

Resumen

La investigación en materia de cambio climático requiere un enfoque multidisciplinar que abarca una gran variedad de ciencias naturales y sociales. Este artículo realiza un amplio recorrido introductorio por los múltiples aspectos que comprende la ciencia del clima; desde los aspectos relacionados con la física del clima y su evolución, pasando por los impactos previsible sobre los ecosistemas y las sociedades humanas, y finalizando con las opciones de mitigación y adaptación existentes. También aborda los elementos centrales de la economía del cambio climático, que son esenciales para adecuar los esfuerzos y para asignar objetivos de forma equitativa. La última parte reflexiona sobre la dificultad que supone tomar decisiones globales coordinadas y sobre el papel de las arquitecturas institucionales, los gobiernos, los *stakeholders* y la opinión pública en el avance hacia un futuro post-Kioto.

Palabras clave: cambio climático, energía, economía.

Abstract

Research into climate change requires a multidisciplinary approach which encompasses a great variety of natural and social sciences. This paper presents a large introductory review of the multiple aspects of climatic science: from the aspects connected to climate physics and their evolution, by way of the foreseeable impact on ecosystems and human societies, to existing adaptation and attenuation choices. It also deals with those main elements of climate change economics that are essential for adapting existing efforts and assigning targets in an equitable manner. The final section of this paper reflects on the difficulty of taking globally coordinated decisions, and on the role played by institutional architectures, governments, stakeholders and public opinion in the advance towards a post-Kyoto future.

Key words: climate change, energy, economics.

JEL classification: Q50, Q54.

LA CIENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO: UNA VISIÓN GENERAL

M.^a Carmen GALLASTEGUI

Universidad del País Vasco

Ibon GALARRAGA

Mikel GONZÁLEZ

BC3 - Basque Centre for Climate Change

I. INTRODUCCIÓN

NUNCA antes el papel de las ciencias naturales y el de las ciencias sociales han necesitado de una vinculación más estrecha. En las últimas décadas, problemas globales como la destrucción de la capa de ozono, la pérdida de biodiversidad o la contaminación de los océanos han mostrado la importancia de la multidisciplinariedad en materia de protección ambiental. La cooperación científica es indispensable para poder avanzar correctamente a lo largo del proceso de toma de decisiones que abarca la medición de los riesgos, la evaluación de actuaciones y el establecimiento de prioridades.

El cambio climático (CC) es uno de los ejemplos más claros de problema en el que una aproximación multidisciplinar es indispensable. Tomar decisiones acertadas en el caso del CC necesita, en primer lugar, de un conocimiento profundo y objetivo sobre los factores físicos que subyacen al sistema climático, sobre el origen de dichos cambios y sobre los escenarios o las tendencias futuras. En segundo lugar, es necesario conocer y analizar sus consecuencias, el grado de vulnerabilidad de los sistemas socio-económicos y naturales, así como las opciones disponibles para la adaptación. Por último, y en tercer lugar, es fundamental conocer las opciones para su mitigación mediante la limitación o la prevención de las actividades que generan las emisio-

nes de gases de efecto invernadero, o GEI. Para ello, y lo largo de más de veinte años, el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, en sus siglas en inglés) ha analizado estas cuestiones a través de tres grupos específicos de trabajo. Los informes del IPCC han sido un pilar básico en la firma del Protocolo de Kioto y son la base sobre los que se asentarán las futuras negociaciones post-Kioto en la cumbre de Copenhague en diciembre de 2009 (COP15).

El objetivo de este artículo es realizar una revisión sobre la ciencia del CC. Para ello, en los apartados II y III se presentan las principales conclusiones del informe de síntesis del IPCC (2007). En el apartado IV se analizan los aspectos relacionados más específicamente con la economía del CC y las dificultades que existen para su mitigación. El V, se centra en el papel de los gobiernos, las instituciones, los *stakeholders* y la opinión pública en los acuerdos climáticos y en el establecimiento de políticas. Por último, en el apartado VI, se recogen las principales conclusiones.

II. LA EVOLUCIÓN DEL CLIMA Y SUS IMPACTOS

1. Los cambios observados y sus causas

Según el IPCC, el clima de la tierra está cambiando de manera

«inequívoca», como lo muestra el aumento de las temperaturas medias, la fusión generalizada de nieves y hielos y el aumento del nivel del mar. Estos cambios están distribuidos de una forma desigual, siendo las regiones más septentrionales las más afectadas, y además se están acelerando, ya que entre 1956 y 2005 el calentamiento lineal promedio (0,13 °C por decenio) es ya el doble que en el último siglo.

El origen del CC o cambio global se debe *muy probablemente* (1) al aumento de las concentraciones de GEI derivadas del consumo de combustibles fósiles desde la época preindustrial y, en menor medida, a los cambios en los usos del suelo. Las emisiones han aumentado en las últimas décadas (entre 1970 y 2004 cerca de un 70 por 100) empujadas por una fuerte presión demográfica, económica y energética. Este aumento en el nivel de emisiones ha provocado que las concentraciones de GEI en la atmósfera, estables en torno a las 280 ppm (2) durante la época preindustrial, hayan aumentado hasta alcanzar en 2005 las 379 ppm, unos niveles que exceden con mucho el rango natural de los últimos 650.000 años. Si no se establecen políticas concretas de mitigación, la temperatura media aumentará muy probablemente entre los 1,8 y los 4 °C para finales de siglo; es decir; existen posibilidades muy reales de franquear los «umbrales de prevención» identificados por la comunidad científica, que se sitúan en torno a los 2 °C como límite máximo razonable.

Para no exceder el «umbral de prevención» de los 2 °C, es preciso que los niveles de concentración se estabilicen en torno a las 450-550 ppm. Según los escenarios del IPCC, para que el sistema climático transite hacia ese nivel de concentraciones es necesario

que las emisiones globales: 1) alcancen su cenit en las próximas décadas; 2) se reduzcan a la mitad para 2050, y 3) continúen descendiendo hacia finales de siglo. Para ello es muy importante la implicación de los países emergentes, ya que para 2020-2025 sus emisiones superarán las de los países económicamente desarrollados. De hecho, como muestra el gráfico 1, aunque las emisiones (energéticas) de los países se redujeran a cero, el crecimiento del resto de países haría muy difícil alcanzar los objetivos (IEA, 2008).

