntó en la introducción, son potencialmente muy elevadas. Que los costes en términos de PIB sean muy amplios requiere exactitud a la hora de conocer los efectos y medir las respuestas. Pero, además, hay que tener en cuenta que el comportamiento lleva a la adaptación y ésta puede hacer que las aproximaciones triviales magnifiquen los efectos negativos del cambio climático. Por último, el impacto económico del cambio climático no sólo ha de incluir las pérdidas (directas o indirectas) asociadas a éste, sino también los efectos sobre la inversión y otras variables económicas relevantes (aso-

ciadas a la adaptación al cambio climático o a los cambios provocados por éste).

No es el momento de describir detenidamente las técnicas de valoración económica habituales en economía ambiental. Puesto que el cambio climático tiene efectos potenciales de muy amplio alcance, es necesario utilizar los modelos económicos convencionales para trasladar pérdidas productivas medibles con información de mercado. Sin embargo, hay muchos efectos sobre bienes o servicios sin mercado y para los que hay que utilizar técnicas específicas de valoración. Para el análisis de los efectos ocasionados en los factores productivos (o pérdidas de mercado), las estimaciones tienden a basarse en modelos de equilibrio parcial o general. Si bien los modelos de equilibrio general consideran las interacciones entre los diversos factores económicos (y los efectos multiplicadores entre sectores), siendo por tanto ideales para estudiar problemas de gran alcance como el considerado<sup>1</sup>, tienen dificultades para representar con detalle los efectos específicos sobre determinados sectores y sobre bienes no de mercado. Es por ello que se suelen utilizar también aproximaciones detalladas (de equilibrio parcial) para analizar ciertos impactos y que, además de constituir un fin en sí mismas, suministran *inputs* para los modelos de equilibrio general.

Con todas las salvedades anteriores, el IPCC (Cuarto Informe de Evaluación, IE4) estima que las pérdidas para un incremento de temperatura de 4 °C podrían situarse entre un 1 y un 5 por 100 del PIB a nivel mundial, a pesar de que en algunos países estas reducciones podrían ser más elevadas (IPCC, 2007). En estos cálculos se incluyeron las pérdidas derivadas de la agricultura, el turismo, los desastres naturales y los costes de construcción de infraestructuras para la adaptación. Por su

parte, el Informe Stern (2007), que analizó una extensa serie de impactos del cambio climático mediante diversas técnicas de evaluación económica, concluye que los beneficios de las acciones enérgicas y rápidas superan con creces los costes de la inacción. Este informe estima que, de no actuar, los costes globales y los riesgos del cambio climático equivaldrán a la pérdida de al menos un 5 por 100 del PIB global anual. Si se tiene en cuenta una mayor diversidad de riesgos e impactos, las estimaciones de los daños podrían suponer un 20 por 100 o más del PIB global anual, cifra considerablemente superior a los costes estimados de actuar (alrededor del 1 por 100 del PIB global anual).

En el ámbito europeo, la evaluación económica de impactos del cambio climático ha tenido en el proyecto PESETA (*Projection of Economic impacts of climate change in Sectors of the European Union based on bottom-up Analysis*) la aproximación más ambiciosa y exhaustiva. Auspiciado por la Comisión Europea, su objetivo principal ha sido calcular los impactos económicos del cambio climático en Europa para un horizonte temporal limitado a este siglo y a un conjunto de sectores (Feyen *et al.*, 2006). Los sectores considerados incluyen agricultura, cuencas fluviales, costas, demanda energética, salud y turismo, obteniéndose conclusiones similares: diversidad geográfica en la magnitud y el signo económico de los impactos.

Con respecto al sector agrario, este proyecto estudia los cambios de rendimientos de los cultivos en nuevas zonas agroclimáticas entre 2020 y 2080 concluyendo que habrá pérdidas de productividad agraria en las zonas del sur de Europa causadas por la reducción del período de crecimiento de los diversos cultivos y la falta de agua. A su vez, se espera que la productividad agraria se incremente positivamente en las zonas del norte de Europa, al extenderse, por el contrario, la época de cosechas.

Fenómenos económicos de este tipo, con una distribución de costes y beneficios desigual a través de Europa, se esperan también en el campo de la energía. La evolución de las temperaturas máximas y mínimas hará

<sup>1</sup> En su versión más ambiciosa, estos modelos de equilibrio general están vinculados a modelos científicos que relacionan emisiones con concentraciones atmosféricas e impactos físicos. Además, tales aproximaciones integradas consideran no sólo los efectos económicos del cambio climático sino también los impactos de las alternativas correctoras que se contemplan en el apartado 3.

que el consumo energético evolucione favorablemente en invierno y desfavorablemente en verano (especialmente en el sur de Europa). Los efectos económicos del cambio climático pueden estar, en este caso, próximos a un proceso de suma cero, donde a escala europea los costes y beneficios se compensen globalmente, pero sean muy distintos regionalmente.

Con respecto al turismo, el proyecto PESETA analiza en detalle los flujos migratorios que ocurren entre el norte de Europa y la costa mediterránea, en busca de las vacaciones tradicionales de «sol y playa». Éste es el movimiento turístico más importante en todo el mundo, suponiendo alrededor del 20 por 100 de todos los viajes en 2000. En este sentido, se espera que el cambio de las condiciones climáticas favorezca a zonas actualmente menos atractivas del norte de Europa y penalice a destinos estrella como el Mediterráneo. La magnitud de dichos efectos distributivos dependerá, en gran medida, de la adaptación de los turistas, de ahí la importancia de una correcta modelización económica.

La evolución climática prevista tiene también sus efectos en el campo de la salud (morbilidad y mortalidad). Que haga menos frío en invierno y más calor en verano tendrá efectos obvios sobre la salud humana, de nuevo diferentes según el territorio, porque las temperaturas extremas están asociadas con aumentos de mortalidad general por enfermedades cardiovasculares y respiratorias. Pero los efectos no se limitan a las modificaciones directas de la mortalidad y morbilidad veraniega o invernal sino que también han de incluir los cambios en los vectores causantes de las enfermedades o en el riesgo de accidentes ocasionados por eventos extremos (inundaciones, tormentas, etcétera).

En este sentido Bosello *et al.* (2006) estimaron los efectos económicos derivados del impacto en la salud del cambio climático, a través de cambios en la productividad y en la demanda pública y personal de cuidados sanitarios. A ese efecto utilizaron como referencia fundamental el valor estadístico de una vida, basado en estimaciones de la disposición a pagar por reducir el riesgo de muerte o enfermedad o a aceptar una compensa-

ción por incrementar dicho riesgo. Estos autores concluyen que los principales impactos del cambio climático en la salud humana se refieren al aumento de la mortalidad por la mayor frecuencia y duración de las olas de calor en el futuro. Otros efectos sobre la salud relacionados incluyen el aumento de la contaminación por partículas finas y ozono (Ballester, 2005) y la implantación de vectores subtropicales, adaptados a sobrevivir en climas cálidos y más secos, lo que podrá aumentar la incidencia de enfermedades como el dengue o la malaria (López Vélez y Molina Moreno, 2005).

El proyecto PESETA también se ha ocupado de evaluar económicamente los efectos del cambio climático sobre la salud humana, pero inicialmente se ha concentrado en la mortalidad ocasionada por temperaturas máximas y mínimas. Los resultados preliminares obtenidos apuntan a la importancia de las muertes ocasionadas previsiblemente por olas de calor (que podría ser mayor que las muertes evitadas a causa de mayores temperaturas invernales). El análisis indica que para un incremento de la temperatura media en 3 °C entre 2071 y 2100 se producirían en torno a 86.000 muertes más que en el período 1961-1990. Multiplicando el número de muertes por las cifras habituales de valor estadístico de la vida, estas estimaciones muestran que los daños ocasionados por el cambio climático a la salud (sólo en términos de mortalidad) se cifrarían en miles de millones de euros para la segunda mitad del Siglo XXI.

En lo que se refiere a España, nuestra revisión de la literatura indica que los estudios económicos relacionados con el impacto del cambio climático son verdaderamente escasos. No obstante, existen algunos trabajos que presentan, con gran detalle, los costes asociados al cambio climático en diferentes actividades sectoriales. En el caso de la agricultura, Quiroga e Iglesias (2007) presentan estimaciones de la oscilación de la productividad agraria para los países europeos, obtenidas a través de un modelo de equilibrio general, y, a su vez, el impacto de dichos cambios de productividad en el PIB de cada país. Siguiendo este estudio, la productividad de la agricultura española será una de las más afecta-

das de toda Europa, con pérdidas que incluso podrían aproximarse al 26 por 100 de la productividad. Dichas pérdidas de productividad se trasladan a pérdidas porcentuales del PIB español que oscilarían entre  $-0,08$  y  $-0,43$ , dependiendo del escenario considerado.

