

Economía Internacional

CAMBIO CLIMÁTICO, EFECTO INVERNADERO, PROTOCOLO DE KYOTO Y ALGUNAS REFLEXIONES

Victoriano Sierra Ludwig

1. INTRODUCCIÓN

Con demasiada frecuencia, se establece dialécticamente una simplificación semántica —cuando no, una clara confusión terminológica— en relación con determinados conceptos vinculados con “el tiempo” o “el clima” que suelen llevar aparejados confusos y predeterminados juicios de valor y, por tanto, carentes del imprescindible rigor argumental de base. De ahí, la conveniencia de comenzar con unas necesarias precisiones conceptuales. Aunque, el *sistema climático*, el *clima* y el *tiempo* suelen utilizarse, en ocasiones, con carácter sinónimo, estos términos, aparte de la complejidad intrínseca que abarcan, corresponden a cuestiones diferenciadas. Así, el *sistema climático*, extremadamente complejo, comprende cinco elementos relacionados interactivamente: la *atmósfera*, la *hidrosfera*, la *geosfera*, las *tierras emergentes* (por encima del nivel del mar) y la *biosfera*. Evoluciona con el paso del tiempo bajo la influencia de su propia dinámica interna y, además, de “fuerzas externas”, esto es, exógenas, como las erupciones volcánicas, las modificaciones de la actividad solar o las presiones antropogénicas (por ejemplo: variaciones de la composición de la atmósfera o los cambios en la afectación de suelos). Por otro lado, el *clima*, en un sentido limitado y siguiendo la definición asumida por el Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), se asocia al denominado *tiempo medio*; es decir, se refiere a una *descripción estadística* en función de la media y de la variabilidad observada durante ciertos perío-

dos de tiempo de variables como la temperatura, las precipitaciones y el viento. En un sentido más amplio, corresponde a la *descripción estadística* del estado del *sistema climático*. Caben, por tanto, con las limitaciones inherentes, dos concepciones diferenciadas.

A partir de estas acotaciones, el IPCC, considera la existencia del *cambio climático* en función de “variaciones significativas” basadas estadísticamente sobre el *estado medio del clima* o de su variabilidad, persistente durante un período prolongado (generalmente, decenios o más años). Los “cambios climáticos” pueden ser debidos a *procesos internos naturales y/o a presiones exógenas*, como se ha subrayado anteriormente. Por otra parte, la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre los Cambios Climáticos* (CCNUCC) define los “cambios climáticos” como aquellos “cambios atribuidos directa o indirectamente a una actividad humana que alteran la composición de la atmósfera mundial y que ajustan la variabilidad natural del clima observada en el curso de períodos comparables”.

El *tiempo* y el *clima* corresponden al resultado de diferentes y complejas *interacciones* entre los elementos integrantes del denominado *sistema climático* para alcanzar el *equilibrio radiativo* entre la energía solar recibida directamente y la energía “devuelta” al espacio. Estos fenómenos se explican desde el ejercicio de intercambios de energía, tanto radiante como convectiva, y de “masa”, es decir,

agua, diferentes gases y aerosoles, fundamentalmente. La importancia, por tanto, del "clima" resulta decisiva en el desarrollo, la evolución y la existencia de los *ecosistemas* y en el ejercicio de la actividad económica de origen antrópico.

En el cuadro 1 se exponen las principales definiciones recogidas en el artículo primero de la "Convención Marco de las Naciones Unidas sobre los Cambios Climáticos".

Si incorporamos en el análisis la persistencia de un frágil equilibrio, se desprende la importancia de las repercusiones inducidas antropogénicamente en el marco interactivo, no sólo *ecosistémico* sino también en el entramado *económico*, por lo que parece evidente la necesidad analítica de asumir sistemáticamente la interconexión entre las componentes climáticas y las repercusiones consiguientes en el espacio y en el comportamiento económicos. La toma de decisiones subsectoriales y los enfoques unidimensionales de las distintas y complejas disciplinas aparecen habitualmente fragmentados y, por consiguiente, sin una percepción consistente respecto a los procesos interactivos, de ahí, la gradual asunción de la perspectiva multidisciplinaria y de la interdependencia analítica *transversal*.

Dado que el factor primario que preside y rige el *comportamiento climático* se halla en el *balance energético* generado en el planeta, las alteraciones de este equilibrio pueden proceder, al menos, desde

tres mutaciones concretas: por un lado, al alterarse la energía solar interceptada por la tierra en sus movimientos de rotación y de traslación; en segundo término, al modificarse los sistemas perceptores de la energía solar y, por tanto, su distribución; y, en tercer lugar, al cambiar las emisiones de radiación infrarroja, es decir, justamente lo que acontece con el *efecto invernadero*, ya sea "natural" o inducido y potenciado antropogénicamente. En definitiva, la intercepción por los *gases termoactivos* de la radiación infrarroja constituye la base de la *biocenosis* y la inducción de los diferentes procesos —entre ellos, el económico— para el desarrollo de las múltiples interacciones entre los seres vivos.

A la luz de los resultados procedentes de los estudios emprendidos, aún insatisfactorios y parciales, se puede afirmar que el *efecto invernadero* supone una alteración del *equilibrio térmico*, al depender éste fundamentalmente de la composición de la atmósfera, con presumibles reacciones en cadena. Constituye un componente esencial dentro de las *interacciones bióticas* del planeta.

Los estudios de la ONU en el marco del IPCC han constatado un aumento regular de las concentraciones en la atmósfera de los gases causantes del "efecto invernadero" a partir de la aparición de la era industrial. En estos momentos, el papel preponderante del CO₂ en el "efecto invernadero" supera a cada uno de los demás componentes. No obstante, la persistencia temporal de las interacciones difiere frente a la potencialidad de

CUADRO 1
MARCO CONCEPTUAL RECOGIDO POR LA CONVENCIÓN MARCO DE NACIONES UNIDAS SOBRE LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS

1. **Efectos adversos del cambio climático:** los cambios en el medio ambiente físico o en la biota resultantes del cambio climático que tienen efectos nocivos significativos en la composición, la capacidad de recuperación o la productividad de los ecosistemas naturales o sujetos a ordenación, o en el funcionamiento de los sistemas socioeconómicos, o en la salud y el bienestar.
 2. **Cambio climático:** un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.
 3. **Sistema climático:** la totalidad de la atmósfera, la hidrosfera, la biosfera y la geosfera, e interacciones.
 4. **Emisiones:** la liberación de gases de efecto invernadero o sus precursores en la atmósfera en un área y un período de tiempo especificados.
 5. **Gases de efecto invernadero:** aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropogénicos, que absorben y emiten *radiación infrarroja*.
 6. **Organización regional de integración económica:** una organización constituida por los estados soberanos de una región determinada que tiene competencia respecto de los asuntos que se rigen por la Convención o sus Protocolos y que ha sido debidamente autorizada, de conformidad con sus procedimientos internos, para firmar, ratificar, aceptar y aprobar los instrumentos correspondientes, o adherirse a ellos.
 7. **Depósito:** uno o más componentes del "sistema climático" en que está almacenado un gas de "efecto invernadero" o un "precursor" de un gas de efecto invernadero.
 8. **Sumidero:** cualquier proceso, actividad o mecanismo que absorbe un gas de "efecto invernadero", un aerosol o un precursor de un gas de efecto invernadero de la atmósfera.
 9. **Fuente:** cualquier proceso o actividad que libera un gas de efecto invernadero, un aerosol o un precursor de un gas de efecto invernadero en la atmósfera.
-

componentes como los clorofluorocarbonos y los HCFC, así como sus efectos en función del espacio receptor de las emisiones. En una primera aproximación con referencia al comienzo de la década de los años noventa, a escala global, y de acuerdo con las evaluaciones efectuadas, se ha contabilizado una subida de temperatura media de 0,5 grados centígrados y un aumento del nivel del mar entre 10 y 15 cm para el conjunto de los últimos cien años. Además, mientras el 44,7 por 100 de las toneladas expulsadas en 1950 provenía de los procesos y usos ubicados en Estados Unidos y Canadá, al comienzo de la década de los ochenta, la aportación relativa descendía al 26,7 por 100; si bien, con un incremento de los valores absolutos del orden del 90,1 por 100. A escala mundial, las emisiones estimadas pasaban de 1.618 millones de toneladas de carbono a más de 5.000 para dicho período; esto es, un aumento superior al 300 por 100. Durante ese período, el incremento más espectacular ha procedido del bloque de países socialistas (antigua URSS y países del Este), cuadruplicándose y situándose al inicio de la década de los noventa en cotas similares a las de Estados Unidos y, particularmente, de China, al multiplicarse por 20 y alcanzar valores que rebasan el 50 por 100 del correspondiente a Europa Occidental. En cualquier caso, parece evidente que "las tomas" se refieren a un período extremadamente corto, a efectos de "valoración climática", y en las que simples modificaciones en la ubicación física de las referencias invalidan la contrastación de resultados y, en consecuencia, la extracción de valoraciones coherentes. No obstante, suele admitirse que el modelo de "crecimiento económico" convencional ha modificado sustancialmente la distribución mundial de las emisiones y de las concentraciones atmosféricas de CO₂. Si bien conviene subrayar que la potencialidad de la generación y mantenimiento de las concentraciones no va necesaria y únicamente asociada a una relación lineal con las emisiones, máxime por las diferentes reacciones generadas en función de diferentes factores, entre los cuales se encuentran: la pluviosidad y la altura sobre el nivel del mar en que se sitúan las fuentes de emisión e inmisión asociadas o, en menor grado, la potencialidad reactiva de los sumideros. Por el contrario, los procesos de retroalimentación siguen sin estar suficientemente determinados.