Los efectos del CC son ya apreciables y serán muy significativos en el futuro. Por ejemplo, la resiliencia de numerosos ecosistemas puede verse superada, lo que supondrá que entre un 20-30 por 100 de las especies vegetales y animales estarán expuestas a un mayor riesgo de extinción. Aunque la productividad agrícola podría aumentar en latitudes superiores si la temperatura aumenta entre 1-3 °C, en países de África podría llegar a disminuir hasta un 50 por 100, incrementando el riesgo de hambrunas y crisis humanitarias. Por otro lado, se es-

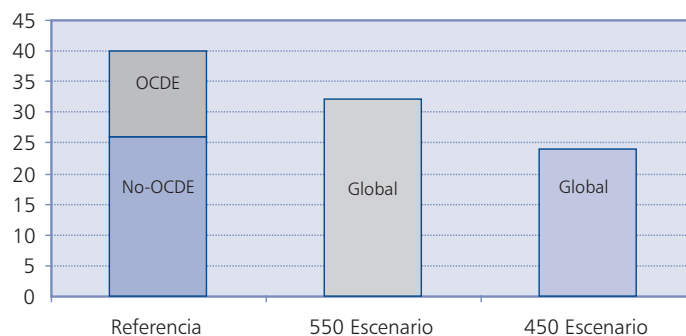
pera que hacia finales del siglo XXI el aumento del nivel del mar afectará a las áreas costeras, y a los grandes deltas de Asia y África, y que desaparezcan numerosas pequeñas islas del Pacífico. La situación sanitaria de millones de personas podría resultar afectada debido a los fenómenos meteorológicos extremos y a la alteración en la distribución e incidencia de enfermedades infecciosas.

Por último, y aunque la probabilidad es baja, existen posibilidades de que ocurran cambios abruptos e irreversibles. Esto dependerá de la propia evolución del CC y del comportamiento de efectos no lineales de retroalimentación que son poco conocidos. Aunque, según las últimas investigaciones, estos cambios necesitarían escalas de tiempo muy largas (miles de años), el IPCC no descarta aumentos rápidos del nivel del mar a escalas de tiempo seculares.

III. OPCIONES DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN

Las actuaciones para limitar los impactos del CC pueden provenir

GRÁFICO 1
EMISIONES CO₂ "ENERGÉTICAS" PROYECTADAS PARA 2030
(EUROS/TONELADA DE CO₂)



Fuente: IEA (2008).

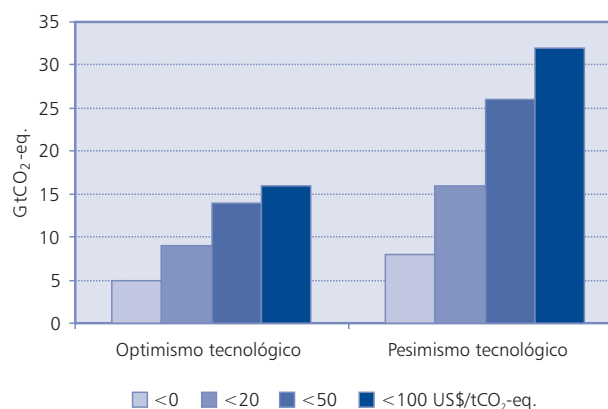
de: 1) la mitigación de emisiones; mediante una reducción de las emisiones de GEI a la atmósfera o mediante un aumento de los sumideros de carbono, y 2) la adaptación a sus efectos. Ambas medidas son complementarias y están relacionadas a través de las políticas de desarrollo sostenible. Por ejemplo, en los países más pobres el desarrollo es una pieza clave en cualquier política de adaptación, ya que ésta es una forma de reducir su vulnerabilidad.

1. Opciones de mitigación

Existe abundante evidencia científica sobre las posibilidades tecnológicas para la mitigación de emisiones en el medio-largo plazo. En este sentido, es importante distinguir entre el *potencial de mitigación de mercado* y el *potencial de mitigación económico*; el primero considera el potencial desde el punto de vista de la rentabilidad privada, mientras que el segundo lo hace desde el punto de vista de la rentabilidad social. Sin una intervención pública que regule la externalidad o daño que supone el CC sobre las generaciones actuales y futuras, o que la internalice a través de un precio para el CO₂, difícilmente el potencial de mitigación de mercado podrá alcanzar el potencial económico existente.

El gráfico 2 recoge el potencial (3) «económico» de mitigación de emisiones para distintos niveles de precios del CO₂. Para poder entender dichas cifras, hay que señalar que las emisiones de GEI alcanzaron en 2000 las 45 GtCO₂-eq y que el IPCC prevé para 2030 añadir entre 10 y 35 GtCO₂-eq. Los estudios muestran que existe potencial suficiente para compensar el crecimiento previsto, e incluso para reducir las emisiones por debajo de los nive-

GRÁFICO 2
POTENCIAL DE MITIGACIÓN ECONÓMICA MUNDIAL PARA 2030



Fuente: IPCC (2007).

les actuales. El coste medio de dicha reducción, según escenarios más o menos optimistas, oscilaría en torno a los 20-50 dólares por tonelada (US\$/tCO₂-eq). Visto de otro modo: para que el mercado por sí sólo alcance una reducción importante de las emisiones (entre 15 y 30 GtCO₂) el precio de los permisos de CO₂ en un hipotético mercado global debería alcanzar los 20-50 dólares. En cambio, una estabilización de las concentraciones en torno a las 450-550 ppm, requeriría un precio sensiblemente mayor, seguramente superior a los 80-100 dólares estadounidenses.

Una conclusión sorprendente de los estudios tecnológicos es que existen importantes oportunidades de mitigación de emisiones (5-8 GtCO₂-eq) a un coste cero o negativo; es decir, que a través, por ejemplo, del ahorro y la eficiencia energética en la iluminación, en los motores de los vehículos o en el aislamiento de edificios, podríamos reducir emisiones y obtener un beneficio económico. Las razones por las que el mercado no aprovecha estas

oportunidades («paradoja de la eficiencia») podría deberse a la existencia de costes o barreras ocultas (financiación, información, etcétera) que podrían eliminarse a través de políticas adecuadas.

Aunque existe un amplio potencial para la reducción de emisiones, los estudios también muestran que no existe una tecnología que pueda proporcionar todo el potencial de mitigación en ninguno de los sectores. Por ello, es necesaria una cartera o *mix* de tecnologías que tenga en cuenta las características particulares de cada sector y cada país. En general, es destacable la existencia de un amplio potencial a bajo coste en el sector de la edificación en cuanto a eficiencia energética, y en el sector energético en cuanto a energías bajas en carbono. También existe potencial en la industria, y en la agricultura y en la silvicultura mediante una correcta gestión del suelo. Aunque la contribución del sector transporte es fundamental, y su tendencia es además a aumentar, en general las alternativas tecnológicas existentes en este sector son por aho-

ra más costosas, por lo que cobra especial relevancia la gestión de la demanda.