Otro sector económico clave para España, el turismo, es analizado por Hein (2007) en relación con estas cuestiones. Dicho autor cuantifica los flujos turísticos que se pueden esperar en la segunda mitad del Siglo XXI en cinco regiones españolas, otros destinos mediterráneos y el norte de Europa. Para ello se utiliza el índice TCI (*Tourism Climate Index*), un indicador que tiene en cuenta los elementos climáticos más relevantes para el turista y expresa el clima idóneo para el turismo. El TCI de 2080 se calcula a partir de los datos de precipitaciones y temperatura pronosticados que implican aumentos significativos de temperatura media para el período 2070-2099 en diversas ciudades (entre  $4,4$  °C, en Santander y  $5,6$  °C, en Barcelona). En este contexto, el modelo prevé que para el año 2080 el flujo de turismo veraniego en España se reduzca en un 20 por 100 con respecto al año 2004. Hein (2007) indica además que el esperable aumento del flujo turístico en España en primavera y otoño será insuficiente para compensar las pérdidas turísticas del verano.

Como conclusión, en España aún queda mucho camino por recorrer para trasladar los impactos físicos esperados del cambio climático a impactos socioeconómicos. Ya adelantamos que, a pesar de que esta situación está muy generalizada, la susceptibilidad de la Península Ibérica a los fenómenos de cambio climático y la importancia de sectores económicos asociados a actividades primarias recomiendan un esfuerzo especial. Hemos observado que la valoración económica de dichos impactos no es trivial y, como apuntaremos en el siguiente apartado, se enfrenta a diversos desafíos adicionales. Sin embargo, la necesidad de fundamentar adecuadamente las exigentes y amplias políticas y estrategias de cambio climático requiere profundizar en estas cuestiones lo antes posible.

## **Asuntos clave en la evaluación económica de los impactos del cambio climático**

### *Riesgo e incertidumbre*

Las predicciones a largo plazo están sujetas a múltiples supuestos relativos a diversos sectores, entre ellos, las tecnologías a aplicar, y las productividades y costes relativos de los factores aplicados, así como los diferentes escenarios climatológicos posibles. Todo ello implica que los resultados obtenidos sean realmente aproximaciones que han de tomarse con la debida cautela. Por ello, las estimaciones que concluyan con un único valor de daños ocasionados serán siempre menos aconsejables que las que presenten un intervalo de daños asociados a determinados casos y escenarios. En este sentido, para minimizar errores relativos a la incertidumbre inherente al proceso de estimación, es recomendable presentar varios escenarios futuros, a los que se atribuye ciertas probabilidades de ocurrencia, y los daños esperados en cada caso. Los análisis de sensibilidad, que comparan diversos costes asociados a cada uno de los escenarios presentados, son también muy útiles desde un punto de vista informacional. Es además necesario subrayar que, a la hora de extrapolar los resultados obtenidos, las estimaciones presentadas pierden validez cuanto más se alejen del escenario para el que han sido formuladas. Como consecuencia, se ha de ser cauteloso con los estudios de transferencia de beneficios que usen las estimaciones existentes de un caso de estudio concreto para extrapolarlo a otro semejante (o no tan semejante).

### *Tasa de descuento aplicada*

La tasa de descuento es un tema especialmente controvertido en el campo de la economía del cambio climático. Refleja la impaciencia del decisor o las preferencias temporales: una tasa de descuento alta no favorecerá planes que traten de reducir ahora las emisiones, ya que los beneficios de un clima más seguro y mejor en

el futuro son menores (y viceversa). La decisión sobre la tasa de descuento que debe utilizarse en la modelización económica de impactos y políticas ha tomado una gran relevancia, debido a la necesidad de analizar proyectos o actividades cuyos efectos pueden tener consecuencias a lo largo de cientos de años, y cuya evaluación es, por lo tanto, extremadamente sensible a aquélla (Weitzman, 2001).

De acuerdo con el IPCC (2001) deben diferenciarse las estimaciones de los efectos de los programas de reducción de emisiones de GEI y las de los impactos causados por el cambio climático, porque la elección de la tasa de descuento debería depender de si el punto de vista es social o privado. Para el caso de las políticas de reducción de emisiones, los reguladores deben basar sus decisiones, mayoritariamente, sobre las tasas de descuento que reflejen el coste de oportunidad del capital. Según el IPCC (2001), tasas en el entorno del 4-6 por 100 son las recomendables en el caso de los países desarrollados, al ser las utilizadas para la evaluación de los proyectos del sector público. Por su parte, las tasas para los países en desarrollo podrían situarse en el entorno del 10-12 por 100, al ser éstas las cifras utilizadas por la banca internacional en la evaluación de proyectos.

Buena parte de los economistas que operan en este campo emplean tipos de descuento entre el 3 y el 4 por 100, al menos para el futuro inmediato. Weitzman (2001) entrevistó a 2.160 expertos, a los que preguntó el tipo de interés real que ellos consideraban que debería ser usado para descontar a lo largo del tiempo los beneficios y costes (esperados) de proyectos que tratasen de mitigar los efectos del cambio climático. Este autor concluye que, de acuerdo con la opinión de los profesionales encuestados, los tipos de descuento deberían moverse alrededor del 4 por 100 anual para el futuro inmediato, reduciéndose hasta cero en un futuro lejano. Por su parte, Nordhaus ha venido usando un tipo de descuento de partida del 3 por 100, que se reduce hasta un 1 por 100 para un horizonte temporal de 300 años.

Lo precedente contrasta con el informe Stern, que propone usar una tasa de descuento próxima a cero (0,1 por 100). Combinado con otros supuestos, esa elección magnifica enormemente los impactos en el futuro y provoca importantes reducciones en las emisiones y en el consumo actual. En este contexto, Nordhaus (2007) y Dasgupta (2006) muestran ejemplos chocantes de las consecuencias de aplicar estos supuestos no sólo al cambio climático sino al conjunto de la economía.

El IPCC (2001) afirma, en fin, que es poco probable que se resuelvan las diferencias en la elección de una determinada tasa de descuento, fruto ya de un considerable debate antes de la aparición del cambio climático. Por ello, una buena práctica para el cálculo de los distintos impactos podría consistir en utilizar diferentes tasas de descuento, que puedan proporcionar a los decisores información sobre la sensibilidad de los resultados a esta variable. No obstante, este cuerpo de expertos sostiene que una tasa baja en la que se tengan en cuenta las consideraciones éticas podría situarse en el entorno del 3 por 100.

#### *Amplitud de daños incluidos*

La mayoría de los estudios dedicados a cuantificar los costes del cambio climático están limitados al análisis de los riesgos materiales y de mercado (Watkiss *et al.*, 2005). No obstante, ya indicamos con anterioridad que también existen riesgos no materiales y costes fuera del mercado. Éste es el caso de la pérdida de la biodiversidad no comercial y otros elementos paisajísticos que, a pesar de no tener un precio de mercado establecido, afectan de hecho a la demanda y oferta de determinados bienes y servicios. En este sentido, Tseng y Chen (2008) aplican la técnica de valoración contingente para calcular las pérdidas económicas causadas por el impacto del cambio climático en la desaparición de ciertas especies. No obstante, estudios de este tipo son excepcionales dentro de la ya escasa evidencia económica sobre estos asuntos (centrada en los efectos económi-

cos sobre el mercado de factores productivos). Un mayor esfuerzo es necesario, pues, en un campo en el que los efectos potenciales fuera del mercado tienen una gran magnitud.

### 3. Las políticas contra el cambio climático

La progresión temática de este artículo parece identificar, hasta el momento, la economía del cambio climático con la cuantificación económica de sus impactos. No obstante, como adelantamos en la introducción, la economía del cambio climático es mucho más que eso. Además de cuestiones ajenas a la economía ambiental (regulación energética, aspectos de economía pública, etcétera), la política ambiental correctora juega un papel fundamental dentro de este campo de investigación. Y aunque dichas políticas correctoras aparecen precisamente para evitar los impactos futuros del cambio climático y han de ser moduladas por éstos, su importancia y la magnitud de sus efectos demandan un tratamiento específico y diferenciado.

Ya avanzábamos que el artículo responde, en buena medida, a una selección personal de temas que consideramos especialmente relevantes. Este apartado no pretende, por tanto, enumerar todas las cuestiones económicas relacionadas con las políticas de cambio climático ni describir detalladamente las contempladas. Los puntos abordados incluyen los distintos instrumentos de política disponibles para el regulador, las pautas para su evaluación y las interacciones que han de esperarse entre los múltiples mecanismos que han de formar parte de las políticas de cambio climático. La consideración de un fenómeno crucial para la definición y evaluación de estas políticas, la fuga de emisiones, dará paso a la descripción de tres temas candentes en el contexto español: el sistema europeo de comercio de emisiones de GEI y los mecanismos flexibilizadores de Kioto, la utilización de impuestos con objetivos de política climática (incluyendo una reflexión específica sobre el transporte), y los efectos sobre las políticas de la crisis económica actual.