Los datos más recientes confirman ascensos espectaculares a escala global. En síntesis, las variaciones apreciadas afectan a elementos tan significativos como: el paleoclima, las temperaturas en la superficie, en la troposfera y en los océa-

nos, las precipitaciones, la evaporación, la criosfera, la circulación atmosférica, la nubosidad, los extremos climáticos (inundaciones, sequías, ciclones...) y la subida del nivel del mar. De acuerdo con las evaluaciones del IPCC, la estabilización de las concentraciones de CO₂ en los niveles actuales, teniendo presente el intrincado campo de las interacciones y el período de acción de este gas en su ciclo normal, exigiría una reducción de las emisiones antropogénicas actuales del orden del 60 por 100 hasta el año 2050. En estas evaluaciones no se han tenido en cuenta los fenómenos asociados a la retroalimentación. Puesto que las concentraciones dependen de la magnitud de las emisiones de origen humano y que las variaciones del clima y de otras condiciones medioambientales pueden influir en los procesos biosféricos controladores del intercambio de los gases que produce un "efecto invernadero natural" (incluyendo el dióxido de carbono y de metano) entre la atmósfera, los océanos y la biosfera terrestre, los "efectos de retroalimentación" constituyen una parte fundamental para, a través de su comprensión y clarificación, poder efectuar previsiones con bases serias y contrastables. Con la evidencia empírica disponible, puede afirmarse que las emisiones netas de dióxido de carbono de los ecosistemas terrestres serán elevadas si el aumento de las temperaturas provoca que la respiración se produzca a un ritmo más rápido que la fotosíntesis, o si las poblaciones vegetales, especialmente de los grandes bosques, no se ajustasen con rapidez suficiente a los cambios climáticos. Un flujo neto de dióxido de carbono a la atmósfera tendrá elementos favorables de registrarse unas condiciones más cálidas en la tundra y en las regiones boreales, por existir grandes reservas de carbono. Asimismo, el efecto contrario sería factible si una mayor presencia de dióxido de carbono en la atmósfera aumentase la productividad de los ecosistemas naturales, o si se registrase un incremento de la humedad edáfica que estimulase el crecimiento vegetal en los ecosistemas secos y que aumentase el almacenamiento de carbono en la turba de la tundra.

2. ESTADO GENERAL DE LA SITUACIÓN

2.1. Evolución de la evidencia empírica disponible

El cuadro 2 recoge, mediante unos indicadores, los cambios observados en la atmósfera que, a juicio del Grupo Intergubernamental de Exper-

**CUADRO 2
CAMBIOS OBSERVADOS EN LA ATMÓSFERA, EL CLIMA Y EL SISTEMA BIOLÓGICO TERRESTRE DURANTE EL SIGLO XX**

INDICADORES	CAMBIOS OBSERVADOS
De concentración:	
Concentración atmosférica de CO ₂	288 ppm. Durante el periodo 1000-1750 a 368 ppm en el año 2000
Intercambio en la biosfera terrestre de CO ₂	Fuente acumulada de unas 30 GtC entre 1800 y 2000. "Sumidero Neto" de unos 14 +/- 7 GtC durante el decenio de 1900
Concentración atmosférica de metano	700 ppb durante el periodo 1000-1750 a 1750 ppb en el año 2000
Concentración atmosférica de N ₂ O	270 ppb durante el periodo 1000-1750 a 316 ppb en el año 2000
Concentración troposférica de O ₃	Aumento del 35 +/- por 100 entre 1750 y 2000 con variaciones regionales dispares
Concentración estratosférica del O ₃	Una disminución en los años 1970-2000, con variaciones según altitud y latitud
Meteorológicos:	
Temperatura media mundial en superficie	Aumento entre 0,6 +/- 0,2 en el siglo XX. Probable: mayor calentamiento en la superficie que en los océanos
Temperatura en la superficie del Hem. Norte	Aumento superior durante el siglo XX que en otro siglo de los últimos 1.000 años. Probable: el decenio de 1990 ha sido el más cálido del milenio
Temperatura diurna de la superficie	Disminución en el periodo 1950-2000 en las zonas terrestres; las temperaturas mínimas nocturnas: aumento del doble respecto a las temperaturas máximas diurnas (probable)
Días calurosos/índice de calor	Probable: aumento
Días de frío/heladas	Muy probable: Disminución en casi todas las zonas terrestres durante el siglo XX
Precipitaciones continentales	Aumento en un 5-10 por 100 en el siglo XX en el Hem. Norte (muy probable) aunque disminución en algunas regiones (África del Norte y occidental y partes del Mediterráneo)
Precipitaciones fuertes	Aumento en latitudes medias y altas en el Norte (probable)
Frecuencia e intensidad de las sequías	Aumento del clima seco estival y sequías en algunas zonas (probable) en algunas regiones (partes de Asia y de África): acentuación de las frecuencias e intensidad de las sequías en los últimos decenios
Físicos y biológicos:	
Media mundial del nivel del mar	Aumento a una velocidad media anual de 1-2 mm durante el siglo XX
Duración de las capas de hielo en ríos y lagos	Disminución de unas dos semanas en el siglo XX, en las latitudes medias y altas del Hemisferio Norte (muy probable)
Extensión y espesor del hielo marino en el Ártico	Disminución en un 40 por 100 en los últimos decenios desde finales del verano a principios del otoño (probable) y disminución de su extensión en un 10 por 100 desde el decenio de 1950, en primavera y verano
Glaciares no polares	Retiro generalizado durante el siglo XX
Capa de nieve	Disminución de su extensión en un 10 por 100 desde que se registran observaciones por satélite a partir de los años 1960 (muy probable)
Permafrost	Fusión, calentamiento y degradación en zonas polares, subpolares y regiones montañosas
Fenómenos asociados con "El Niño"	Mayor frecuencia, persistencia e intensidad durante los últimos 20-30 años en relación con los últimos 100 años
Época de crecimiento	Aumento de 1 a 4 días por decenio, durante los últimos 40 años en el Hemisferio Norte, especialmente en las latitudes altas
Área de distribución de plantas y animales	Desplazamiento de plantas, insectos, pájaros y peces hacia el Norte
Cría, flora y migración	Adelanto de la floración, la llegada de las primeras aves, la época de cría y la aparición de insectos en el Hemisferio Norte
Decoloración de arrecifes de coral	Aumento de la frecuencia, especialmente coincidente con "El Niño"
Económicos:	
Pérdidas económicas relacionadas con	Aumento de las pérdidas mundiales, ajustadas a la inflación, en un orden fenómenos meteorológicos de magnitud, durante los últimos 40 años. Una parte de la tendencia ascendente está vinculada a factores socioeconómicos y, a la vez, a factores climáticos

Fuente: "Tercer Informe de Evaluación. Cambio Climático. 2001". Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, PNUMA y OMM.

tos sobre Cambio Climático han sido relevantes en función de la evolución de la evidencia empírica disponible.

Entre las principales conclusiones expuestas por el IPCC destaca la creencia de que probablemente, a escala mundial, el decenio de 1990 ha

sido el período más cálido, y 1998, el año más caluroso, según los registros instrumentales desde 1861. Asimismo, destaca que el "sistema climático" del planeta ha cambiado "de manera importante" a escala nacional y mundial desde la época preindustrial y, algunos de estos cambios los atribuye a las actividades humanas.

A pesar de la consolidación de los síntomas preocupantes detectados en la década de los años ochenta, el propio "Informe de 2001" resalta la permanencia de ciertas *incertidumbres* en la detección y atribución. Entre ellas, cabe mencionar, al menos, cinco grupos causales que arrastran importantes y persistentes lagunas, conforme se sintetiza en el cuadro 3. La situación de la evidencia empírica disponible pone de relieve las grandes lagunas que rodean la predicción del "cambio climático" y la necesidad de cuantificar la incertidumbre y de reducirla mediante la obtención de datos más precisos de las observaciones y la mejora sustancial de los modelos utilizados.