A partir de los potenciales de mitigación, y mediante el uso de modelos, se puede estimar, con un amplio rango de incertidumbre, los costes macroeconómicos de reducir las emisiones. Según el IPCC, una reducción de emisiones consistente con unas concentraciones de 450 ppm supondría en 2030 una reducción del PIB mundial inferior al 3 por 100, e inferior al 5,5 por 100 en 2050. Es importante señalar que estos costes no contemplan los costes de la no actuación. Según el IPCC aumentos de 1-3 °C producirán beneficios de mercado en algunos lugares y sectores, pero, como media, la pérdida global podría alcanzar hasta un 4 por 100 del PIB e ir aumentando a medida que aumenta la temperatura. En muchas regiones, dichos impactos podrían ser mucho mayores. Según el informe Stern (2006), estos costes se han infravalorado tradicionalmente, ya que existen multitud de efectos que no han sido incorporados. Según este estudio los costes se situarían probablemente en torno al 5-20 por 100 del PIB mundial, mientras que una estabilización en torno a los 550 ppm costaría un 1 por 100 del PIB. Además, Stern sugiere que las actividades para reducir GEI serán más caras si se retrasan por características propias de las infraestructuras energéticas.

2. Opciones de adaptación

Las sociedades llevan tiempo adaptándose a los fenómenos atmosféricos y climáticos para tratar de minimizar sus efectos. El CC agravará dichos fenómenos haciéndolos más frecuentes e intensos. En muchas sociedades, estos efectos se verán acentuados por

otros factores estructurales como la pobreza y el desigual acceso a los recursos.

En los países más vulnerables, las medidas de adaptación y de desarrollo deben avanzar en la misma dirección. Esto es clave en aspectos como la planificación de los recursos hídricos, en la protección de costas o en las estrategias de reducción de riesgos ante desastres naturales. Las estimaciones hechas a escala regional indican que la relación coste/beneficio de la incorporación de la variable CC en el diseño de proyectos es mayor que su no consideración y modificación posterior de las infraestructuras.

Existe un amplio nivel de coincidencia en que ni la mitigación ni la adaptación por sí solas pueden evitar los impactos del CC. Ambas acciones, debidamente coordinadas, en los tiempos adecuados y en confluencia con otras políticas transversales de sostenibilidad, son la mejor garantía para limitar los efectos del CC. Por último, no hay que olvidar que las políticas de mitigación también generan otros beneficios, como son, por ejemplo, una mayor seguridad energética o una mejora de la salud por la reducción de otros contaminantes atmosféricos.

IV. ASPECTOS CENTRALES DE LA ECONOMÍA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

1. Los fallos de mercado que originan el cambio climático

Durante mucho tiempo, hemos creído que uno de los mayores fallos que el sistema de mercado producía era el desempleo. El paro genera una infrautilización de los recursos productivos tan evi-

dente que no hace falta explicar la afirmación de que una economía con desempleo es una economía que no ha logrado la eficiencia.

No se pretende comparar el paro con el CC. Ambos no tienen relación directa ni aparente, pero si este apartado comienza con una referencia a este fenómeno se debe a que, al igual que el desempleo, el CC puede modelarse, desde la teoría económica, como un fracaso de mercado. Recordar los dos teoremas del bienestar, y especialmente el primero, es algo que los economistas quizá debiéramos hacer con relativa frecuencia, máxime cuando hemos vivido una época en la que la preferencia por el *laissez-faire* y las enseñanzas liberales han sido dominantes.

Lo que la teoría económica nos enseña es que los mercados consiguen asignaciones eficientes cuando se cumplen una serie de condiciones muy restrictivas. Entre ellas, y al objeto de esta argumentación, destacan: la necesidad de existencia de mercados para todos los bienes, la inexistencia de bienes públicos o la no presencia de efectos externos de naturaleza tecnológica. Pues bien, el CC es un claro ejemplo de situación que puede explicarse como un problema de fracaso de mercado: 1) porque no existen mercados donde el clima de la tierra pueda intercambiarse; 2) porque el clima de la tierra es un bien público de naturaleza global, y 3) porque en las causas del CC se puede detectar la existencia de efectos externos tecnológicos. En los tres casos se sabe que no es posible esperar que el clima de la tierra esté bien gestionado. Por el contrario, lo previsible es que se produzca una mala gestión de este activo natural, y el CC no es más que el reflejo de esta mala gestión.

La forma de modelar el clima de la tierra como un bien público de naturaleza global transnacional es quizá la más evidente y clara, aunque es posible admitir cualquiera de las otras dos alternativas. Los bienes públicos, en oposición a los privados, se definen como bienes con dos características: no rivalidad en el consumo e imposibilidad de exclusión. Ambas están presentes en el caso que nos ocupa, el clima de la tierra, lo que implica que este bien puede caracterizarse como un bien público de carácter global (afecta a todo el planeta).

Samuelson (1954) demostró, en primer lugar, que en presencia de bienes públicos el mercado no conseguirá una asignación eficiente, y probó, en segundo lugar, cuál era la dirección en que se definiría la mala asignación: los bienes públicos son provistos de manera insuficiente por el mercado. Utilizando estos términos, puede afirmarse que el CC es consecuencia de un fracaso del sistema de mercado; fracaso generado como consecuencia de las características de no rivalidad y no exclusión que el clima de la tierra presenta. Alguien podría preguntarse por qué es necesario hablar en estos términos cuando en realidad no existen mercados para el clima, sin embargo pensar en el bien clima de la tierra (CT) como un bien público de naturaleza global proporciona muchas intuiciones respecto de las dificultades y soluciones del problema.

Hay también otros componentes de la caracterización que resultan relevantes a la hora de entender el CC desde un punto de vista económico. Los GEI, y en particular el CO₂, causantes del CC, constituyen emisiones que, al ser persistentes (la tasa de absorción por la atmósfera de los GEI o del CO₂ es inferior a la unidad), producen no sólo efectos flujo, sino

también efectos *stock*. Los gases se acumulan en la atmósfera y es preciso preocuparse no sólo de la cuantía de las emisiones, sino de su permanencia. Las emisiones tienen además la característica de ser de mezcla perfecta. Las emisiones de CO₂ de un país se asemejan, en cuanto a las características físicas, a las de los demás países o regiones, por lo que, a la hora de analizar sus efectos, no podemos diferenciar su procedencia. Las emisiones, provengan de donde provengan, se agregan, y el daño depende de la cuantía total.

Por esta razón, se dice que el CC es un bien público de naturaleza global que precisa ser estudiado desde un punto de vista estático (emisiones), pero también dinámico (efecto *stock* de las emisiones).

2. El papel del análisis coste-beneficio

El análisis coste beneficio (ACB) se utiliza en economía como técnica de análisis que permite determinar si llevar a cabo una determinada política u optar por alguna decisión que implique una secuencia de gastos o una inversión está o no justificado. Para ello es preciso, por un lado, hacer un listado completo y una cuantificación lo más precisa posible de todos los costes y beneficios que el proyecto o política va a generar tanto en el presente como en el futuro. La cuantificación es siempre difícil porque hay beneficios «intangibles», beneficios que se derivan de resultados que no tienen un valor de mercado y para los cuales es preciso indagar, utilizando aproximaciones sofisticadas, el umbral mínimo de lo que la sociedad, o una parte de ella, puede ganar.