### Fundamentos, selección y evaluación de instrumentos de política ambiental

Es bien sabido que la externalidad aparece, y con ella los efectos negativos sobre la eficiencia económica, cuando un agente provoca cambios en la producción o bienestar de otro sin que medie compensación entre ambos (Baumol y Oates, 1988). Por su amplitud y extensión, los fenómenos de cambio climático constituyen uno de los ejemplos más evidentes de externalidad negativa (global y de naturaleza dinámica). En el apartado anterior apuntamos que la valoración económica de las externalidades asociadas al cambio climático es particularmente compleja, al ser preciso evaluar efectos muy distintos con metodologías diversas y limitadas.

La presencia de externalidades ambientales en las economías de libre mercado responde a un fallo que podría solucionarse con ajustes institucionales (una correcta definición de los derechos de propiedad sobre el medio ambiente) o a través de la intervención pública. Descartada la primera opción para el problema del cambio climático, básicamente por la presencia de numerosos agentes implicados que pueden dificultar la corrección, la segunda ha dado lugar a la aparición de las políticas ambientales. Éstas se han ido configurando en varias *generaciones* (Labandeira, León y Vázquez, 2006): i) las denominadas regulaciones de mandato y control, en la década de los setenta del pasado siglo; ii) los instrumentos económicos o de mercado, visibles en la práctica de las políticas ambientales 20 años más tarde; y iii) las aproximaciones voluntarias, generalizadas en los últimos años.

Las regulaciones de mandato y control fueron las primeras en aparecer y en la actualidad son el instrumento más utilizado en las políticas ambientales correctoras. Consisten básicamente en el establecimiento de normas que los contaminadores están obligados a cumplir (mandato) y que buscan garantizar una mejora en el comportamiento ambiental. Habitualmente estas normas establecen límites al volumen de emisiones, o especifican las características de productos intermedios y/o finales, así como de los procesos técnicos de pro-

ducción y descontaminación. Además, existe un sistema de monitorización que controla los posibles incumplimientos por parte de los contaminadores (control) y que puede dar lugar a sanciones económicas y/o penales. Obviamente, su utilización en el campo de las políticas contra el cambio climático es muy amplia: desde estándares de emisión para vehículos a características técnicas de viviendas, pasando por niveles máximos de emisión para grandes contaminadores.

No obstante, los economistas han defendido el uso de los denominados instrumentos económicos de política ambiental desde hace casi cincuenta años. En contraste con la aproximación precedente, estos mecanismos proporcionan flexibilidad a los contaminadores a través de la introducción de precios por contaminar, y emulan así el funcionamiento del mercado. Esto se observa en la reacción de los contaminadores, que se enfrentan a curvas de costes marginales de reducción de las emisiones de GEI (*CMR*) que representan las opciones de descontaminación según nivel de coste (véase Gráfico 1).

En general, existe abundante heterogeneidad entre los emisores de GEI respecto a sus *CMR* (agentes 1 y 2 en el Gráfico 1) y, puesto que estas curvas son desconocidas para los reguladores por la presencia de información asimétrica (el contaminador prefiere no compartir su información con el regulador por temor a una regulación más estricta), la aproximación regulatoria convencional se basa habitualmente en estándares (de mandato y control) iguales para todos los contaminadores. En el Gráfico 1 se puede observar cómo estos estándares de emisiones ( $e_{ii}$ ) llevan a unos costes totales de reducción (área sombreada) mayores que los mínimos necesarios para conseguir el objetivo ambiental.

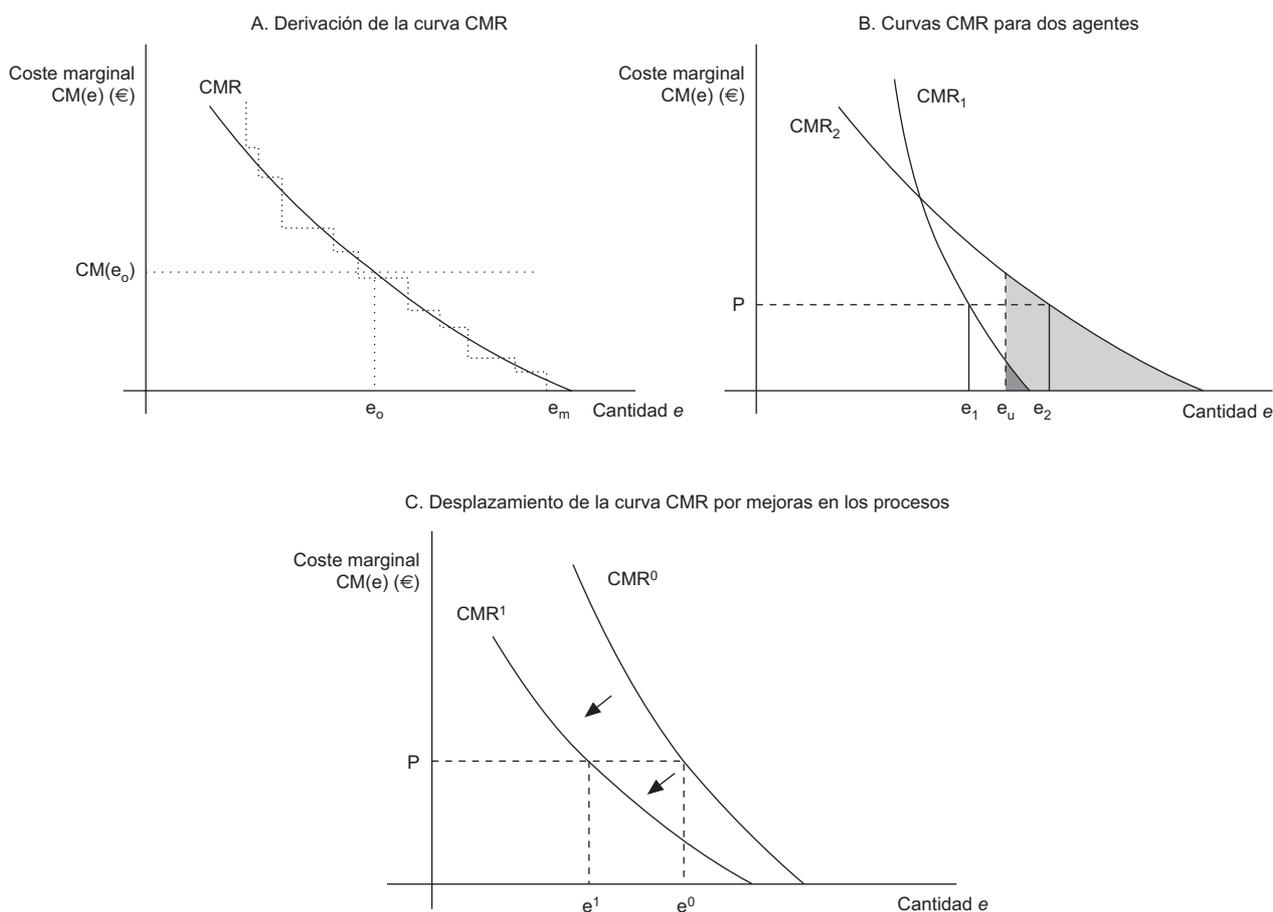
Los instrumentos económicos superan este problema a través del establecimiento de un precio (mediante un impuesto ambiental o a través de la creación de un mercado de derechos de emisión). El precio por contaminar consigue que todos los contaminadores igualen su coste marginal de reducción entre sí, al precio  $p$  puesto que se prefiere descontaminar a pagarlo cuando los costes

están por debajo de éste, y se consiga así minimizar los costes de la política ambiental (con emisiones de  $e_1$  y  $e_2$ ). Además, estos instrumentos promueven el desarrollo tecnológico, ya que los contaminadores quieren pagar menos en el futuro y, por tanto, tienen incentivos a que sus *CMR* se desplacen a la izquierda a través de inversiones o mejoras en las tecnologías y procesos (parte inferior del Gráfico 1).