2.2. Repercusiones económicas en función del marco tendencial

2.2.1. Interacciones sectoriales

Hasta ahora, las estimaciones sobre las repercusiones económicas han sido reducidas en cuanto a su extensión y aplicabilidad analítica. A continuación se recoge una sintética descripción sectorizada:

1. Sector Forestal

Los diferentes estudios realizados para los supuestos de una duplicación de las emisiones de CO₂, el consiguiente incremento de las temperaturas y del nivel del mar y la alteración de la línea tendencial de la pluviosidad, coinciden en que las repercusiones incidirán claramente en la actividad económica, con mayor o menor intensidad, según sectores y zonas. Aunque en las prospecciones llevadas a cabo hasta ahora apenas se ha abordado la implicación socioeconómica, los efectos pueden ser notables, particularmente, en áreas frágiles, en el comercio agrícola y en la industria, así como en los subsectores de energía y de transportes. En concordancia con algunas estimaciones, el grado de sensibilidad de las masas forestales dependerá de las características de: los nuevos regímenes térmicos, las precipitaciones, los suelos forestales y la edad de los bosques. Las plantaciones situadas en las fases de establecimiento y madurez tardía sufrirán mayores impactos.

Para Regens, Cubbage y Hodges en Estados Unidos, pese a posibles intervenciones de "mitigación", la producción forestal final sería regresiva. En línea con estas conclusiones, las investigaciones prospectivas de Van Kooten y Arthur apuntan

CUADRO 3 INCERTIDUMBRES QUE SUBSISTEN EN LA DETECCIÓN Y EN LA ATRIBUCIÓN

- Discrepancias en el perfil vertical del cambio de temperatura en la troposfera a raíz de las observaciones y de los modelos aplicados
- Grandes incertidumbres en las estimaciones de la variabilidad climática interna, derivadas de los modelos y de las observaciones
- Considerable incertidumbre en la reconstrucción de los forzamientos solar y volcánico, sobre la base de datos indirectos o limitados, de las observaciones correspondientes a todos los decenios (excepto, los dos últimos)
- Grandes incertidumbres en el forzamiento antropogénico vinculadas a los efectos de los aerosoles
- Diferencias importantes en las respuestas de los distintos modelos a los mismos forzamientos

Fuente: IPCC, PNUMA Y OMM.

hacia una repercusión contraria en Canadá, ya se trate de productores o, bien, de consumidores de productos forestales. En divergencia con estos resultados aparecen, para el mismo país, las proyecciones realizadas por Babcock.

Con carácter general, puede señalarse que las consecuencias globales de incidencia económico-social dependerán básicamente del peso del sector forestal en el PIB de cada país.

2. Seguridad alimentaria

Con base en algunas estimaciones, la producción de alimentos a escala mundial podrá mantenerse frente a los cambios climáticos previstos, incluso al mismo nivel que habría alcanzado en ausencia de modificación. Los principales problemas de evaluación aparecen al pretender establecer los *costes de adaptación*. Por otra parte, pueden producirse repercusiones negativas a escala regional, en particular, en las zonas de alta vulnerabilidad actual y con capacidad mínima para compensar por medios técnicos dichos efectos.

3. Sector energético

Los principales estudios sobre los impactos en la oferta y demanda de la energía se han realizado en Estados Unidos, Japón, Reino Unido y Alemania.

En Estados Unidos, según las previsiones de Smith y Tirpak, la demanda de electricidad, sin cambio climático, se podría incrementar en más del doble en el transcurso de los próximos 60 años. El aumento adicional de la demanda de electricidad debido al cambio climático elevaría las necesida-

des tendenciales en cuanto a la capacidad de suministro de energía entre un 14 y un 23 por 100 en todo el país, lo cual requeriría inversiones adicionales en torno al 10 por 100 en el supuesto de "cambio climático global", frente a las que se prevén como necesarias en el supuesto de no registrarse un "cambio climático". Los resultados de las estimaciones para un horizonte fijado en el año 2055, ante un incremento de 3 °C de temperatura y, a partir de la consideración del consumo mensual de electricidad correspondiente al año 2000, indican que, en el supuesto de cambio climático global, la demanda anual de electricidad oscilaría entre un 5 y un 10 por 100 por encima de la prevista sin considerar este efecto. De todas formas, la utilización de generalizaciones para Estados Unidos tropieza con serios obstáculos en la dimensionalidad del fenómeno, por cuanto en ese país existe una considerable variación regional con respecto a las medias nacionales. En las regiones septentrionales, puede producirse una leve disminución del consumo de electricidad en invierno. Esta reducción podría ser superior al incremento de la demanda de electricidad para refrigeración en los meses cálidos (las variaciones netas de la demanda eléctrica dependen en cierta medida de la parte de calefacción de edificios atendida directamente por electricidad). Por el contrario, en las regiones meridionales, con una demanda de calefacción muy inferior, el consumo anual de electricidad podría incrementarse hasta en un 15 por 100. Dado que gran parte de este aumento de la demanda se produce en "períodos punta", estas regiones meridionales requerirían una ampliación de la capacidad de hasta un 30 por 100.

Las investigaciones de *Gertis* y *Steimle* para Alemania, indican que el calentamiento climático generaría una disminución sustancial de la demanda de energía para calefacción: estiman que el aumento de 1 °C en la temperatura reducirá el consumo de energía para calefacción en sólo un 13 por 100, en viviendas unifamiliares antiguas, y en un 45 por 100 en las de nueva construcción. Los resultados para estructuras multifamiliares se sitúan en un 8 por 100 de reducción para el consumo de calefacción con estructuras antiguas y en un 67 por 100 en los edificios nuevos. Sin embargo, las disminuciones potenciales en la demanda de energía debidas a un perfeccionamiento de las técnicas de construcción serían muy superiores a las ocasionadas por un calentamiento climático de 1 °C. De ahí, la discutible consistencia de las previsiones prospectivas. Los aumentos de la demanda de aire acondicionado dependerán, en gran medida, de las variaciones

de humedad, que, aunque se desconoce su magnitud, se consideran de gran influencia. Se ha estimado que los incrementos resultantes en el consumo de energía para aire acondicionado se situarían entre el 12 y el 38 por 100. De ello se deduce que la humedad constituye un parámetro importante que deberá ser determinado en las predicciones del cambio climático. En consecuencia, resultaría una disminución en la demanda de energía para calefacción y aire acondicionado del 12 por 100 en el año 2010. En función de los parámetros asumidos y comparando con su nivel actual, la demanda de energía podría reducirse en un 9 por 100.

Por otro lado, las previsiones de *Valdimirova* para Rusia señalan que ante un incremento de la temperatura igual o superior a 1 °C se podría producir un ahorro en "gastos de calefacción" en las zonas situadas al norte de Moscú. La magnitud de los ahorros en calefacción durante la estación invernal sería superior a la de los costes necesarios para el aire acondicionado en verano.

Según los cálculos de *Meyers* y *Sathaye* y en función de la distribución del consumo energético analizada para doce países en vías de desarrollo (en torno al 28 por 100 del total destinado a los subsectores residencial y comercial), la fracción de la demanda de electricidad prevista implicará un incremento inducido inferior al 10 por 100. Por el contrario, de acuerdo con los escenarios de consumo eléctrico tendencial estimados por la *Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA)* de Estados Unidos, en el año 2025 se habría incrementado en torno al 50 por 100.

4. Sector Transportes

Los estudios más relevantes publicados sobre los impactos probables del cambio climático en transportes se centran en tres países del Hemisferio Norte de alta latitud (Canadá, Reino Unido y EE.UU.). No parecen generalizables ni transmisibles estos efectos al Hemisferio Sur o a regiones tropicales y subtropicales del Hemisferio Norte. El transporte marítimo puede verse considerablemente afectado en estas regiones por los cambios en la distribución de los ciclones tropicales, arrojando consecuencias potenciales de gran magnitud en lugares como Australia.

Tampoco se cuenta con análisis rigurosos publicados sobre el probable impacto global de las estrategias de respuesta al "efecto invernadero" en transportes. Es probable, sin embargo, que este sector

y, en particular, la industria de la automoción, se convierta en un centro de atención fundamental de las medidas contra el “efecto invernadero”.

5. Infraestructuras costeras

Los escasos estudios realizados sobre la evaluación económica de la *elevación del nivel del mar* apenas rebasan la simple consideración de los costes vinculados a infraestructuras. El ascenso de 1 metro en el nivel del mar podría inundar del 12 al 15 por 100 de la tierra cultivable de Egipto y un 17 por 100 de Bangladesh. Según datos elaborados por Park y Yohe, en Indonesia y Vietnam serían probables los desplazamientos inducidos de la población y en Estados Unidos se perderían unos 20.000 km² de tierra.

Los resultados de la investigación realizada en el laboratorio hidráulico de Delft sostienen que, una vez analizadas las características de 181 países costeros y los peligros derivados del cambio climático, la “protección adicional” debería extenderse a 345.335 km de costas bajas, 6.400 km de zonas urbanas marítimas, 10.725 km de playas de arena y 1.756 km² de puertos.