El ACB, con todas sus dificultades a la hora de bajar a la arena

de la cuantificación, es muy fácil de entender a nivel teórico. Se trata de tener en cuenta y de evaluar todos los costes y todos los beneficios que un determinado proyecto va a acarrear, calcular el valor presente de la corriente de beneficios y costes utilizando un tipo de descuento social, y comprobar que el resultado es tal que el beneficio neto es positivo. Sólo en esta circunstancia está justificado desde un punto de vista económico que el proyecto se lleve a cabo. Cuando el proyecto no es de naturaleza social, sino que constituye, por ejemplo, una decisión sobre una inversión privada, de cuyos beneficios se van a apropiar agentes privados, el cálculo de la rentabilidad neta del proyecto es más sencillo. Aunque el tipo de descuento utilizado en este caso será de mercado, la argumentación es idéntica.

Cuando el informe Stern concluye que los beneficios de actuar mitigando emisiones para evitar los efectos de un cambio en el clima de la tierra superan a los costes, está aplicando exactamente este criterio. Su informe ha sido criticado por algunos autores debido a razones técnicas, el tipo de descuento que utilizaba en su argumentación o la imposibilidad de computar ciertos valores debido a la incertidumbre que acompaña a muchas de las cuantificaciones, tanto por el lado de los costes de actuar como por el de los de no actuar. Estas han sido las críticas suaves; las más severas han incluido otros muchos aspectos: inconmensurabilidad, valores plurales, ética no utilitaria, derechos, desigualdades distributivas, pobreza y tratamiento de las generaciones futuras.

Para Spash (2007), la aproximación ACB llevada a cabo por el informe Stern y por otros muchos economistas ignora la literatura,

muy crítica, proveniente del campo de la ecología, en relación con la utilización de esta herramienta, y adopta el punto de vista tradicional de que el crecimiento económico se tiene que defender sin plantearse siquiera el porqué es necesario que la sociedad siga produciendo y consumiendo cada vez más. Para los que siguen los principios básicos de la economía ecológica, este modelo tradicional no tiene una base firme y es preciso diseñar estados estacionarios que correspondan, por diseño, a economías más pequeñas, es decir, economías con menores tasas de crecimiento, empleo y consumo.

De acuerdo con este autor, el informe Stern se aleja del análisis de los conflictos de intereses en términos de valores. Ésta es una crítica de peso si no fuera porque hacer economía implica normalmente tomar decisiones difíciles, y en este caso con un mayor grado de incertidumbre. Aun siendo conscientes de que aplicar el modelo de racionalidad y la ética utilitarista es una opción, y no la única, si se aplica el principio de que a menudo «lo mejor es enemigo de lo bueno», el análisis ACB, utilizado con las necesarias cautelas y alejado del dogmatismo, es opción interesante, aunque no siempre concluyente.

En cualquier caso, y desde la perspectiva del cambio climático, la crisis económica global actual podría alterar los patrones de crecimiento e imponer restricciones en la producción que podrían servir para mitigar emisiones al menos en un cierto período de tiempo. Por otra parte, la necesidad de llevar a cabo políticas macroeconómicas activas sugiere que puede ser posible poner en práctica políticas de corte keynesiano de naturaleza «verde», es decir, políticas que ayuden a resolver el

fenómeno del CC. La utilización de mano de obra no cualificada en paro para llevar a cabo acciones de reforestación es sólo una ilustración de lo que podría hacerse. Por otro lado, los ajustes en el tamaño de ciertos sectores económicos que la crisis está propiciando están generando discusiones y análisis en torno a la idea del «decrecimiento». La tecnología, la mitigación, los cambios en los patrones de consumo, pueden, a juicio de algunos autores, no ser suficientes para resolver el problema del CC, y sería necesario optar por el «decrecimiento»: trayectorias a largo plazo donde el crecimiento del PIB no sea tan elevado como el experimentado en los países desarrollados en la última década. Estas ideas y propuestas, que surgen como consecuencia de la conjunción en el tiempo de dos problemas globales, la crisis económica y el cambio climático, darán pie sin duda a nuevos desarrollos a tener en cuenta.

3. Descuento y equidad intergeneracional

Los modelos de crecimiento económico incluyen o bien funciones de bienestar con horizontes infinitos (lo que supone que los individuos que constituyen la sociedad tienen en cuenta, a la hora de tomar sus decisiones, su propio bienestar y el de todas las generaciones futuras) o bien funciones de bienestar o de utilidad con horizontes finitos. Un camino intermedio es el de los modelos de generaciones solapadas donde conviven, en un mismo período de tiempo, jóvenes y viejos que son sustituidos por nuevas generaciones. La elección de modelo no es baladí, como tampoco lo es el planteamiento de cuestiones medioambientales como la del CC, que van a afectar a las generaciones presentes y sobre todo a las futuras.

Cuando se consideran agentes individuales que se preocupan no sólo del bienestar propio, sino también del de sus hijos, se admite implícitamente que la función de bienestar social (adoptando el criterio de Bentham) tendrá un horizonte infinito. Si los agentes individuales se modelan como agentes que se preocupan del bienestar de sus hijos y éstos, a su vez, de los suyos, es como si la generación de hoy se preocupara del bienestar de sus nietos, biznietos y demás generaciones futuras.

Al analizar problemas ambientales, casi siempre se tiene en cuenta el futuro. Esto no quiere decir, sin embargo, que las generaciones futuras estén valoradas exactamente igual que las presentes, porque hay otro elemento importante a tener en cuenta antes de poder responder a esta cuestión. Se trata de la elección del tipo de descuento a utilizar a la hora de determinar los valores presentes de las magnitudes económicas.

Cuando el tipo de descuento utilizado es nulo, se adopta la decisión de valorar el presente y el futuro exactamente igual; cuando el tipo de descuento es alto, superior a uno, se da por supuesto que el presente importa mucho más que el futuro y que, por lo tanto, el bienestar de las generaciones futuras, aun siendo relevante en la función objetivo, no alcanza a tener el mismo peso que el de la generación presente.

Hay muchos principios éticos involucrados en una decisión que parece a priori sencilla, la elección del tipo de descuento, pero cuando las consideraciones éticas son relevantes los principios puramente económicos no tienen mucho que decir.