Por último, las aproximaciones voluntarias buscan que sean los propios sectores contaminantes los que se autorregulen mediante procesos cooperativos que sean menos costosos para la sociedad. Una primera alternativa es que el sector público establezca un programa de actuación ambiental al que voluntariamente puedan incorporarse los agentes a cambio de asistencia técnica, reconocimiento público o acceso a un tratamiento regulatorio más favorable. Otra opción es que sea el propio contaminador quien unilateralmente defina el programa de actuación sin que medie intervención pública (existiendo varios ejemplos en el caso de las emisiones empresariales de GEI). Para ello, podría desarrollar y mejorar sus sistemas de gestión ambiental, aplicar procedimientos ambientales establecidos por organismos de reconocido prestigio, o bien utilizar prácticas y códigos de conducta elaborados por otras organizaciones. Finalmente, también se pueden incluir dentro de esta *generación* los procesos de creación y suministro de información sobre el deterioro ambiental causado por los contaminadores. Normalmente, estos procesos son llevados a cabo por el sector público e incentivan a los contaminadores a modificar su conducta para evitar perder su prestigio y/o clientes.

Una vez presentadas las distintas alternativas existentes para el diseño de una política de control de emisiones precursoras del cambio climático, han de definirse una serie de criterios que permitan comparar las distintas posibilidades para poder elegir la más deseable en el campo considerado. Estos criterios de valoración o evaluación se agrupan habitualmente en cuatro grandes categorías (Labandeira, León y Vázquez, 2006), en muchos casos relacionadas entre sí, y que se describen brevemente:

## GRÁFICO 1 EFICIENCIA DINÁMICA Y ESTÁTICA DE LOS INSTRUMENTOS DE MERCADO



NOTA: En el eje de abscisas se representa la cuantía de las emisiones. Las curvas CMR representan los costes marginales incurridos en reducción de emisiones.  
FUENTE: Elaboración propia.

mente a continuación: eficacia ambiental, eficiencia económica, viabilidad práctica e incidencia distributiva.

La eficacia ambiental tiene obviamente que ver con la capacidad del instrumento para conseguir el objetivo ambiental predeterminado. Aquí se prefieren instrumentos basados en cantidades (límites de emisión), bien a través de regulaciones mandato y control o de mecanismos de mercado (derechos de emisiones intercambiables), a aquellos otros basados en precios o a aproxima-

ciones voluntarias. Por su parte, la eficiencia económica está relacionada con la minimización de los costes de la política ambiental (eficiencia estática) y con la incentiva- ción del progreso tecnológico que frene el deterioro ambiental (eficiencia dinámica). En este caso, como se observó con anterioridad, los instrumentos económicos muestran el comportamiento más favorable.

Por último, la viabilidad práctica y la incidencia distributiva se centran en la aplicabilidad de las distintas po-

líticas e instrumentos. En el primer caso se prefieren instrumentos sencillos y fáciles de aplicar, que minimicen tanto los costes de administración y gestión para el regulador como los de cumplimiento para los regulados. En el segundo, instrumentos que no sean marcadamente regresivos o que impactan muy particularmente en algún sector de la población o territorio. De hecho, los efectos distributivos están probablemente detrás de la falta de concreción práctica de muchas alternativas regulatorias que sobre el papel parecían óptimas (por ser eficientes ambiental y económicamente). Las aproximaciones voluntarias destacan, por su propia naturaleza, como la alternativa más favorecida por estos criterios.

Es evidente, a partir de los criterios anteriores, que sólo una combinación de instrumentos de política ambiental puede garantizar la simultánea consecución de los diferentes objetivos. Además, como evidencian las políticas de cambio climático más activas (Reino Unido y Alemania), la inmensidad y gravedad de los problemas de cambio climático exige la utilización simultánea de prácticamente todo el instrumental disponible de las políticas ambientales (y de otras políticas energéticas y fiscales). Sin embargo, la acumulación de diversos instrumentos para alcanzar un mismo objetivo no es garantía de una mayor efectividad (ni mucho menos eficiencia), ya que las sinergias pueden causar disfuncionalidades. Estamos, así, en un campo de creciente interés académico para las políticas de cambio climático (ver Del Río, 2007, o Linares *et al.*, 2008).

### **Políticas de cambio climático, competitividad y fuga de emisiones**

Las implicaciones económicas y distributivas (y éticas) del cambio climático y de sus políticas correctoras son inmensas, tanto porque las posibilidades de control, mitigación y adaptación difieren entre (y dentro de los) Estados, como porque los efectos de éste no son uniformes a lo largo del planeta. Por ello, como indicamos en el apartado precedente, es necesario profundizar en el

análisis económico de los efectos asociados al cambio climático y a las políticas correctoras del mismo.

Aunque ya existe una cierta literatura empírica sobre los efectos económicos y distributivos de las políticas de cambio climático en nuestro país (ver, por ejemplo, Labandeira *et al.*, 2005), reflejo del creciente interés académico internacional por estos temas, las implicaciones de estas políticas sobre la competitividad y la denominada fuga de emisiones han sido poco exploradas. Estas cuestiones, quizá secundarias incluso en el ámbito académico internacional hasta no hace mucho, se han convertido en objeto de atención preferente con la progresión de las políticas contra el cambio climático en las agendas de los decisores públicos.

Es evidente que las políticas de cambio climático, incluso siendo efectivas y eficientes, pueden enfrentarse a fuertes restricciones para su implantación si se demuestra que los impactos sectoriales o globales sobre la competitividad son importantes. Por otro lado, cualquier política de cambio climático ha de evitar fenómenos de fuga de emisiones de GEI puesto que los costes económicos para los regulados no se corresponden con beneficios ambientales asociados a su reducción de emisiones. A continuación nos referimos a estas dos cuestiones desde la perspectiva de la aplicación al sistema europeo de comercio de emisiones (SECE).

Respecto al impacto del mercado europeo sobre la competitividad, son necesarias varias aclaraciones previas. En primer lugar, la propia definición de competitividad, generalmente considerada como la capacidad de mantener y/o expandir la posición de mercado a partir de una cierta estructura de costes. Por ello, en este caso la pérdida de competitividad puede medirse por el incremento relativo en los costes, respecto a los competidores internacionales, debido a la existencia de un precio del CO<sub>2</sub> (Reinaud, 2004). Una segunda cuestión básica se refiere al nivel territorial en el que se evalúa la competitividad: país, sector económico o empresa. En general, se considera que la competitividad a nivel de país es poco relevante y puede conducir a error por dos motivos: los tipos de cambio pueden ajus-

tarse para compensar las pérdidas globales de competitividad, y ciertos sectores no compiten con sus homólogos en otros países (consumidores, transporte, etcétera). Por ello, la competitividad es un concepto primordialmente relevante a nivel de sector o de empresa (Hourcade *et al.*, 2007).

Aunque la literatura empírica existente no justifica la hipótesis de que las políticas de cambio climático tienen efectos negativos relevantes y generalizados sobre la competitividad (por ejemplo, Sijm *et al.*, 2004), los resultados de los modelos de simulación son más diversos. Gran parte de la creciente literatura sobre la incidencia del mercado europeo se centra en la cuestión de la competitividad sectorial (por ejemplo Carbon Trust, 2004), de nuevo con resultados mixtos: algunas industrias pueden beneficiarse del mercado mediante la traslación del coste de oportunidad de los permisos gratuitos a los precios de sus productos, mientras que otras pueden sufrir impactos negativos. De hecho, los impactos específicos sobre la competitividad dependen de la capacidad de reducir las emisiones de GEI a costes bajos, de los efectos del mercado europeo sobre la estructura de costes y los márgenes de beneficios, de la exposición a los mercados internacionales y de las posibilidades del agente de incrementar los precios finales de sus productos.

La fuga de emisiones de GEI a regiones fuera de la UE, ocasionada por el mercado europeo, se debe a la existencia de costes diferenciales por las emisiones (directas o indirectas) y es probable que ocurra cuando: i) los acuerdos internacionales son incompletos, ii) los costes de reducción de GEI son altos, y iii) dichos costes no pueden ser transmitidos a los precios internacionales debido a la competencia. Cuando los productos finales son altamente especializados (menos expuestos a la competencia internacional) u otros aspectos dominan las decisiones de localización (infraestructuras, capital humano, costes de transporte, etcétera), la fuga de emisiones es menos probable. De hecho, varios trabajos académicos han demostrado la existencia de fuga de emisiones en el caso de bienes

con alto contenido energético (Felder y Rutherford, 1993; Babiker, 2005).

En cualquier caso, se han considerado varias opciones para afrontar la fuga de emisiones asociada a las políticas de cambio climático. Una primera alternativa sería la implantación de ajustes tarifarios en frontera para compensar los costes diferenciales de los productos internos. Sin embargo, la aplicación de estos procedimientos puede ser difícil (por ejemplo, el cálculo del arancel compensatorio) y legalmente dudosa por las limitaciones que establece la Organización Mundial del Comercio a las modificaciones arancelarias para el uso tarifario. En ese caso, una alternativa con fundamento teórico (Hoel, 1996) y aplicación práctica contrastada en las *reformas fiscales verdes* (RFV) escandinavas (ver, por ejemplo, Ekins y Speck, 1999), consistiría en la introducción de precios menores por las emisiones de GEI para aquellos sectores que son intensivos en ellas. Así, una opción claramente ineficiente en ausencia de fuga de emisiones (véase el apartado precedente) es ahora justificable por la inexistencia de otras alternativas de política ambiental.