2.2.2. Repercusiones macroeconómicas

De acuerdo con las estimaciones elaboradas por S. Fankhauser, el incremento de las emisiones de CO₂ en un 100 por 100 y de las temperaturas medias en torno a 2,5 grados, supondrá, a escala global, una incidencia del orden del 0,23 por 100 en el PIB, que, en algunos países como China, rebasaría el 2 por 100. La combinación de otras estimaciones en curso parecen confirmar que el impacto, dentro de los supuestos expuestos, oscilaría entre el 1,5 y el 2,5 por 100 del PIB a nivel mundial. En determinadas “zonas costeras”, los *costes anuales de prevención* para afrontar el anegamiento y la erosión en relación con el PIB, pueden llegar a ser muy alarmantes (cuadro 4). Para diez países (nueve insulares) los costes estimados rebasarían el 5 por 100 del PIB. Pese a las lógicas reservas que conllevan estos tipos de previsiones, merecen destacarse dos fenómenos antitéticos: la probable sobrevaloración de los costes estimados al considerar todas las tierras bajas con densidad de población superior a 10 hab./km², y la infravaloración del “coste total” causado por el ascenso del nivel del mar, teniendo en cuenta la fase de desarrollo en que se encuentran esas áreas y la exclusión de la valoración correspondiente a las “zonas húmedas” que

**CUADRO 4
INCIDENCIA EN LOS COSTES ANUALES DE PROTECCIÓN INDUCIDA
ANTE EL AUMENTO DE 1 METRO EN EL NIVEL DEL MAR**

PAÍS O TERRITORIO	COSTE ANUAL (PORCENTAJE PIB)
Maldivas	34,33
Kiribati	18,79
Tuvalu	14,14
Tokelu	11,11
Anguila	10,31
Guinea-Bissau	8,15
Turks y Caicos	8,10
Islas Marshall	7,24
Islas Cocos (Keeling)	5,82
Seychelles	5,51
Islas Malvinas	4,75
Guayana Francesa	2,95
Belice	2,93
Papúa Nueva Guinea	2,78
Bahamas	2,67
Liberia	2,66
Gambia	2,64
Mozambique	2,48
San Crist. y Nevis	2,33
Nieu	2,18
Guayana	2,12

Fuente: Delft Hydraulic Laboratory.

se perderán o la “tierra firme” que quedaría sin protección, así como las *inversiones de corrección* derivadas del aumento de las inundaciones o de la intrusión de agua salada. En algunos países sin “condicionantes extremos” respecto al nivel del mar, podría aproximarse al 9 por 100. En *regiones críticas* alcanzarían niveles muy superiores.

Pese al desarrollo de algunos análisis centrados en las posibles repercusiones globales a escala macroeconómica, conviene destacar las diferentes calidades de las referencias de partida, bien al considerar las repercusiones inducidas en infraestructuras alterables por modificaciones climáticas (subida del nivel del mar, fundamentalmente), cuyas evaluaciones encajan en los ejercicios de las modelizaciones prospectivas al uso, o bien al pretender realizar estimaciones, de base estática, frente a las esperadas modulaciones habituales de adaptación en los mercados (producción y consumo), cuyas previsiones y estimaciones escapan lógicamente de las actuales herramientas prospectivas en función de su carácter mutante y

dinámico. De ahí que las repercusiones macroeconómicas en torno a configuraciones de ciertos mercados apenas rebasan la órbita de la especulación, por lo que aventurar evaluaciones de previsiones macroeconómicas nacionales o regionales —particularmente, en algunos subsectores agrícolas, ganaderos y de servicios— constituyen simulaciones carentes de las mínimas garantías exigibles de fiabilidad y de rigor.

Por otra parte, los elementos de base climática (temperatura y lluvia) a dimensión regional ofrecen actualmente considerables incertidumbres (especialmente, en los comportamientos de las nubes y de los océanos). La modelización de los cambios climáticos requiere el desarrollo de modelos “globales” que acoplen modelos de la atmósfera, el suelo, los océanos y los hielos. Conforme reconoce el IPCC, con los instrumentos actuales estos conocimientos son imposibles. Por tanto, con semejantes referencias de base, el desarrollo de estimaciones macroeconómicas de respuesta pasaría a integrar el ámbito de la denominada ciencia-ficción. Algunas posiciones optimistas, cifran en torno a varios decenios el plazo mínimo para poder iniciar proyecciones asumibles a partir de ciertas bases climáticas coherentes.

2.2.3. Repercusiones en la cuenca mediterránea

La desertificación en la cuenca mediterránea depende en gran medida del clima. Los cambios en los valores medios y en la variabilidad interanual y estacional de los parámetros climáticos, como la temperatura y la precipitación, ejercen claras influencias en el balance hídrico, las condiciones del suelo, la vegetación... Estos procesos, que pueden provocar desertificación, se encuentran a menudo reforzados por acciones antropogénicas (agricultura intensiva, ganadería y deforestación).

Los “cambios climáticos guía” para la “Cuenca Mediterránea” expuestos por *H. J. Jung y W. Bach*, han proporcionado distribuciones de temperatura, precipitación y humedad del suelo por estaciones y regiones. Con objeto de estudiar los efectos al *duplicarse* las concentraciones de CO₂, han aplicado experimentaciones de sensibilidad a partir de simuladores CGM que ya habían sido utilizados por: la *Oficina Meteorológica Británica*, Bracknell, Reino Unido (*BMO*); el *Instituto Goddard para Estudios Espaciales*, New York, Estados Unidos (*GISS*); y el *Centro Nacional para la Investigación Atmos-*

férica

Boulder, Estados Unidos (*NCAR*). Según los resultados obtenidos, los cambios de temperatura y de precipitaciones inducidos por la duplicación de las concentraciones actuales de CO₂ difieren según el tipo de modelos utilizados, al carecer de homogeneidad: las definiciones espaciales y temporales, la parametrización de los procesos físicos y la representación de carácter marítimo. Entre los modelos *BMO* y *GISS* los cambios medios de temperaturas no presentan divergencias notables en contraste con las predicciones referidas a las precipitaciones que adquieren tendencias opuestas. Asimismo, el calentamiento medio global estimado ofrece desviaciones muy elevadas (4 °C en *GISS* y 2,2 °C en *BMO* frente a 4,2 °C en *NCAR*), alcanzándose claras discrepancias al descender a simulaciones regionales.

Puesto que las elevaciones de las temperaturas inducidas aparecen sistemáticamente, no resulta descabellado vaticinar que incidirán con mayor rigor en la potenciación del “efecto desertificador” de la cuenca mediterránea con desarrollos nítidos en la aceleración de los procesos morfológicos desencadenados hasta ahora: erosión del suelo, incremento de los suelos pobres en combinación con el descenso del contenido de nutrientes, cambios en los mecanismos de escorrentía, potenciación de la destrucción en la cubierta vegetal y de la evaporación y, entre otros, descenso de la infiltración por lluvias y, consecuentemente, acentuación en espiral del ritmo de escorrentías. Las implicaciones agrícolas parecen evidentes.

2.3. Líneas pendientes de investigación climática

En España el nivel de partida, en orden al conocimiento fiable de nuestra situación econo-climática, constituye una referencia insatisfactoria, por cuanto el simple análisis de las estructuras científicas de tipo endógeno confirma la complicada asunción de una base sólida para poder determinar siquiera estimaciones comparables con otras evaluaciones realizadas en países de la UE o en Estados Unidos.

En el orden específicamente económico, y con referencia expresa a nuestro entorno más directo, parece insoslayable —junto a la evaluación de las posibles implicaciones en la necesidad de inversiones en “infraestructuras de choque”— la combinación analítica de las repercusiones en diferentes producciones agrarias (en estos momentos, en

algunas de carácter excedentario) con el previsible desplazamiento productivo por inducción climática (deslizamientos en la producción cerealista, probable implantación creciente de girasol etcétera).

Si bien es cierto que, en el peor de los horizontes, la lentitud del proceso de cambio puede constituir una tendencia generalizable, las esporádicas y puntuales manifestaciones de ciertos siniestros aparecen, en ocasiones, a través de fenómenos de carácter "natural" cuyas consecuencias económicas permiten una evaluación orientada a previsiones y a la cobertura de los costes reales generados. De ahí, la importancia de la elaboración de estrategias dirigidas a reducir pérdidas mediante planificaciones orientadas a la prevención, mitigación o corrección. Las conclusiones del primer estudio realizado en España, bajo el patrocinio del Instituto Geológico y Minero de España, en esa dirección a través de las técnicas de "coste-beneficio", enfatizaban, admitidas las limitaciones de los aún escasos datos de base, que, de aplicarse medidas específicas, durante un período de 30 años: las "pérdidas económicas" por riesgos geológicos podrían reducirse en torno a un 60 por 100. Un reajuste y revisión de los datos utilizados, y dentro del margen de una hipótesis de "riesgo medio", llevaría a unos niveles del orden del 36 por 100 en el "coste medio", derivado de la aplicación de *medidas de mitigación*, respecto al "volumen total de pérdidas estimadas" sin la utilización de estrategias de "choque". Este tipo de "riesgos" podría incidir entre un 0,5 y un 1,1 por 100 en el PIB. Tanto para una hipótesis de "riesgo máximo" como para una referencia de tipo "medio", las inundaciones ocuparían el primer lugar de los *costes económicos* generados por *pérdidas inducidas* con una oscilación entre el 35 y 57 por 100 de las pérdidas totales previsibles.