En cualquier caso, en economía se han adoptado una especie de

reglas de actuación que, de forma simple, podrían ser descritas como sigue: utilicemos el tipo de interés de mercado para descontar el futuro, tal y como hacen los agentes privados a la hora de adoptar sus decisiones de inversión cuando lo que está en juego no afecta a la colectividad. Sin embargo, cuando se contemplan decisiones que afectan a las generaciones futuras no parece ético utilizar tipos de descuento tan elevados. De ahí que la segunda parte de la regla establezca que, siempre que las decisiones a considerar tengan implicaciones generacionales, el tipo de descuento que se utilice debe ser o bien cero o, en cualquier caso, inferior al tipo de interés de mercado. La cuantía de la disminución depende del investigador, pero la utilización de un tipo similar a los bonos gubernamentales es algo comúnmente aceptado en la práctica. En problemas ambientales severos, como es el caso del CC, la utilización de tipos de descuento nulos no puede ser descartada.

V. ASPECTOS INSTITUCIONALES Y POLÍTICOS

El entramado institucional y político en torno al CC resulta francamente complejo por varias razones. Por un lado, porque aglutina carteras y responsabilidades muy diversas, con poca tradición de trabajar de forma coordinada y acompasada; carteras como la de medio ambiente, la de transporte, la de energía, la de desarrollo industrial, la de vivienda o la de investigación, entre otras. Por otro, porque necesita concitar acuerdos a todos los niveles de la Administración —internacional, nacional, regional y local—, ya que todos cuentan con competencias que afectan directa o indirectamente al éxito de la política de lucha contra el CC (Nrg4sd, 2008).

Desde que, en 1997, los países industrializados se comprometieron con los objetivos de reducción de emisiones de gases efecto invernadero, los esfuerzos que se han llevado a cabo para instrumentar un proceso internacional global han sido importantes. Las Naciones Unidas, desde la secretaría de la Convención Marco sobre Cambio Climático (conocida por sus siglas en inglés, UNFCCC), creada en el año 1992, ha impulsado, mediante las conferencias de las partes y los órganos subsidiarios (4), un movimiento del que forman parte más de 190 países del mundo.

Aun siendo los estados quienes se reúnen en las diversas conferencias, se ha logrado una más que importante actuación de agentes de interés que, en actos paralelos, contribuyen a catalizar e impulsar la lucha contra el CC. Entre ellos se aglutinan ONG, empresas, asociaciones y otras colectividades, siendo destacable el papel predominante que los gobiernos regionales y las asociaciones de gobiernos regionales y locales han venido desempeñando. Este nivel de gobierno ha encontrado, en el mundo paralelo a las conferencias de las partes, un ámbito de trabajo mucho más efectivo y de gran potencial, que complementa de forma decisiva su participación a través de los estados.

El tejido institucional en el que se enmarca la lucha contra el CC concentra, probablemente, lo mejor y lo peor de las relaciones en materia de cooperación y coordinación. Las dificultades para lograr avances significativos en esta materia son muchas y de diversa índole, pero sigue habiendo un punto de luz en el horizonte que invita al optimismo.

En este apartado del artículo se reflexiona sobre este asunto,

incidiendo en la problemática que el entramado institucional representa en la lucha contra el CC, así como en las oportunidades que brinda.

1. Las dificultades para una acción global coordinada

La dimensión global del CC hace imprescindible la necesidad de articular esquemas de acción a todos los niveles de gobierno, y pone de manifiesto las importantes dificultades de lograr avances reales en materia de política ambiental. Un problema ambiental global, transnacional, que reúne todas las características de bien público global, en el cual la tentación de actuar como «viajero sin billete» es siempre máxima y en el que, sin embargo, la acción coordinada es imprescindible.

Incluso aquellos gobiernos para los que la lucha contra el CC es una de sus prioridades políticas se encuentran con obstáculos de primer orden. La complejidad del diseño de la política, la extrema dificultad para su implementación y la problemática para el seguimiento, retroalimentación y ajuste son las más evidentes.

En lo que se refiere al primer grupo, la necesidad de interactuar con políticas sectoriales diversas (industrial, de transporte, energética, ambiental, etc.) exige un grado de conocimiento interdisciplinar y un esfuerzo de coordinación inter e intradepartamental sin precedentes. Y todo ello coordinado entre varios niveles de gobierno, hacia lo más local o hacia lo más internacional. Lograr sinergias entre las políticas de sectores tan diferentes resulta un ejercicio conceptualmente sencillo en sus planteamientos, pero extremadamente complejo de instrumentar. Cuestiones tan básicas como

la forma en la que se contabilizan las emisiones —vía directa o indirecta (5)— son un ejemplo que ilustra estas dificultades. Este extremo resulta esencial a la hora de coordinar los esfuerzos entre países y regiones. La elección de un método u otro de contabilización puede significar que las políticas de autoabastecimiento o diversificación energética adquieran una mayor o menor relevancia entre las prioridades políticas.

Al referirnos a la fase de implementación, no podemos obviar, además de las dificultades que se arrastran desde la fase de diseño, la complejidad de contar con un órgano de gobierno con la suficiente transversalidad y fuerza como para ser efectivo en la implementación de los paquetes de medidas. Y ello garantizando que la estructura organizativa clásica de cualquier gobierno (es decir por áreas o sectores) no sea un obstáculo insalvable. Este extremo representa un reto desde el punto de vista de la gestión pública, que exige grandes dosis de tenacidad y constancia. Los planteamientos respecto a modelos de integración vertical están en el centro de este debate y, mientras éstos pueden representar aparentes ventajas por estar toda la acción dirigida desde un solo poder público, conllevan también las problemáticas clásicas respecto a la agilidad y conflicto de intereses en las estructuras de gobierno.

La fase de seguimiento y ajuste tampoco está exenta de complejidades en tanto que, aun siendo efectiva una política para el fin diseñado, puede incidir de forma excesivamente negativa en otras prioridades sectoriales a corto plazo. Aunque una política de lucha contra el CC bien diseñada representa situaciones *win-win* en relación con otras políticas sectoriales a medio o largo plazo; entre

otros, los conocidos *ancillary benefits* en la calidad del aire (Markandya y Halsnaes, 2002).

A medida que se hace más necesaria la globalización de la política climática, estas complejidades aumentan de forma exponencial. La implementación y desarrollo del Protocolo de Kioto concentra, por ejemplo, todas estas dificultades. Hacer frente a estas cuestiones sobre eficacia en la gestión pública será imprescindible para el avance de los acuerdos post-Kioto.

Entre otros factores a considerar, parece oportuno mencionar uno que durante un periodo largo ha lastrado los avances de la política de lucha contra el CC: la sensación de irreversibilidad e imposibilidad de abordar un problema de tan inmensas proporciones. Ante la dimensión de un reto global —calificado por dirigentes de todo el mundo como el mayor reto al que debe enfrentarse la humanidad en este siglo—, resulta inevitable que aparezcan posturas que abogan por dejar de lado cualquier esfuerzo de mitigación por entenderlo inútil. Afortunadamente, la ciencia ha jugado un papel crucial en relación con esta cuestión, aclarando la dimensión de este reto global pero matizando y cuantificando la magnitud del cambio que es necesario abordar. El propio panel intergubernamental o el conocido informe Stern han sido piezas clave en este proceso.