### **España y las políticas de cambio climático**

A continuación se exponen tres asuntos que consideramos de especial interés en relación con la aplicación práctica de las políticas de control del cambio climático en nuestro país. En primer lugar se describe el sistema europeo de comercio de emisiones de GEI, del que España forma parte desde su implantación, presentándose una breve evaluación de su funcionamiento y perspectivas futuras. Seguidamente, relacionado con lo anterior, se exponen los instrumentos flexibles de Kioto, con un énfasis especial, dada su profusa utilización por gobierno y empresas españolas, en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). En segundo lugar se analizan las alternativas fiscales en la lucha contra el cambio climático, especialmente en el caso del transporte. Y, finalmente, se introducen brevemente las incógnitas que incorpora la crisis económica actual a la definición y efectos de las políticas de cambio climático.

*El sistema europeo de comercio de emisiones (SECE) y los mecanismos flexibles de Kioto*

El primer sistema de comercio internacional de emisiones de CO<sub>2</sub> fue creado por la Unión Europea mediante la Directiva 2003/87/CE para asegurar el cumplimiento de su objetivo de reducción de emisiones establecido en el Protocolo de Kioto (reducción de sus emisiones de CO<sub>2</sub> en un 8 por 100 con respecto a 1990). Entró en funcionamiento a comienzos de 2005 y consta de dos fases, una de prueba hasta 2007 y la actual y definitiva, con concentración de los esfuerzos reductores, de 2008 a 2012. Además, la Comisión Europea ya ha anunciado una propuesta de Directiva para regular este mercado de derechos de emisión a partir de 2012, con una primera fase que duraría hasta 2020 y en la que se espera una considerable reducción de emisiones y una tendencia a la subasta total de permisos.

Cabe destacar que la implantación del mercado de derechos se realizó en un tiempo récord, de manera que entre la aparición del primer borrador de la Directiva y la entrada en funcionamiento del mercado apenas pasaron tres años. Esta rapidez, un éxito en sí misma, fue criticada por algunos agentes argumentando que, especialmente en los sectores intensivos en capital, las inversiones requieren de largos períodos de tiempo y estabilidad regulatoria para ser recuperadas (Del Río y Labandeira, 2008). El mercado cubre una serie de sectores (que actualmente representan en torno a la mitad de las emisiones europeas de CO<sub>2</sub>), a cuyas instalaciones se asignan derechos para emitir CO<sub>2</sub>, permisos con los que éstas pueden comerciar posteriormente. Se trata de un sistema de *cap and trade*, es decir, primero se fijan los objetivos de reducción de emisiones y luego se reparten los derechos de emisión entre los participantes para que comercien con ellos. Los gobiernos de cada Estado miembro elaboran un *plan nacional de asignación* (PNA), en el que deciden la cantidad de emisiones atribuida a cada instalación participante, siendo el total de derechos repartidos el límite máximo de emisiones. Los PNA están guiados por el *acuerdo de repar-*

*to de la carga*, que establece la desagregación por Estados miembros de los objetivos globales de la Unión Europea en el Protocolo de Kioto.

La distribución de los permisos es mayoritariamente gratuita, siguiendo la práctica habitual en los mercados de permisos de emisión, lo que facilita la implementación del sistema y reduce los efectos distributivos y sobre la competitividad de la industria comunitaria (véase Endres y Ohl, 2004). Se trata, además, de un sistema *downstream*, en el que el grupo objetivo son los emisores, frente al sistema *upstream* que obliga a productores e importadores de combustibles fósiles a tener un número de derechos de emisión equivalente al volumen de emisiones generadas por los combustibles que venden en el mercado. A final de año, los contaminadores deben presentar un número de derechos que equivalga a sus emisiones, no pudiendo ahorrar o prestar permisos entre períodos (restando así flexibilidad al esquema).

En caso de incumplimiento en la cobertura de emisiones con permisos existen sanciones económicas, que no eximen al agente de tener que presentar los derechos de emisión equivalentes a las emisiones en exceso, que deberá entregar al año siguiente. La verificación de emisiones se realiza a través de entidades independientes. Además, existe un registro documental de los intercambios y agentes que facilitan la compraventa de los permisos, lo que permite que los costes de transacción sean limitados. En este sentido, la no inclusión en el mercado de los pequeños emisores (hogares, empresas pequeñas, contaminadores difusos) también responde probablemente a este objetivo, si bien ha traído como consecuencia una fuerte concentración de las emisiones en pocos contaminadores.

Como instrumento económico que es, el mercado europeo de emisiones, tal como lo configura el SECE, pretende conseguir la reducción de las emisiones al mínimo coste, al mismo tiempo que proporciona incentivos a las empresas para que utilicen tecnologías más limpias. Sin embargo, la primera fase del mismo ha mostrado una serie de deficiencias. Por una parte, como cada país establece su propio PNA, ha existido una falta de

armonización de los procedimientos y la cuantía de las asignaciones, lo que en ocasiones ha limitado las reducciones reales de las emisiones (puesto que la asignación más o menos generosa tiene efectos sobre los precios del mercado). Por otra parte, en torno a la mitad de las emisiones de CO<sub>2</sub> no están sujetas al mercado europeo, cuando una de las principales ventajas de los instrumentos de mercado es precisamente su extensión al máximo número de contaminadores para aprovechar sus propiedades eficientes (Labandeira y Rodríguez, 2007). Por todo ello existen dudas a cerca de si el diseño normativo es el adecuado, además de surgir problemas de índole distributiva por la discriminación relativa de algunos sectores e industrias.

Además de mercados de derechos de emisión como el europeo, el Protocolo de Kioto prevé la utilización de otros dos mecanismos flexibles: los MDL y la *aplicación conjunta* (AC). Ambos permiten a los países obtener derechos de emisión adicionales mediante inversiones en proyectos de reducción de las emisiones de gases efecto invernadero en otros países y, por tanto, constituyen también una forma particular de comercio internacional de emisiones. En el primer caso estos proyectos tienen que llevarse a cabo en países en vías de desarrollo, mientras que en el segundo las inversiones se han de realizar en países industrializados en transición a una economía de mercado.

Estos mecanismos, si bien son complementarios del comercio de emisiones, presentan una serie de ventajas con respecto a éste (véase Woerdman, 2000). En primer lugar, las verificaciones *ex post* de los proyectos garantizan reducciones reales de las emisiones, cosa que puede no ocurrir con el mercado de emisiones debido a

la existencia de «aire caliente»<sup>2</sup>. Además, estos proyectos presentan mayores ventajas comparativas al tiempo que son políticamente más aceptables, ya que no imponen límites de emisión obligatorios ni presentan los problemas asociados al reparto inicial de los permisos de emisión. Sin embargo, estos mecanismos también presentan desventajas relacionadas con elevados costes de transacción porque es necesario demostrar, para cada proyecto, que se ha logrado la reducción por debajo del escenario *business-as-usual*. Esta comprobación hace que la carga administrativa sea sensiblemente superior (Del Río, 2005). Además, debe negociarse con los sectores el nivel de emisiones que se va a tomar como *business-as-usual*, lo que también puede provocar elevados costes administrativos y de transacción (Convery y Redmond, 2007).

El MDL ha sido especialmente utilizado en el caso español, por lo que le dedicamos una atención especial. En este caso, de acuerdo con lo estipulado en el Protocolo de Kioto, un país desarrollado invierte en tecnologías de desarrollo limpio en un país en vías de desarrollo y obtiene reducciones de GEI que se denominan *reducciones certificadas de emisiones* (CER en la sigla inglesa). Las CER se documentan en un certificado, que el inversor puede intercambiar por derechos de emisión en su país de origen o en otro de los países en los que opera. Por su parte, el país que concede los derechos a cambio del certificado utilizará éste para contabilizar una reducción en sus emisiones nacionales. Cualquier país puede destinar entre el 6 por 100 y el 9 por 100 de su objetivo de Kioto a MDL. El objetivo es ayudar a los países desarrollados a cumplir con sus obligaciones y, en teoría, avanzar hacia un desarrollo sostenible en los países en vías de desarrollo.

El MDL consta de siete etapas (Synergy *et al.*, 2005):

- 1) Diseño: Los participantes deben evaluar la actividad de proyecto propuesta y los requisitos de elegibilidad. El documento de proyecto incluirá la metodología y determinación de la base de referencia, el cálculo de la reducción de emisiones y la metodología y el plan de vigilancia de la actividad del proyecto.