La consideración de este tipo de análisis permitiría iniciar una "estrategia de choque" ante la previsión de refuerzos antropogénicos en la siniestralidad inducida. Sin bases sólidas para atribuir las "pérdidas económicas" a fenómenos de alteración antropogénica de carácter climático, las estimaciones relativas a los últimos años y derivadas de la siniestralidad geometeorológica indican claras repercusiones en la rentabilidad de los procesos productivos. Incluso en el ámbito relacionado con la evaluación de "pérdidas" por daños, algunas cuantificaciones globales deben de admitirse con ciertas reservas por cuanto pueden ir sesgadamente descompensadas al introducir valoraciones parciales y aisladas de un proceso. Este es el caso,

por ejemplo, en estimaciones centradas solamente en monetarizaciones de pérdidas agrícolas realizadas en el curso de temporadas de sequía y al no contabilizar las elevaciones finales en los niveles de precios por contracciones en la oferta o al proceder a globalizaciones por incorporación de las repercusiones en áreas de restricción por regadíos y supuestas incidencias lineales en producciones de secano con perspectivas reales diferentes en los resultados finales de producción. La evolución del recurso a la cobertura de riesgos y las correspondientes compensaciones en los diferentes tipos de siniestros, demandará, a medio plazo, una exigencia en la atención a las *investigaciones transectoriales* de carácter climático.

La configuración estructural de la dependencia exterior española, entre otras áreas, en materia energética y en productos básicos y elaborados de origen forestal, refuerzan la necesidad de un planteamiento general de acuerdo con las tendencias estimadas desde los análisis centrados en las posibles mutaciones inducidas a escala climática y de repercusión económico-social. En cohesión con las modelizaciones utilizadas hasta ahora por otros países y pese a que ofrecen mayor grado de confianza a nivel global, las circunstancias (geomorfológicas, asentamientos urbanos, especialización en cultivos, degradaciones ambientales...) advertidas en el espacio socioeconómico español, deslizan incidencias en traslaciones de las áreas de producción agrícola (geográfica y de productos) e incorporan, entre otros, costes infraestructurales adicionales. Así, en el sector primario y, particularmente, en la región mediterránea, las previsiones estimadas hasta ahora apuntan hacia disminuciones sustanciales del potencial productivo debidas a las pérdidas de humedad edáfica y al aumento de la insolación. De ahí que los diferenciales en biomasa respecto a la Europa septentrional corroboren desplazamientos hacia el norte y la alteración de la configuración productiva actual. La repercusión de los propios rendimientos y la modificación del potencial biótico generaría mutaciones en la renta agrícola, el empleo rural y, en consecuencia, en la balanza comercial agrícola. En síntesis, la producción cerealista se vería claramente afectada, así como las adaptaciones de los períodos de rotación forestal y los ritmos de productividad de diferentes especies. Un aumento del orden de dos grados de la temperatura de las aguas litorales supondrá el umbral límite para ciertas especies y la necesidad de imponer un reajuste en las capturas y en el ejercicio de la comercialización correspondiente.

Los recursos hídricos para los asentamientos en áreas de la costa levantina y en ciudades como Madrid o Bilbao, aunque dependen con mayor intensidad de la propia evolución de la población y de los procesos industriales y usos del suelo, aportan una dificultad añadida. La confirmación de la combinación de períodos de sequía con avenidas y lluvias torrenciales, impone, entre otras medidas, una revisión de las técnicas actuales de estimación, prevención, previsión y gestión. Además, la disminución de ciertas recargas naturales puede arrastrar el aumento de sobreexplotaciones zonales, que para las aguas subterráneas, en ocasiones, ofrecerían manifestaciones de carácter irreversible.

Las subidas del nivel del mar trasladan evidentes impactos de diferente entidad. Por un lado, de orden estrictamente operativo, al incidir en la funcionalidad portuaria y de seguridad para las propias estructuras de los puertos y de repercusión en la navegación. Una modificación de la distribución direccional del oleaje sería grave, especialmente en playas largas y de encaje, como Palma de Mallorca o San Juan (Alicante). Por el contrario, en los demás supuestos, la modificación del volumen de sedimentos provocaría en bastantes supuestos incrementos generalizados de la erosión.

El replanteamiento de los sistemas de bombeo, la salinización de acuíferos y las consecuencias en las ubicaciones actuales de las viviendas y de las infraestructuras viarias, implicarán revisiones en las programaciones de inversiones públicas y una perentoria necesidad del cumplimiento de la legislación de costas. Dada la estructura turística implantada en función de una explotación exhaustiva de "recursos no renovables", el impacto afectaría a la totalidad de las playas y, por consiguiente, de claras connotaciones en el sector. Las urgencias derivadas de presiones indirectas se verían reforzadas por la vulnerabilidad en la cuenca mediterránea a las inundaciones costeras.

Pese a estar asumidas las "favorables" repercusiones y las consecuencias negativas en el marco estructural del sistema económico actual, hasta ahora en España no se ha realizado ninguna evaluación económica de costes ni se han arbitrado iniciativas ni medidas específicas al amparo del principio de condicionalidad, que, por otra parte, ha estado presidiendo las últimas decisiones, a escala comunitaria, en la adopción de estrategias para reducir las emisiones de CO₂.

2.4. Evaluaciones preliminares para España

En la *Evaluación Preliminar de los Impactos en España por efecto del Cambio Climático*, auspiciada por el Ministerio de Medio Ambiente, se ha confirmado la evolución de ciertas tendencias para el siglo XXI (cuadro 5), a la vez que se han puesto de manifiesto dos cuestiones claves. Por un lado, se ratifica la vulnerabilidad de España al "cambio climático", en función de su situación geográfica y de las características socioeconómicas concurrentes, fundamentalmente en recursos hídricos, regresión de la costa, pérdidas de la biodiversidad y de ecosistemas, aumento de la erosión y de la desertificación, pérdidas de vidas por siniestros asociados a "fenómenos climáticos extremos" (olas de calor, incendios forestales, inundaciones...); y, por otra parte, se ponen en evidencia las dificultades para poder realizar una evaluación detallada —sectorial o por zonas— a tenor del nivel de conocimientos actuales y de la propia heterogeneidad geomorfológica del país. Estos rasgos desembocan en una serie de *conclusiones generales* que evidencian, como reconocen los autores y patrocinadores, un escenario insuficiente de conocimientos y claras limitaciones en cuanto a los contextos espaciales y temporales sometidos a análisis.

CUADRO 5
EVOLUCIÓN CLIMÁTICA PREVISTA PARA ESPAÑA
DURANTE EL SIGLO XXI POR LOS DIFERENTES MODELOS
CLIMÁTICOS UTILIZADOS

Ordenamiento del grado de fiabilidad en sentido decreciente

1. Tendencia progresiva al incremento de las temperaturas medias a lo largo del siglo XXI
2. Tendencia a un calentamiento más acusado en el escenario con emisiones más altas
3. Los aumentos de temperatura media son significativamente mayores en los meses de verano que en los de invierno
4. El calentamiento en verano es superior en las zonas del interior que en las costeras o en las islas
5. Tendencia generalizada a una menor precipitación acumulada anual
6. Mayor amplitud y frecuencia de anomalías térmicas mensuales
7. Mayor frecuencia de días con temperaturas máximas extremas en la península, especialmente en verano
8. Para el último tercio del siglo, la mayor reducción de precipitación en la península se proyecta en los meses de primavera
9. Aumento de precipitaciones en el oeste de la península en invierno y en el noroeste en otoño
10. Los cambios de precipitación tienden a ser más significativos en el escenario de emisiones más elevadas

Fuentes: OECC y UCLM.