La política se mueve en un mundo de ciclos cortos de entre tres y seis años, claramente insuficientes para abordar los cambios estructurales que el CC necesita. Incluso los más bienintencionados de los encargados de diseñar la política sienten la tentación de no abordar con decisión los cambios estructurales a largo plazo cuyos

frutos no puedan capitalizar hoy. Lograr que esta tentación no desvirtúe la política ambiental puede requerir un esfuerzo añadido. En esta tarea resulta vital contar con un colectivo de agentes de interés bien informado y exigente, además de con una política bien engarzada con los movimientos en la esfera internacional.

La desigualdad en el reparto de los costes, los esfuerzos y los incentivos para actuar a favor de una política de lucha contra el CC decidida son otras cuestiones que deben ser abordadas. La conocida como «equidad en la diferenciación de los esfuerzos requeridos» está entre los factores clave de la Convención Marco sobre Cambio Climático y en los fundamentos del Protocolo de Kioto (Aldy y Stavins, 2008). Sin embargo, esta cuestión sigue suscitando numerosos desencuentros en los foros internacionales.

2. Los acuerdos climáticos actuales y la futura fase post-Kioto

Mucho se ha escrito ya sobre el Plan de Acción de Bali (conocido como la hoja de ruta de Bali), que fue aprobado en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático en diciembre 2007 (6) (COP13). Este plan establecía la senda de trabajo necesaria para que en la cumbre de 2009, en Copenhague (COP15), puedan aprobarse los instrumentos y el marco de trabajo que regule el periodo post-Kioto. Este plan plantea cuestiones tan relevantes como: ¿qué tipo de acuerdo internacional debe formalizarse para el periodo posterior a Kioto?, ¿cuál debe ser la arquitectura institucional?, ¿cómo lograr mayores reducciones de emisiones?, ¿cómo avanzar en las cuestiones de adaptación?, ¿cuál

debe ser el papel de la innovación? La reunión de Bali sirvió además para adoptar acuerdos en temas tan relevantes como la transferencia de recursos financieros para los países en vía de desarrollo, vía fondos y otros instrumentos financieros y de mercado.

La conferencia de Poznan (COP14) ha marcado otro hito en este camino, si bien ha estado lastrada por la falta de acuerdos entre las mayores potencias internacionales y la indecisión y parálisis de la Administración Bush. Este año 2009 se muestra, por tanto, crucial en lo referente a los acuerdos internacionales en la lucha contra el CC, y especialmente la culminación en la cumbre de Copenhague. En ella deberán materializarse los resultados de las negociaciones de las distintas cumbres, como la de Bonn, en junio, y la de Bangkok, en septiembre y octubre. Los ojos están puestos en países como India, Brasil y China, abanderados de los compromisos de los países en vías de desarrollo y potencias en rápido crecimiento, la Unión Europea, en relación con el mantenimiento de su liderazgo, y Estados Unidos, respecto al rol que el nuevo presidente Barack Obama ha prometido en torno a esta temática. Cuestiones como el futuro del mercado de derechos de emisión, los impuestos al CO₂, la transferencia de tecnología, el comercio internacional y sus emisiones, junto con los asuntos de adaptación y el reparto de las cargas, centrarán el debate en torno al post-Kioto.

3. El papel de los *stakeholders* y de la opinión pública

La lucha contra el CC no es tan sólo una tarea de las administraciones públicas. La participación

de un amplio abanico de agentes en los procesos de planificación es fundamental para aunar esfuerzos y despertar la sensibilidad de la ciudadanía; así como de grupos de interés económico, asociaciones ecologistas, sindicatos o el mundo académico. Pero lo es, principalmente, para garantizar el decidido y constante apoyo que cualquier Administración necesita para desarrollar la política de lucha contra el CC con tesón y constancia, pensando más en el largo plazo y las medidas estructurales que en el corto plazo y las medidas coyunturales.

Hoy en día, la ciudadanía percibe el calentamiento global como una amenaza de primera magnitud que debe ser abordada, y exige a sus representantes que gestionen esta cuestión de forma urgente y decidida. Gracias a la cobertura que los medios de comunicación han dado a los científicos en esta materia, la opinión pública reconoce la necesidad de invertir hoy para evitar daños y costes mayores en un futuro. Este reconocimiento resulta fundamental.

Un reciente estudio realizado por el Departamento de Medio Ambiente del Gobierno Vasco muestra, por ejemplo, que la disposición a pagar (DAP) agregada para implementar el Plan Vasco de Lucha contra el Cambio Climático (PVLCC) se estima en 400,6 millones de euros, mientras que los costes del mismo se estiman en 79,5 millones de euros (Hoyos *et al.*, 2009). Otros estudios ponen de manifiesto cifras económicas y niveles de preocupación similares.

La opinión pública se estructura también en torno al papel que juegan las asociaciones ecologistas y los estados de opinión que generan. Afortunadamente, el nivel de conocimiento y especializa-

ción de estos colectivos ha mejorado notablemente en los últimos años gracias a los nuevos desarrollos que están teniendo lugar en la literatura científica. Esto permite que colectivos ambientalistas contribuyan de forma significativa, y generalmente constructiva, a mantener el pulso de la política ambiental en la Administración pública. El rol de estos grupos de interés será fundamental en los futuros desarrollos de la política climática, y más especialmente en lo que se refiere a la implementación efectiva de ésta. Los duros análisis que realizan contribuyen a detectar las incoherencias a las que, como sociedad, nos enfrentamos.

Cabría destacar, por último, el papel de los prescriptores sociales a la hora favorecer el estado de opinión en torno a cuestiones tan complejas como el CC. En cada país o región contamos con personalidades de reconocida trayectoria que avalan las conclusiones de los científicos y apoyan las políticas públicas diseñadas para combatir el CC. En el contexto internacional, personas como el ex-vicepresidente de Estados Unidos, Al Gore, han contribuido sin duda alguna a la popularización de la problemática. El papel de éstos resulta fundamental para lograr que la política pueda ponerse en marcha de forma efectiva y se conciten los apoyos necesarios. La credibilidad y la honestidad de la trayectoria de los prescriptores están lógicamente relacionadas con su potencial para movilizar a la sociedad en torno a estas cuestiones.