---

<sup>2</sup> Los países del Este de Europa han tenido fuertes reducciones en su actividad económica en los últimos años como consecuencia de su proceso de transición hacia una economía de mercado. Como las reducciones de emisiones toman como referencia el año 1990, estos países han recibido en el Protocolo de Kioto una asignación de emisiones superior incluso a lo que emitirían en un escenario *business-as-usual*, lo que les permite vender parte de su asignación sin tener que reducir sus emisiones.

2) Validación: Una *entidad operacional designada* (EOD) realiza una evaluación independiente del diseño, en relación con los requisitos del MDL.

3) Registro: Se produce la aceptación oficial del proyecto como MDL.

4) Implementación del diseño.

5) Vigilancia: Se recopilan y archivan todos los datos necesarios para medir o estimar las emisiones de GEI del proyecto y las de la base de referencia, para así calcular las reducciones de emisiones derivadas del proyecto.

6) Verificación y certificación: Se realiza un examen independiente y periódico de las reducciones de emisiones registradas (verificación) y se emite un certificado escrito confirmando las reducciones de emisiones durante un tiempo determinado.

7) Expedición de las CER por parte de la Junta Ejecutiva del MDL.

#### *Fiscalidad y políticas contra el cambio climático*

La Directiva que regula el mercado europeo menciona entre sus recomendaciones la posibilidad de utilizar, junto a otras medidas como el fomento del ahorro y la eficiencia energética, los impuestos ambientales para completar la sujeción de las emisiones de GEI. En este epígrafe nos referiremos a la aplicación de reformas fiscales verdes (RFV) para conseguir este objetivo, describiendo sus fundamentos y algunas experiencias. En realidad, las RFV surgen a consecuencia de la existencia de fenómenos de cambio climático (por la estabilidad y magnitud de las recaudaciones obtenidas) y pueden actuar además de forma complementaria de otras aproximaciones regulatorias, para mejorar el perfil distributivo y eficiente de las políticas de protección ambiental.

En general, los impuestos ambientales pueden ser de dos tipos: específicos, de ámbito, incidencia y recaudación limitados, o genéricos (sobre todo sobre consumos energéticos). Un buen número de países han incorporado ya estos instrumentos fiscales, bien de forma parcial

o sistémica. En el segundo caso, que conforma las RFV, su fundamento se encuentra en la teoría del doble dividendo por la presencia de un problema ambiental de gran escala (el cambio climático) que convive con una fuente estable y continua de ingresos fiscales por el gravamen de GEI. El debate académico sobre la existencia de un doble dividendo de la tributación ambiental se ha trasladado rápidamente a los decisores políticos en un número de países del norte de Europa, inspirando y justificando una serie de modificaciones en sus sistemas fiscales (para más detalles sobre estos asuntos, véase Gago y Labandeira, 1999).

La RFV es una variante europea del modelo extensivo de reforma fiscal aplicado por los países desarrollados desde la segunda mitad de la década de los ochenta del pasado siglo. Su punto de partida es la búsqueda de sistemas fiscales más eficientes y sencillos, sin una reducción de la recaudación, mediante el empleo de impuestos directos menos altos y más extensos y un mayor peso de la imposición indirecta general sobre ventas. Tomando como referencia este esquema básico, la principal novedad de la RFV es la idea de asociar regulación ambiental y cambio fiscal. Así, se propone que los impuestos ambientales sean utilizados para compensar los recortes realizados en la imposición directa (principalmente imposición sobre la renta, aunque también cotizaciones sociales), manteniendo la recaudación. La imposición ambiental puede considerarse un instrumento óptimo para promover este cambio porque, además de ser coherente con los principios fiscales dominantes ya citados, los beneficios adicionales (ambientales) que este intercambio puede generar son considerables en el caso del cambio climático.

Especialmente interesantes son los cambios observados dentro de los sistemas fiscales de un conjunto de países del norte de Europa desde los años noventa del pasado siglo. Así, las RFV de Suecia, Noruega, Dinamarca, Holanda y Finlandia parten de una filosofía común y aplican básicamente el mismo conjunto de soluciones. Esta primera generación de RFV incluye un grupo de impuestos ambientales potentes (sobre las emisiones de

CO<sub>2</sub> o, en todo caso, muy relacionados con el sector energético) que forman el núcleo de la reforma, compensando las reducciones aplicadas (de forma mayoritaria) en los tipos de la imposición sobre la renta personal. Los impuestos ambientales que permiten el cambio fiscal son generalmente simples y se tiende a una reducción del número de figuras, produciéndose una incorporación simultánea de consideraciones ambientales a la imposición energética tradicional. También abundan las exenciones a sectores industriales con el objetivo de evitar pérdidas de competitividad, en un contexto de políticas de cambio climático no universales<sup>3</sup>. Por ello, la imposición ambiental y las primeras RFV gravan básicamente a los consumidores finales y las reformas presentan un saldo distributivo potencialmente negativo. Una segunda generación de RFV, aplicada desde comienzos de siglo en Alemania, Austria o Reino Unido, se concentra preferentemente en reducir las cotizaciones sociales pagadas por los empleadores, en ocasiones limitándose a determinados segmentos del mercado laboral. También se opta en muchos casos por diseñar paquetes distributivos compensatorios para los grupos o sectores afectados.

Sí hay un sector en el que la fiscalidad ha de jugar un papel relevante dentro de las políticas contra el cambio climático: el del transporte. Tanto la importancia y progresión de sus emisiones de GEI (particularmente en el caso español), como la dificultad para la aplicación de otros instrumentos económicos —como los mercados de permisos—, justifican su utilización generalizada y nuestra consideración específica. Hasta hoy la imposición sobre los vehículos se ha centrado en la titularidad de los medios de transporte, tanto en el acto de compra como recurrentemente por posesión, y en el uso de carburantes. La efectividad de estos instrumentos para el control de las externalidades del transporte es obviamente limitada e indirecta, dada la imperfecta vinculación del hecho gravado con los efectos externos negati-

vos. Sin embargo, todos estos instrumentos provocan una contracción de la demanda y generan mejoras dinámicas en la eficiencia energética de los vehículos, por lo que llevan a una reducción de emisiones.

Dentro de los impuestos asociados a la titularidad del vehículo se encuentran aquellos que gravan la adquisición del vehículo y los que se establecen sobre su propiedad. En el caso español los primeros incluyen el IVA y el impuesto de matriculación (con cesión a las comunidades autónomas), y los segundos el impuesto municipal recurrente sobre vehículos de tracción mecánica. Estos tributos, aunque gravan un bien que genera externalidades negativas, no tienen relación con el uso del vehículo, por lo que su efectividad ambiental es reducida, dado el vínculo existente entre distancia recorrida y emisiones. No obstante, en los últimos años en algunos países (incluyendo España) el diseño de estos impuestos está incorporando aspectos relacionados con el nivel de emisiones de los vehículos, mejorando así su comportamiento corrector.

Por su parte, la tributación de los carburantes tiene efectos positivos sobre la eficiencia energética, al incentivar la reducción del consumo energético por distancia recorrida. Sin embargo, su efectividad ambiental es elevada sólo en las pocas situaciones en que la relación entre el consumo de carburantes y las emisiones es directa (caso del CO<sub>2</sub>). Estos impuestos están armonizados en Europa y consisten en un impuesto especial unitario y el IVA que se aplica sobre el precio incluyendo abscisas. En España estos tributos son de titularidad estatal y se encuentran parcialmente cedidos a las comunidades autónomas, como lo está también el impuesto sobre ventas minoristas de hidrocarburos, estructuralmente muy similar al impuesto especial de hidrocarburos. Una preocupación asociada al uso de estos tributos es de índole distributiva, si bien en el caso español se demuestra una tendencia a la proporcionalidad (Labandeira y Labeaga, 1999).