3. EL PROTOCOLO DE KYOTO

3.1. Compromisos generales

El principal objetivo de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*, aprobada al comienzo de la década de los años noventa, se polarizó en lograr la *estabilización* de las concentraciones de los *gases de efecto invernadero* en la atmósfera con la intención de frenar las aportaciones antropogénicas y de impedir sus consecuencias en el sistema climático. A tal efecto, la conferencia de las partes se fijó el reto de restablecer para el año 2000 —individual o conjuntamente— los valores de 1990 en cuanto a las emisiones, tanto de CO₂ como del conjunto de los gases con incidencia en el “efecto invernadero” no afectados por el Protocolo de Montreal. Estas y otras determinaciones provocaron la firma, primero, y la adopción, después, del “Protocolo de Kyoto”. Posteriormente, el Consejo de la Comunidad Europea aprobaba el Protocolo de Kyoto y asumía la obligación de cumplir *todos los compromisos* contraídos con arreglo al mismo. Por tanto, al decidir de forma conjunta el sometimiento a los acuerdos, la comunidad y los estados miembros de la UE se

han erigido en corresponsables de que la comunidad responda ante los compromisos cuantificados de reducción de emisiones. A partir de estas referencias básicas, el Protocolo de Kyoto, firmado en 1998, quedaba aprobado, en nombre de la comunidad a través de la Decisión del Consejo de 25 de abril de 2002. Conforme se especifica en el artículo 3 del *Protocolo de Kyoto*, el objetivo en el período comprendido entre el año 2008 y el 2012, se centra en una reducción total de las emisiones no inferior al 5 por 100 de las de 1990. Estas emisiones, expresadas en *dioxido de carbono equivalente* se refieren a la *contabilización agregada* de los siguientes gases inductores del “efecto invernadero”: *dioxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexacloruro de azufre*.

Como puede apreciarse en el cuadro 6, la reducción para la Comunidad Europea (UE-15) se ha fijado en un 8 por 100; correspondiendo los principales esfuerzos de reducción a Luxemburgo, Alemania y Dinamarca y, en menor medida, a Austria, Reino Unido y Holanda. Los incrementos autorizados —en función de los niveles comparativos per cápita— colocan en cabeza a Portugal y Grecia con

CUADRO 6
PROYECCIONES DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO PARA LOS ESTADOS MIEMBROS DE LA EUROPA
DE LOS QUINCE, BASADAS EN POLÍTICAS Y MEDIDAS VIGENTES Y COMPLEMENTARIAS Y EN LA UTILIZACIÓN DE LOS MECANISMOS DE
KYOTO, COMPARADAS CON LOS OBJETIVOS DE KYOTO

OBJETIVO DE LA UE BASADO EN EL REPARTO DE CARGAS (EN PORCENTAJE DE LAS EMISIONES DEL AÑO DE REFERENCIA)	CON LAS POLÍTICAS Y MEDIDAS VIGENTES		CON LAS POLÍTICAS Y MEDIDAS COMPLEMENTARIAS		DIFERENCIA OBTENIDA INCLUYENDO LA UTILIZACIÓN DE LOS MECANISMOS DE KYOTO (EN PORCENTAJE DEL AÑO DE REFERENCIA)	
	Proyecciones para 2010 (en porcentaje del año de referencia)	Diferencia entre las proyecciones y el objetivo (en porcentaje del año de referencia)	Proyecciones para 2010 (en porcentaje del año de referencia)	Diferencia entre las proyecciones y el objetivo (en porcentaje del año de referencia)		
Austria	-13,0	+8,7	+21,7	-9,2	+3,8	-5,2
Bélgica	-7,5	+6,5	+14,0	-3,3	+4,2	-1,4
Dinamarca.....	-21,0	+15,7	+36,7	—	—	+31,3
Finlandia	0,0	+16,5	+16,5	-0,5	-0,5	—
Francia	0,0	+9,0	+9,0	-1,7	-1,7	—
Alemania	-21,0	-19,7	+1,3	—	—	—
Grecia.....	+25,0	+38,6	+13,6	+22,4	-2,6	—
Irlanda.....	+13,0	+29,4	+16,4	+3,6	-9,4	-16,3
Italia	-6,5	+3,7	+10,2	-3,4	+3,1	—
Luxemburgo	-28,0	-22,4	+5,6	—	—	-17,9
Países Bajos.....	-6,0	+3,3	+9,3	—	—	-0,1
Portugal	+27,0	+53,1	+26,1	+45,7	+18,7	—
España	+15,0	+48,3	+33,3	+28,0	+13,0	—
Suecia	+4,0	-0,2	-4,2	—	—	—
Reino Unido	-12,5	-13,9	-1,4	-22,5	-10,0	—
Total EU-15	-8,0	-1,0	+7,0	-7,7	+0,3	-0,8

Fuente: AEMA.

CUADRO 7
PROYECCIONES DE LAS EMISIÓNES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO PARA LOS NUEVOS ESTADOS MIEMBROS DE LA UE,
BASADAS EN POLÍTICAS Y MEDIDAS VIGENTES Y COMPLEMENTARIAS, COMPARADAS CON LOS OBJETIVOS DE KYOTO

OBJETIVO DE KYOTO (EN PORCENTAJE DEL AÑO DE REFERENCIA)	CON LAS POLÍTICAS Y MEDIDAS VIGENTES		CON LAS POLÍTICAS Y MEDIDAS COMPLEMENTARIAS	
	Proyecciones para 2010 (en porcentaje del año de referencia)	Diferencia entre las proyecciones y el objetivo (en porcentaje del año de referencia)	Proyecciones para 2010 (en porcentaje del año de referencia)	Diferencia entre las proyecciones y el objetivo (en porcentaje del año de referencia)
Chipre.....	—	—	—	—
República Checa.....	-8,0	-30,0	-22,0	—
Estonia.....	-8,0	-56,6	-48,6	-60,0
Hungría.....	-6,0	-6,0	+0,0	—
Letonia.....	-8,0	-58,2	-50,2	—
Lituania.....	-8,0	-43,3	-35,3	—
Malta	—	—	—	—
Polonia	-6,0	-12,1	-6,1	—
Eslovaquia	-8,0	-26,6	-18,6	-33,5
Eslovenia	-8,0	+4,0	+12,0	-3,9
				+4,1

Fuente: AEMA.

el 27 y el 25 por 100, respectivamente, seguidos de España con el 15 por 100 y con menores cotas relativas a los países restantes.

Al comienzo de 2003, en la Unión Europea se ha comprobado que la mayoría de los estados miembros han carecido de rigor en cuestiones formales, como la mera presentación de información en cumplimiento del mecanismo de seguimiento establecido. Subsisten las incoherencias detectadas con anterioridad en cuanto a la información sobre políticas y medidas adoptadas. Es más, han destacado claras discrepancias, tanto por sobreestimaciones de previsiones como por subvaloraciones de los niveles alcanzables. Estas irregulares informaciones han ido en paralelo con la falta de datos sobre cada uno de los gases de efecto invernadero sometibles a control, por lo que las previsiones carecen de una base homogeneizada para proceder a comparaciones fiables. No obstante, pese a que las tendencias han sido divergentes, según el tipo de gases considerados, las emisiones totales en la Comunidad Europea se redujeron apenas en un 3,5 por 100 entre 1990 y 2000, lo cual significa no haber alcanzado la mitad del objetivo para el período 2008-2012. Al observar las tendencias, la situación es diferente en función del tipo de emisiones. Así, mientras se han registrado descensos en *metano* y *óxido nitroso*, los gases *fluorados* y el *dióxido de carbono* —el más importante por su incidencia en el efecto invernadero— han

exhibido una tónica alcista. Conviene recordar que en el año 2000 el CO₂ representaba el 82 por 100 de las emisiones totales en la UE de este tipo de gases. En este sentido, ha sido significativa la incidencia de la reducción procedente de *combustibles fósiles* —que representan el 77 por 100 de las emisiones de gases de efecto invernadero en la UE— al generar una compensación de la escalada debida al transporte. Asimismo, las repercusiones de la *Política Agraria* comunitaria han sido determinantes en las caídas de metano y de óxido nitroso; si bien, han obedecido a efectos indirectos por la aplicación de estrategias y políticas elaboradas al margen de las consideraciones ambientales.

De la comparación entre países, aparte del diferencial de esfuerzo aplicado, la realidad ha evolucionado, como se ha subrayado, una discutible evaluación de partida en cuanto al rigor de los datos, a las expectativas y a la fiabilidad de los resultados esperados. En cualquier caso, resaltan significativamente las reducciones registradas, al término del período 1990-2000, en Luxemburgo (-28 por 100), y en Dinamarca y Alemania, ambas con el -21 por 100, que, de confirmar la tendencia en ambos países, podrán superar los objetivos de reducción. Por el contrario, España aparece en cabeza con una desviación al alza (“indicador de distancia respecto al objetivo”) del orden del 27 por 100, al contabilizar, para ese período, una subida en torno al 34 por 100. Los datos más recientes

para nuestro país, dan una escalada próxima al 40 por 100. Por tanto, con las estimaciones actuales y el proceso tendencial constatado y sin políticas correctoras eficientemente aplicadas, puede afirmarse que habrá serias dificultades para el cumplimiento de los objetivos por parte de España en compañía de Portugal, Grecia y Bélgica. En consecuencia, dos frentes serán próximamente testigos de la rendición de cuentas por parte española: por un lado, el *Comité de Seguimiento*, creado al amparo del Protocolo de Kyoto con objeto de comprobar el cumplimiento de las obligaciones asumidas, de tal manera que la finalización de la verificación podrá desembocar en una declaración expresa y en la correspondiente sanción, y, por otra parte, las instituciones de la Comunidad Europea en función de la puesta en marcha de los mecanismos inherentes al control del cumplimiento de la legislación comunitaria. Las tareas internas de seguimiento de la ejecución y cumplimiento de los compromisos contraídos comenzarán, entre otros elementos, con: el establecimiento de un *Sistema Nacional de Control* para estimar las emisiones y con la puesta en funcionamiento de un *Registro Nacional* para la contabilización de los diferentes tipos de "certificados de emisión". De lo anterior puede apreciarse la importancia de la fiabilidad y del rigor en la inventarización periódica de emisiones. Actualmente, estos determinantes están en precario. Los distintos borradores de la denominada *Estrategia Española sobre Cambio Climático para el cumplimiento del Protocolo de Kyoto*, elaborados en la anterior legislatura, apenas pasaron de una aproximación al diagnóstico y de una relación de intenciones, sin vinculación ejecutora alguna. Todavía no se ha publicitado una necesaria alternativa a los anteriores borradores.