4. Arquitecturas institucionales para una economía baja en carbono

El Protocolo de Kioto contiene algunas debilidades y fortalezas

(Aldy y Stavins, 2008). Entre sus fortalezas más claras destaca el hecho de que, por primera vez, la comunidad internacional ha conseguido superar las barreras existentes para establecer unos objetivos y unos plazos concretos para la mitigación. Además, dicha reducción de emisiones se asienta en dos principios fundamentales que deben guiar cualquier negociación climática: 1) la reducción «coste-efectiva» de las emisiones, mediante el uso de mecanismos flexibles, y 2) el reparto «equitativo» de las cargas mediante la aplicación de objetivos «diferenciados» en función de la responsabilidad histórica de cada país y su capacidad. Entre sus debilidades destaca la falta de participación de los países en vías de desarrollo y de los grandes centros emisores de GEI. El acuerdo post-Kioto debería permitir ampliar el número de socios y coordinar las políticas a escala mundial (sin que ello represente una limitación en las actuaciones individuales).

Desde un contexto europeo, aparecen otras cuestiones que deben ser tenidas en cuenta. En concreto, es necesario destacar el papel que las regiones y los niveles de gobierno sub-estatales pueden jugar en esta cuestión. Las razones para destacar el papel de las regiones se basan en los principios de eficiencia y subsidiariedad, el papel dinamizador de los actores públicos locales y la sociedad civil y el incremento de responsabilidades que son competencia de estas administraciones (la ordenación del territorio, el medio ambiente, la educación y la investigación, la política industrial y, en algunos casos, también la energética). Más allá de la realidad europea, donde regiones como Flandes, Escocia, Renania del Norte-Westfalia, Cataluña y el País Vasco (7) han liderado estrategias de lucha contra el CC reconocidas en los foros internacionales, Esta-

dos Unidos contiene ejemplos interesantes. Las ambiciosas políticas ambientales desarrolladas por estados como California, Connecticut y Maine contrastan con el papel de la administración Bush desde el Gobierno Federal.

La arquitectura que se plantee debe considerar que la política de mitigación resulta parte del compromiso de todos los países y regiones con el mundo, mientras que la de adaptación puede entenderse en cada territorio como un claro compromiso con las generaciones futuras.

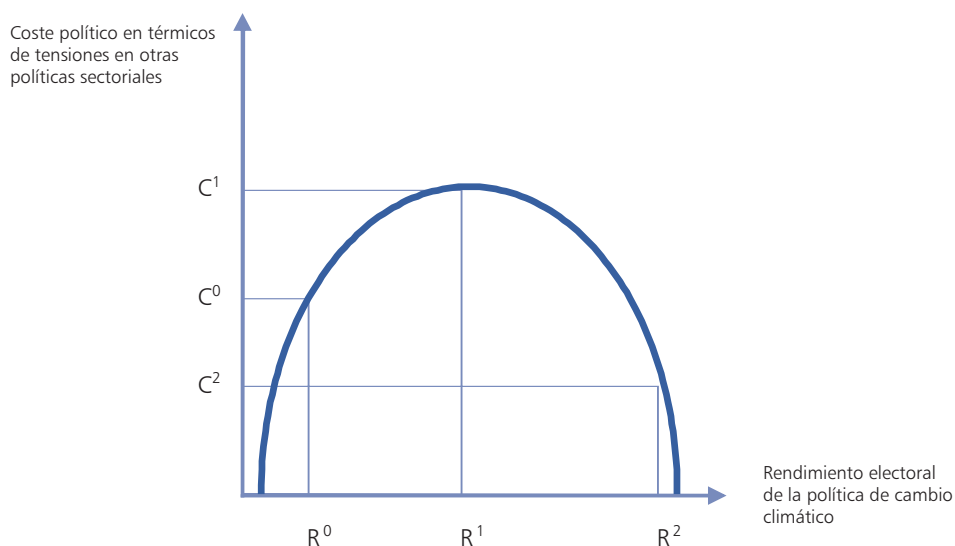
Hasta la fecha, el apoyo decidido e inequívoco de los máximos mandatarios ha implicado en muchos casos importantes costes políticos, debido a las incompatibilidades con otras políticas sectoriales a corto plazo y alentados principalmente por los poderosos colectivos de agnósticos. Esta situación podríamos denominarla la «curva de Kuznets de la política sobre el CC», por su similitud a la famosa teoría que relaciona el nivel de renta per cápita de un País con el nivel desigualdad, o la curva de Kuznets ambiental.

Esta relación viene ilustrada en el gráfico 3. Representamos en el eje horizontal el rendimiento político y electoral (en forma de «reconocimiento por la valentía y decisión para liderar un reto tan complejo») que han obtenido los líderes que han asumido el compromiso claro de luchar contra el CC. Y en el vertical el «coste político» asociado a las tensiones generadas como consecuencia de la política climática en otras políticas sectoriales (industrial, energética y de transporte mayormente). La relación resultante se asemejaría a la curva de Kuznets. Una curva cóncava que indica que, mientras que la obtención de un rendimiento en clave estrictamente de

«política ambiental» exige asumir grandes costes políticos (R^0 , C^0) y generar tensión entre grupos de interés económico, creciendo ambas variables en el mismo sentido, se produce un punto de inflexión (R^1 , C^1) a partir del cual la relación cambia, y el rendimiento político crece a medida que el coste disminuye (R^2 , C^2). El punto de inflexión podría identificarse, a nuestro juicio, con el periodo 2006-2008, en el que hitos tan importantes como el informe Stern o el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC despejaron las dudas respecto al origen antropogénico del CC y la racionalidad, no sólo pero también, económica de actuar cuanto antes, debilitando definitivamente las posturas en defensa de no modificar las políticas energéticas, industriales y de transporte. La demostración empírica de esta relación sería un reto intelectual muy excitante.

No quisiéramos olvidar otras cuestiones a destacar en este debate, como son, por un lado, la ya nombrada necesidad de la colaboración y coordinación inter e intra-institucional y a escala internacional, sin que ello represente cuellos de botella para la acción individual, y por otro, la importancia de estructurar una política por fases. Si bien la ciencia recomienda celeridad en la lucha contra el CC, la dimensión intersectorial del CC aconseja un enfoque de planificación que mida con cuidado los pasos a dar en cada periodo. En este contexto, trabajar en un marco estratégico-conceptual a largo plazo, 2020 ó 2050, pero desde el pragmatismo de los planes de acción cuatrianuales, resulta fundamental. La suma de todos los grados que permiten girar el rumbo de los planes a corto parece la única forma plausible de llegar a destinos muy diferentes en el largo plazo.

GRÁFICO 3
RENDIMIENTO DE LAS POLÍTICAS DE CAMBIO CLIMÁTICO



Curva de Kuznets de la política de lucha contra el cambio climático

Fuente: Elaboración propia.

VI. CONCLUSIONES

En este apartado resumimos de forma sucinta lo que consideramos son las principales consideraciones que se derivan del análisis llevado a cabo en este trabajo.