Los problemas que presentan las figuras fiscales tradicionales para corregir las externalidades asociadas al uso de vehículos han hecho que en los últimos años ha-

---

<sup>3</sup> Ver el subapartado «Política de cambio climático, competitividad y fuga de emisiones» del apartado 3.

yan surgido nuevas propuestas, entre las que destacamos el impuesto sobre el uso de los vehículos y el que grava el conjunto de características del automóvil. Además, suponiendo que la carga fiscal se atribuye a las emisiones de GEI, una tributación sobre el transporte que pivote en gran medida sobre los carburantes puede llevar a unos precios de las emisiones altos en términos relativos (con obvias consecuencias en términos de eficiencia y distribución). Frente a esto, el impuesto sobre el uso del vehículo grava la distancia recorrida, usando un tipo impositivo en unidades monetarias por kilómetro. Este impuesto presenta dos ventajas fundamentales con respecto a la tributación convencional sobre el automóvil: i) dado que muchas externalidades de los vehículos están relacionadas con el kilometraje, el impuesto actúa más directamente sobre éstas, y ii) permite mantener los ingresos públicos, otro de los objetivos tradicionales de estos tributos, ya que sólo se puede evitar el pago reduciendo el kilometraje y no ajustando la eficiencia del combustible. El otro impuesto al que nos referíamos grava a los vehículos en función de determinadas características que están relacionadas con el deterioro ambiental que ocasionan: peso, antigüedad, tipo de combustible, potencia, etcétera. Se trata, pues, de determinar qué características del vehículo guardan una relación más estrecha con el nivel de emisiones, para actuar diferencialmente sobre ellas.

#### *Políticas de cambio climático y crisis económica*

La irrupción de la crisis financiera mundial y el subsiguiente contagio de la economía real han llevado, especialmente durante los últimos meses de 2008 en Europa y EE UU, a una reedición del bien conocido debate sobre la compatibilidad entre desarrollo económico y protección ambiental. Las políticas de cambio climático han ocupado el núcleo de ese debate, tanto por la enorme visibilidad que han tenido durante los últimos años en Europa, como por su amplio alcance y efectos económicos potenciales, dada la casi total «carbonización» de las sociedades contemporáneas. Es normal, por tanto,

que un ambiente recesivo como el actual influya tanto en la configuración como en la intensidad de las políticas contra el cambio climático.

En este sentido, el entorno de crisis económica no hace sino aumentar el atractivo de los instrumentos de mercado a que nos referimos con anterioridad. En primer lugar, porque en una situación como ésta la preferencia por mecanismos de intervención pública que sean eficientes en términos de coste (estática y dinámicamente) es clara. En segundo lugar, porque, ante la bajada del precio de los productos y bienes energéticos, su papel es aún más necesario, para internalizar las externalidades y promover el desarrollo y funcionamiento de alternativas tecnológicas limpias. En tercer lugar, porque los bajos precios de los productos energéticos básicos también facilitan la aplicación de estas figuras, lo que contrasta con la situación inmediatamente anterior a esta crisis. En cuarto lugar, porque unos precios finales sostenidos de los productos energéticos, a través de instrumentos de mercado, favorecen mejoras en eficiencia energética, reduciendo así la vulnerabilidad y la dependencia externa. También se consigue a través de estos instrumentos una menor exportación de rentas, captadas parcialmente a través del instrumento de mercado por el país consumidor.

En particular, una RFV como las recién avanzadas, en la que se usen los ingresos públicos asociados a los precios del carbono (impuestos o mercados con subasta) para reducir tributos desincentivadores (sobre el trabajo o el capital), es especialmente interesante en el previsible contexto de déficit públicos abultados para financiar la reactivación económica, ya que no supone pérdida de recursos para el sector público. En tiempos de crisis económica, más que nunca, puede cumplirse el denominado dividendo múltiple de la imposición de los GEI: mejora ambiental, fomento de tecnologías limpias, reducción de la dependencia energética, y aumento del empleo y la actividad económica.

Es de esperar, asimismo, que la crisis económica dé una mayor relevancia a la coordinación internacional de las políticas convencionales de cambio climático en el

sentido avanzado por los apartados precedentes y por otros artículos de este número. Es evidente que, en un contexto de pérdida generalizada de puestos de trabajo y actividad económica, los fenómenos de fuga de emisiones serán objeto de una atención especial y pueden influir en la definición de las políticas futuras o en la modificación de las actuales (tarifas compensatorias en frontera, sectores exentos, etcétera). También es probable que haya cambios significativos en el diseño de mecanismos para la participación de países en vías de desarrollo (particularmente China y la India), cruciales para el éxito de cualquier estrategia mundial en este campo. Es posible que las ayudas tecnológicas explícitas jueguen un papel fundamental en este sentido, contribuyendo a justificar el previsible esfuerzo tecnológico del mundo desarrollado y a limitar los efectos de la crisis económica sobre los países con menor capacidad económica.

#### 4. Conclusiones

Dos han sido las ideas fuerza que han motivado y vertebrado este artículo: el cambio climático es hoy un problema esencialmente económico y ante ello la ciencia económica se enfrenta a un gran desafío intelectual, para poder responder a las numerosas y variadas cuestiones que se plantean. De hecho, se ha insistido a lo largo del trabajo en que la *economía del cambio climático* es mucho más que *economía ambiental* puesto que prácticamente todo el instrumental y el conocimiento económico tiene un papel que jugar en este campo. A pesar de ello, nuestros apuntes sobre la investigación económica del cambio climático no pretenden enumerar y tratar todas las cuestiones abiertas sino que responden a una selección personal de temas que consideramos relevantes en dos aspectos cruciales del cambio climático: la evaluación económica de sus impactos y el diseño y valoración de las políticas correctoras.

Nuestro trabajo comenzó, sin ánimo de cubrir detalladamente los campos escogidos, interesándose en los efectos directos del cambio climático. Las conclusiones

a ese respecto han sido claras: en primer lugar, nos enfrentamos a problemas de gran amplitud y potencialmente muy dañinos, lo que exige un análisis riguroso y justifica los esfuerzos correctores. En segundo lugar, la literatura económica en este campo se encuentra en una fase relativamente preliminar, siendo necesario un esfuerzo mayor para identificar y valorar adecuadamente todos los efectos, no sólo aquellos que tienen reflejo en bienes o servicios de mercado. Esto, si cabe, es todavía más necesario en el caso español, donde la literatura académica es especialmente magra en un contexto en el que los efectos potenciales del cambio climático son particularmente graves. En tercer lugar, la evaluación adecuada de los impactos exige un tratamiento adecuado del comportamiento de los agentes, un uso cauteloso de las tasas de descuento y una consideración adecuada del riesgo y la incertidumbre asociados al cambio climático.

A continuación, el artículo progresó hacia la definición y evaluación de las políticas de cambio climático. La creciente relevancia de estas políticas dentro de la actividad del sector público responde a la constatación de un fallo de mercado generalizado por la aparición de problemas ambientales de gran complejidad y alcance. En ese contexto, es necesario conocer qué instrumentos existen a disposición del sector público para formar estas políticas correctoras y a qué responde su diseño. También son especialmente relevantes los criterios de valoración que existen para la comparación y elección de los anteriores instrumentos. Finalmente, la realidad económica influye considerablemente en la definición y funcionamiento de las políticas de cambio climático, como observamos al describir los fenómenos de fuga de emisiones o el impacto de una crisis económica generalizada.

Varios mensajes fuerza surgieron también del apartado de políticas de cambio climático. En primer lugar, la preferencia por instrumentos de mercado, con un funcionamiento flexible que permite mejoras de eficiencia sobre otras alternativas regulatorias más convencionales. En segundo lugar, la importancia de aspectos distributivos y éticos en la definición y funcionamiento de las

políticas correctoras. En tercer lugar, por la amplitud del problema, la necesidad de aproximaciones híbridas (con combinación de instrumentos), pero de forma coordinada: una mera agregación de mecanismos puede reducir la eficiencia y efectividad de las políticas públicas y hacerlas innecesariamente complejas. En suma, el arte de encontrar una combinación adecuada y efectiva de instrumentos es esquivo y requiere de la aplicación de los distintos criterios valorativos y de su peso en función de las preferencias sociales.

Para concluir, tal como hemos pretendido también poner de manifiesto en este trabajo, existen todavía demasiadas lagunas y preguntas pendientes sobre el impacto del cambio climático y de sus políticas correctoras en la economía. Dada la magnitud de las cifras y amenazas en juego, es necesario responder correctamente a esas preguntas para poder actuar pronto y bien. Las respuestas, sin embargo, requieren reflexión y abundante trabajo académico, especialmente en un campo tan complejo y relevante como éste. Tal y como reconoce Arrow (2007), la investigación en economía del cambio climático necesita medios pero también el interés de la propia academia. Sin ánimo de resultar pretenciosos, hacemos nuestras sus recomendaciones sobre la necesaria potenciación de la investigación económica en asuntos de tanta relevancia y necesidad social.