En cuanto al papel de los *sumideros*, reconocido por el *Protocolo de Kyoto* y pese a las potenciales y posibles aplicaciones al efecto del Inventario Forestal Nacional, la realidad internacional ha impuesto la necesidad de la elaboración por el IPCC de instrumentos específicos para la aplicación de *criterios homogeneizados* en orden a la estimación, seguimiento e información sobre las evaluaciones del carbono almacenado y de las emisiones por fuentes y absorciones. La actual situación precisa de una correcta sistematización metodológica y semántica asumible generalizadamente, especialmente en materia de degradación de los bosques y de eliminación antropogénica de vegetación. De ahí, además, desde una perspectiva interna, la importante tarea pendiente en orden a: la potenciación de actuaciones favorables a man-

tener o mejorar la biodiversidad, incorporar la *multiplicidad* y la *transversalidad conceptual y aplicada* y al diseño de una estrategia expresamente canalizada a la reorientación de las diferentes *políticas sectoriales convencionales*.

3.2. Posición y situación comparada de la Unión Europea

Un grupo reducido de países (USA, UE, Canadá, Rusia, Japón, China e India) genera del orden del 75 por 100 de las emisiones mundiales de gases de "efecto invernadero". Dentro de este bloque, Estados Unidos figura como el principal contribuyente en emisiones equivalentes de CO₂. Al comienzo de la presente década, rebasaba el 45 por 100 del total emitido por el conjunto de los miembros de la OCDE. Este país ha basado su negativa a asumir los compromisos del Protocolo de Kyoto en la ausencia de ratificación por otros estados en vías de desarrollo, que aportan cantidades elevadas de emisiones, así como por las "consecuencias negativas" en su competitividad. Esta posición ha estado a punto de bloquear la puesta en vigor del Protocolo de Kyoto. La incorporación reciente de Rusia ha impedido que quede en papel mojado. No obstante, sin aportaciones adicionales al cumplimiento de los objetivos de Kyoto, el Protocolo queda seriamente *limitado en su eficacia* y en sus resultados a medio plazo.

A continuación de Estados Unidos destacan las emisiones de la Unión Europea que en 1990 representaban más de la cuarta parte del total mundial. Por países comunitarios, y en función de los datos más recientes, ocupa el primer lugar Alemania (el 6,5 por 100 del total de la OCDE y el 24 por 100 respecto al conjunto de la UE-15), seguida del Reino Unido (el 4,3 por 100 del conjunto de la OCDE y el 16 por 100 del cómputo total comunitario de quince miembros). En contraste, España apenas llega al 3 por 100 de la OCDE y se aproxima al 9,4 por 100 del montante correspondiente a la Unión Europea de quince miembros.

Dentro de la Unión Europea de quince miembros, al observar el volumen de las *emisiones per cápita* en toneladas equivalentes de CO₂, en el año 2001, Irlanda (18,3 t. CO₂ eq/hab.) se sitúa en primer lugar, casi duplicando la media comunitaria. Por el contrario, España, aunque se acerca a dicha media —contabilizada a partir de la consideración de quince estados miembros— no llega a 10 t. CO₂ eq/hab.

3.3. El mercado de los derechos de emisión

3.3.1. Aspectos generales

La Directiva 2003/87 obedece a la necesidad de que la Unión Europea reduzca sus emisiones de gases de efecto invernadero de manera eficaz en cuanto a la mayor minimización de costes y al cumplimiento con las obligaciones de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático y del Protocolo de Kyoto. Al elaborarse el Programa Europeo sobre el Cambio Climático, el comercio de derechos de emisión fue objeto de amplios debates y análisis que han contribuido a un mejor conocimiento del instrumento y de las opiniones de las partes afectadas en el protagonismo revisor. La cantidad total de emisiones de gases de efecto invernadero cubiertas por este régimen es claramente limitada.

La justificación económica de un régimen comunitario ha estado respaldada por varios estudios que han demostrado una favorable posición a partir de criterios de eficacia. En esta línea se han pronunciado —entre otros análisis— las evaluaciones y estimaciones aplicadas a partir de la utilización de los *modelos Primes y Poles*. Han sido determinantes, además, las aseveraciones centradas en un régimen comunitario al suponer una reducción comparativamente favorable en materia de distorsiones de la competencia y en lo referente a los posibles obstáculos al mercado interior que podrían aparecer a consecuencia del establecimiento de varios regímenes de comercio distintos y, por tanto, diversos precios del carbono en la Unión Europea. La justificación económica fundamental del régimen de comercio de derechos de emisión se desenvuelve en torno a la función de impulsar que las reducciones de las emisiones necesarias —para lograr unos resultados medioambientales determinados previamente— se produzcan en donde el coste de la reducción sea más bajo. El comercio de derechos de emisión permitirá a determinadas empresas emitir más de lo previsto por una fórmula que no se basa en topes lineales y rígidos, ya que con este régimen podrán compensar globalmente las emisiones resultantes al amparo de otras empresas que no hayan cubierto sus cupos y que estén dispuestas a transferir los derechos de emisión «ahorros». En consecuencia, el resultado medioambiental equivaldría a un cumplimiento de los compromisos globales. En conjunto, la comunidad emitiría el mismo número de toneladas previsto por el Protocolo de Kyoto, pero se ajustarían los derechos de cada estado miembro. De ahí se desprende la importancia del rigor en los

inventarios nacionales conexos no sólo para la titularidad de derechos de emisión y el seguimiento de su comercio, sino también para el ajuste de los compromisos de los estados miembros en virtud del acuerdo de reparto de la carga. Estos inventarios nacionales conexos serán un componente fundamental del mecanismo comunitario de seguimiento establecido por la Decisión 93/389/CEE del Consejo, al hacer posible el seguimiento exacto de los derechos de cada estado miembro en virtud del acuerdo de reparto de la carga. Es más, los inventarios nacionales deberán proporcionar información sobre el derecho de emisión de los sectores dedicados al comercio en cada estado miembro y servirán así para controlar el cumplimiento de los compromisos. Además, la *liberalización de los mercados de la energía y el mercado interior* ocuparán un papel decisivo. En este régimen de mercado de emisiones, el correcto funcionamiento requiere una diáfana compatibilidad con la liberalización de los mercados de la energía. El procedimiento aplicado para la asignación inicial deberá ser —en todos los supuestos, circunstancias y países— transparente y realista. Unos criterios «diferenciados» en la asignación inicial a empresas que compiten en el mercado interior comunitario falsearían las elementales reglas de la competencia.

3.3.2. Discrepancias en la estimación de implicaciones económicas

La Comisión de la Comunidad Europea, con anterioridad al planteamiento de la puesta en marcha de un mercado de emisiones negociables analizó las ventajas de un sistema de estas características. El análisis realizado se basó en el *Modelo Primes*, relativo a los sistemas energéticos de la UE, encargado a la Universidad Técnica Nacional de Atenas. Los supuestos barajados llegaban a la conclusión de que si cada estado miembro consiguiese cumplir los objetivos derivados del reparto nacional de las cargas para el cumplimiento del Protocolo de Kyoto, el *coste anual* a escala comunitaria se situaría en torno a 9.000 millones de euros hasta el año 2010. En cambio, de arbitrarse estrategias asentadas en un mercado de derechos de emisión se obtendrían resultados con menor coste. Así, considerando dos alternativas: para una particular aplicación por el sector de abastecimiento energético (producción de energía eléctrica, cogenación, refinerías y grandes calderas de combustión) y por las *industrias intensivas en consumo energético* (industria siderúrgica, industrias de metales no ferreos, materiales de construcción, produc-

tos químicos e industrias papeleras y de pasta de papel) los montantes se situarían alrededor de 6.900 millones de euros; y para una aplicación únicamente centrada en los productores de energía, el coste anual sería ligeramente superior a 7.200 millones de euros. Según estas estimaciones, el "precio de los derechos de emisión" se elevaría a 33 euros por tonelada de dióxido de carbono, bien entendido que el coste para los demás sectores (agricultura, transporte, consumo residencial, servicios...) sería superior. Esta cota se sitúa en el margen analizado mediante otros modelos (AIM, G-Cubed, GTEM, MS-MRT, Oxford y SGM); si bien, las oscilaciones varían de 5 a 58 euros. En consecuencia, de acuerdo con estas proyecciones, la Comisión de la Comunidad Europea llegaba a la conclusión de que el intercambio de los derechos de emisión a nivel comunitario desde ambos sectores (abastecimiento e industrias intensivas en consumo energético) permitiría una reducción del orden del 20 por 100 de los costes respecto a una ausencia de esta formulación de implicación en el mercado.