1. El clima de la tierra está cambiando y el origen de dicho cambio es humano. Sin políticas de mitigación, y dada la inercia demográfica, económica y energética existente, la temperatura media aumentaría en 2100 entre 1,8 y 4 °C, con importantes impactos económicos, sociales y ambientales.

2. Aunque existe una elevada incertidumbre, debido a la propia sensibilidad del sistema climático y humano, es posible concluir que la magnitud de los impactos y la desigual distribución y res-

ponsabilidad de éstos justifican, desde una óptica política y ética, una acción pública coordinada. La ciencia debe continuar estableciendo las magnitudes de los efectos con precisión y guiando a la política en su toma de decisiones.

3. Las medidas de adaptación serán necesarias para reducir la vulnerabilidad a corto y largo plazo. Además, incorporar la variable CC en las decisiones de planificación es fundamental, ya que las decisiones, por ejemplo, en materia de infraestructuras energéticas pueden condicionar el desarrollo de los próximos cincuenta años.

4. Para no sobrepasar el umbral de seguridad (2 °C, 450-550 ppm), se requiere una reducción drástica de las emisiones en las

próximas décadas. Los países desarrollados deben liderar la mitigación, pero no pueden alcanzar el objetivo sin la cooperación de los países emergentes, y sin una transferencia de recursos y tecnología hacia estos países.

5. Los estudios económicos y tecnológicos coinciden en la existencia de un potencial importante para la mitigación de emisiones. Aunque existen posibilidades para reducir emisiones a coste cero, mediante el ahorro y la eficiencia energética, será necesaria una gran inversión en tecnologías bajas en carbono. No existe una única tecnología que pueda proporcionar todo el potencial de mitigación necesario en ninguno de los sectores.

6. Desde una óptica de fundamentos económicos, puede

apreciarse que caracterizar el clima de la tierra (CT) como un bien público global proporciona intuiciones claves acerca de la naturaleza y dificultades del problema.

7. En el caso del CC, un análisis clásico de tipo coste-beneficio (ACB), aunque puede ser una herramienta importante de apoyo a la decisión, hay que tomarlo con cautela, debido a la dificultad que supone valorar muchos de los daños, su distribución y la elección de las tasas de descuento sociales a aplicar.

8. Desde una óptica institucional, la política de lucha contra el CC resulta compleja. Es difícil lograr una coordinación inter e intra departamental, aunar esfuerzos a todos los niveles de la Administración, desde lo local a lo más global, y aprovechar o aliviar las sinergias o tensiones que se generan en otros ámbitos.

9. Los periodos de tres-seis años en los que se mueve la política contrastan con los periodos necesarios para lograr cambios estructurales. El desgaste político de los precursores de las políticas climáticas explica el por qué del retraso en su implantación.

10. Es necesario destacar la importancia de los gobiernos regionales en el diseño y puesta en marcha de la política de CC, y la necesidad de que sean incorporados a los procesos de negociación de las Naciones Unidas y otros entes supranacionales.

NOTAS

(1) IPCC (2007: 7). La expresión «muy probable» es la clasificación que el IPCC utiliza para designar una probabilidad superior al 90 por 100.

(2) ppm (10⁶ por unidad de volumen) partículas por millón. Coeficiente de mezclado (como indicador de GEI)

(3) Estos resultados están basados en estimaciones procedentes de modelos llamados ascendentes, o *bottom-up*, en contraposición con los modelos descendentes, o *top-down*, aunque ambos enfoques han ido convergiendo y en la actualidad los resultados son prácticamente idénticos. Los modelos *bottom-up* son modelos con una caracterización tecnológica muy detallada, mientras que en el enfoque *top-down* se caracterizan por capturar mejor los múltiples efectos económicos.

(4) Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico (OSACT) y Órgano Subsidiario de Ejecución.

(5) La estimación de emisiones de gases efecto invernadero *directas* responde al enfoque producción, es decir, se contabilizan las emisiones de la energía producida en un territorio, independientemente de dónde se consuma. El método de las *indirectas*, sin embargo, se refiere al enfoque de consumo; se contabilizan las emisiones de la energía consumida, independientemente de dónde se produzca ésta. Este asunto adquiere una relevancia especial si se tiene en cuenta que el IPCC apuesta por la vía de las directas (enfoque producción), ya que puede resultar más sencillo de contabilizar y, una vez agregadas, el resultado debe ser el mismo. Paradójicamente, países como Luxemburgo, que importan la mayor parte de la energía que consumen, contabilizan niveles de emisiones extremadamente bajas con este método.

(6) http://unfccc.int/files/meetings/cop_13/application/pdf/cp_bali_action.pdf

(7) Para más información véase GALARRAGA (2007) y el Plan Vasco de Lucha contra el Cambio Climático 2008-2012. <http://www.in-gurumena.ejgv.euskadi.net>.

BIBLIOGRAFÍA

ALDY, J. E., y STAVINS, R. N. (2008), «Climate policy architectures for the post-Kyoto

World», *Environment: Science for Sustainable Development*, Environment.

GALARRAGA, I. (2007), «La apuesta del País Vasco en la lucha contra el cambio climático», en *Ekonomi Gerizan: Desarrollo sostenible y cambio climático*, editado por la Federación de Cajas Vasco-Navarras.

IEA (2008), *World Energy Outlook 2008*, International Energy Agency, París.

IPCC (2007), *Climate Change 2007: Synthesis Report*, Intergovernmental Panel on Climate Change, París.

— *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*, Working Group I, Intergovernmental Panel on Climate Change, París

— *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Working Group II, Intergovernmental Panel on Climate Change, París.

— *Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change*, Working Group III Intergovernmental Panel on Climate Change, París.

HOYOS, D.; LONGO, A., y MARKANDYA, A. (2009), «Concienciación pública y aceptabilidad de medidas para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero», *PAPELES DE ECONOMÍA ESPAÑOLA*, n.º 121.

MARKANDYA, A., y HALSNAES, K. (2002), «Climate change and sustainable development», en *Climate Change and Sustainable Development: Prospects for Developing Countries*, editado por MARKANDYA, A. y HALSNAES, K.; Earthscan.

NETWORK FOR REGIONAL GOVERNMENTS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (Ng4sd) (2008), *NRG4SD Post Bali Policy Paper on Climate Change*, www.nrg4sd.net.

SAMUELSON, P. A. (1954), «The pure theory of public expenditure», *Review of Economics and Statistics*, 36 (4): 387-389.

SPASH, C. L. (2007), «The economics of climate change impacts à la Stern: Novel and nuanced or rhetorically restricted?», *Ecological Economics*, 63 (4): 706-713.

STERN, N. (2006), *The Stern Review: the Economics of Climate Change*, HM treasury, UK Government.