### Referencias bibliográficas

- [1] ABANADES, J. C.; CUADRAT, J. M.; DE CASTRO, M.; FERNÁNDEZ, G.; GALLASTEGUI, C.; GARROTE, L.; JIMÉNEZ, L. M.; JULIÁ, R.; LOSADA, I.; MONZÓN, A.; MORENO, J. M.; PÉREZ, J. I.; RUIZ, V.; SANZ, M. J. y VALLEJO, R. (2007): *El cambio climático en España. Estado de situación*, Informe para el Presidente del Gobierno elaborado por expertos en Cambio Climático.
- [2] ARROW, K. J. (2007) «Global Climate Change: A Challenge to Policy», *The Economists' Voice*, 4 (3).
- [3] BABIKER, M. (2005): «Climate Change Policy, Arket Structure, and Carbon Leakage», *Journal of International Economics*, 65, 421-445.
- [4] BALLESTER, F. (2005): «Contaminación atmosférica, cambio climático y salud», *Revista Española de Salud Pública*, 79, 159-175.
- [5] BAUMOL, W. J. y OATES, W. E. (1988): *The Theory of Environmental Policy*, Cambridge University Press, Cambridge.
- [6] BOSELLO, F.; ROSON, R. y TOL, R. (2006): «Economy-wide Estimates of the Implication of Climate Change: Human Health», *Ecological Economics*, 58, 579-591.
- [7] CARBON TRUST (2004): *The European Emissions Trading Scheme: Implications for Industrial Competitiveness*, Londres.
- [8] CONVERY, F. y REDMOND, L. (2007): «Market and Price Developments in the European Union Emissions Trading Scheme», *Review of Environmental Economics and Policy*, 1, 88-111.
- [9] DASGUPTA, P. (2006): «Comments on the Stern Review on the Economics of Climate Change», disponible en [www.econ.cam.ac.uk/faculty/dasgupta/Stern.pdf](http://www.econ.cam.ac.uk/faculty/dasgupta/Stern.pdf).
- [10] DEL RÍO, P. (2005): «La Directiva sobre Mercado de Derechos de Emisión en la UE y sus efectos sobre los sectores productivos españoles» *Revista de Economía Crítica*, 4, 39-65.
- [11] DEL RÍO, P. (2007): «The Interaction Between Emissions Trading and Renewable Electricity Support Schemes. An Overview of the Literature», *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12.
- [12] DEL RÍO, P. y LABANDEIRA, X. (2008): «El Sistema Europeo de Comercio de Emisiones: diseño, funcionamiento y perspectivas» en BÉCKER, F.; CAZORLA, L. y MARTÍNEZ-SIMANCAS, J. (eds): *Tratado de Regulación del Sector Eléctrico*, Aranzadi, Madrid.
- [13] EKINS, P. y SPECK, S. (1999): «Competitiveness and Exemptions from Environmental Taxes in Europe», *Environmental and Resource Economics*, 13, 369-396.
- [14] ENDRES, A. y OHL, C. (2004): «Kyoto-Europe? An Economic Evaluation of the European Emission Trading Directive», *European Journal of Law and Economics*, 19, 17-39.
- [15] FELDER, S. y RUTHERFORD, T. (1993): «Unilateral CO<sub>2</sub> Reductions and Carbon Leakage: The Consequences of International Trade in Oil and Basic Materials», *Journal of Environmental Economics and Management*, 25, 162-176.
- [16] FEYEN, L.; DANKERS, R.; BARREDO, J. I.; KALAS, M.; BÓDIS, K.; DE ROO, A. y LAVALLE, C. (2006): «PESETA-Flood Risk in Europe in a Changing Climate», Institute of Environment and Sustainability, JRC, Comisión Europea.
- [17] GAGO, A. y LABANDEIRA, X. (1999): *La Reforma Fiscal Verde*, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- [18] HEIN, L. (2007): «The Impact of Climate Change on Tourism in Spain», *CICERO Working Paper 2007-02*.
- [19] HOEL, M. (1996): «Should a Carbon Tax be Differentiated Across Sectors?», *Journal of Public Economics*, 59, 17-32.
- [20] HOURCADE, J.; DEMAILLY, D.; NEUHOFF, K. y SATO, M. (2007): «Differentiation and Dynamics of EU ETS

Industrial Competitiveness Impacts», *Climate Strategies Report*, Cambridge.

[21] IPCC (2001): «Climate Change 2001, Working Group III: Mitigation», A Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

[22] IPCC (2007): «Climate Change 2007: Synthesis Report», An Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

[23] LABANDEIRA, X. y LABEAGA, J. M. (1999): «Combining Input-output and Microsimulation to Assess the Effects of Carbon Taxation on Spanish Households», *Fiscal Studies*, 20, 303-318.

[24] LABANDEIRA, X. y RODRÍGUEZ, M. (2007): «Wide and Narrow Approaches in Climate Change Policies», *FEDEA Working Paper 2007-39*.

[25] LABANDEIRA, X.; LABEAGA, J. M. y RODRÍGUEZ, M. (2005): «Análisis de eficiencia y equidad de una reforma fiscal verde en España», *Cuadernos Económicos de ICE*, 70, 207-225.

[26] LABANDEIRA, X.; LEÓN, C. y VÁZQUEZ, M. X. (2006): *Economía Ambiental*, Pearson Educación, Madrid.

[27] LINARES, P.; SANTOS, F. J. y VENTOSA, M. (2008): «Coordination of Carbon Reduction and Renewable Energy Support Policies», *Climate Policy*, 8, 377-394.

[28] LÓPEZ VÉLEZ, R. y MOLINA MORCHO, R. (2005): «Cambio climático en España y riesgo de enfermedades infecciosas y parasitarias transmitidas por artrópodos y roedores», *Revista Española de Salud Pública*, 79, 177-190.

[29] MEA-MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (2005): *Ecosystems and Human Well Being: Biodiversity Synthesis*, World Resources Institute, Washington D.C.

[30] MORENO, J. M.; MARTÍNEZ, C.; MORA, J.; PICATOSTE, J. R.; FERNÁNDEZ, F. y CRUZ, A. (2005): «Principales conclusiones de la evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático», Proyecto ECCE, Ministerio de Medio Ambiente.

[31] NORDHAUS, W. D. (2007): «A Review of the Stern Review on the Economics of Climate Change», *Journal of Economic Literature*, 45, 686-702.

[32] PÉREZ, J. I. (2007): «Cambio climático y energía: implicaciones recíprocas en el caso español», *Economía Industrial*, 365, 137-148.

[33] PIMM, S. L. y RAVEN, P. (2000): «Extinction by Numbers», *Nature*, 403, 843-845.

[34] QUIROGA, S. e IGLESIAS, A. (2007): «Projections of Economic Impacts of Climate Change in Agriculture in Europe», *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 7, 65-82.

[35] REINAUD, J. (2004): «Industrial Competitiveness Under the European Union Emissions Trading Scheme», *IEA Information Paper*, International Energy Agency, París.

[36] SIJM, J.; KUIK, O.; PATEL, M.; OIKONOMOU, V.; WORRELL, E.; LAKO, P.; ANNEVELINK, E.; NABUURS, G. y ELBERSEN, H. (2004): «Spillovers of Climate Policy. An Assessment of Carbon Leakage and Induced Technological Change Due to CO<sub>2</sub> Abatement Measures?», Report 500036002, Netherlands Research Programme on Climate Change.

[37] STERN, N. (2007): *The Stern Review on the Economics of Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge.

[38] SYNERGY, UNESA, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID, INSTITUT SYSTEM-UND INNOCATIONS-FORSCHUNG, INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, CIER y OLADE (2005): *Metodologías para la implementación de los mecanismos flexibles de Kioto-Mecanismos de desarrollo limpio en Latinoamérica*, en <http://www.cordelim.net/extra/html/pdf/library/olade.pdf>.

[39] THOMAS, C. D.; ALISON CAMERON, A.; GREEN, R. E.; BAKKENES, M.; BEAUMONT, L. J.; COLLINGHAM, Y. C.; ERASMUS, B. F. N.; FERREIRA DE SIQUEIRA, M.; GRAINGER, A.; HANNAH, L.; HUGHES, L.; HUNTLEY, B.; VAN JAARSVELD, A. S.; MIDGLEY, G. F.; MILES, L.; ORTEGA-HUERTA, M.; PETERSON, A. T.; PHILLIPS, O. L. y WILLIAMS, S. E. (2004): «Extinction Risk From Climate Change. Letters to Nature», *Nature*, 427, 145-148.

[40] TSENG, W. y CHEN, C. (2008): «Valuing the Potential Economic Impact of Climate Change on the Taiwan Trout», *Ecological Economics*, 65, 282-291.

[41] WATKISS, P.; DOWNING, T.; HANDLEY, C. y BUTTERFI, R. (2005): *The Impacts and Costs of Climate Change*, Commissioned by European Commission DG Environment.

[42] WEITZMAN, M. (2001): «Gamma Discounting», *American Economic Review*, 91, 260-271.

[43] WOERDMAN, E. (2000): «Implementing the Kyoto Protocol: Why JI and CDM Show More Promise than International Emissions Trading», *Energy Policy*, 28, 29-38.