Recientes estudios aplicados a la participación de los demás sectores excluidos en los anteriores análisis confirmaban una hipotética *reducción de costes* en torno al 34 por 100 para el conjunto de la UE. A estas conclusiones llevaban las estimaciones realizadas por el "Instituto de Estudios de Prospectiva Tecnológica" y en Oxford por "Economic Forecasting" que utilizaron el *Modelo Poles* y un modelo macroeconómico, respectivamente. Según el *Modelo Poles*, el comercio de los derechos de emisión extendido a todos los sectores de la UE reduciría el coste del cumplimiento de los compromisos de Kioto en un 25 por 100 en contraste con la hipótesis de ausencia de un sistema de intercambio entre los Estados miembros. El precio de los derechos de emisión ascendería a 49 euros por tonelada de CO₂. Estos resultados han confirmado la reducción del *coste de cumplimiento* y el precio de los derechos de emisión, habida cuenta las diferencias entre los "Modelos" Poles y Primes. Paralelamente, el *modelo macroeconómico de Oxford*, ha confirmado los mismos resultados. Las diferentes hipótesis barajadas a partir de las contrastaciones entre estas estimaciones han coincidido en la posibilidad de una infrautilización de los impactos reales del sistema de derechos de emisión, precisamente en razón directa a que los modelos aplicados presuponen, con escasa base en la realidad, que los estados miembros obtendrían cuotas de reducción por sí mismos y con el mayor ahorro a partir, entre otros mecanismos, de la aplicación de instrumentos fiscales, cargando a

las emisiones de CO₂, y de intercambios de derechos únicamente dentro de cada estado miembro. De acuerdo con las conclusiones de los estudios dirigidos a este tipo de hipótesis, los costes anuales para el cumplimiento de las obligaciones contraídas se dispararían a 20.000 millones de euros.

En España, los resultados prospectivos obtenidos han estado claramente condicionados, en algunos casos, por el interés patrocinador de los propios estudios y han reflejado claras diferencias en contraste con análisis procedentes del mundo académico.

En este sentido, sobresale, por un lado, el estudio centrado en evaluar los efectos de la aplicación del "Protocolo de Kyoto" en la economía española, realizado por PRICEWATERHOUSECOOPERS. Con carácter global, estiman unos "costes para la economía española" del orden de 19.000 millones de euros en el período 2008-2012, para lo cual utilizaron la metodología basada en las "Tablas Input-Output" a partir de un escenario caracterizado por dos elementos: a) los sectores productivos de la economía puedan elevar "gratuitamente" sus emisiones de CO₂ en un 15 por 100 con respecto a los niveles de 1990 y b) los sectores productivos puedan adquirir permisos para emitir CO₂ por encima del límite anterior pagando un precio de 20 euros por tonelada de CO₂. Las conclusiones más destacadas sobre el "impacto mínimo" en la economía española, sin unas reconducciones específicas, pueden resumirse en lo que sigue:

- Impacto inmediato, en forma de incremento del 0,651 por 100 en el "Índice de Precios Industriales" (IPRI) en un único período, así como un aumento del 2,5551 por 100 en el "Índice de Precios de Consumo" (IPC) y de 0,556 por 100 en el "Deflactor del Producto".

- Si los salarios se revisasen con el IPC durante el año siguiente a la subida de los precios, el anterior incremento sería del 1,124 por 100 en el IPRI, del 2,724 por 100 en el IPC y del 0,961 por 100 en el "Deflactor del Producto".

- Ante la adquisición en el mercado de los derechos de emisión, se alcanzaría "una reducción del producto de entre 0,29 y 0,96 por 100".

- Una pérdida del "producto anual" entre 2008 y 2012 de algo más de 4.000 millones de euros.

- Una "pérdida del producto acumulado real" para el período 2008-2012 de 19.219 millones de euros.

Estos resultados proceden de una "posición defensiva" y de una *evaluación estática* de la incidencia económica al no contemplar un marco adaptable a las exigencias derivadas del cumplimiento del Protocolo de Kyoto. No entra en las repercusiones de los *efectos paliativos* como consecuencia de la adaptación requerida.

Desde otra dimensión, los análisis realizados en la Universidad de Zaragoza por Carlos Ocaña, pese a la persistencia de ciertas incertidumbres —en función de la metodología utilizada y de las estrategias políticas de respuesta— eluden la senda anterior y se refieren a las "consecuencias", también lineales, asociadas solamente al cumplimiento de la Directiva que establece el mercado de derechos de emisión. Destacan, entre otras, dos conclusiones:

— En primer lugar, el *impacto inicial* del mercado de derechos de emisiones será *limitado* ya que, inicialmente, se supone un nivel bajo de los *precios* y un "déficit de permisos de emisión" también reducido. Esta situación cambiaría al final de la década con el aumento gradual de los objetivos de reducción de emisiones que reducirían la cantidad de permisos asignados anualmente y con el aumento de los precios de los mismos.

— Y en segundo término, de llevarse a cabo las "inversiones previstas" en *ahorro y eficiencia energética* y el desarrollo del parque de *generación a gas* y la expansión de las *energías renovables* se adecuan a las previsiones de la planificación indicativa recogida en los correspondientes planes ya aprobados, se estima que el *coste para la economía española* se mantendría en "niveles moderados". En el supuesto contrario, o sea, incumplimiento de previsiones, el proceso tendencial sería más elevado. En este sentido, conviene recordar que la imprevisión del "efecto multiplicador" que se derivaría de una activa acción a través de la *innovación* y de la aplicación de las mejores *tecnologías disponibles*, adiciona un sesgo de incertidumbre en las estimaciones, por lo que una política adecuada que tendiese a potenciar esta canalización modernizadora de los factores de producción podría incidir significativamente en la reducción de emisiones.

Al margen de las controvertidas bases metodológicas asumidas, parece oportuno destacar que las previsiones, si se quiere minimizar el coste para el conjunto de la economía, señalan hacia el papel de la "Política Ambiental", la cual debería apuntar hacia una caída significativa de las emisiones,

mediante la prioridad de las reducciones en las emisiones domésticas de CO₂ en vez de tener que recurrir al mercado de compra-venta de derechos. Al respecto, será importante la estrategia adoptable en el "sector eléctrico" en materia de inversiones para la generación a partir de *gas* y de *energías renovables*. Por tanto, la clave residirá en reducir las emisiones en función del potencial designado al efecto desde el *ciclo combinado* y las *energías renovables*. Evidentemente, el marco de programación de inversiones y de ayudas deberá ser, en consecuencia, sustancialmente revisado y, posteriormente, efectivamente aplicado.

Por otra parte, las autoridades ambientales de la *Administración General del Estado* al plantearse la regulación de este mercado, en cumplimiento de la legislación comunitaria, han trabajado con diferentes hipótesis y estimaciones en cuanto las repercusiones de tipo económico convencionales. La referencia comunitaria, al aplicar el *Modelo Primus*, ha sido determinante. Las *implicaciones presupuestarias* dependerán de los resultados negociadores por parte de los sectores afectados y, por tanto, en estos momentos resulta aventurado sostener que no afectarán a previsiones futuras. Según las negociaciones en curso, parece desprenderse que la gratuitad de los derechos de emisión para el período 2005-2007 podrán elevarse a 161,3 Mt. A partir de una previsión para el período 2005-2012 del precio en torno a 10 euros/t. CO₂ —en principio, aparenta cierta sobrevaloración— el *coste neto* para las empresas quizás no supere los 85 millones de euros anuales; es decir, del orden del 0,015 por 100 del *valor añadido* de los sectores implicados. No obstante, los *costes de implantación de los sistemas de seguimiento y verificación* no han sido estimados. Esto puede obedecer, entre otras razones, a la multiplicidad de variables a considerar ex ante en función de las tecnologías utilizadas y de la eficiencia gestora arbitrada individualizadamente. Sigue sin ser resuelto el problema asociado a los causantes de la *contaminación difusa*.

Hasta ahora, con referencia a nuestro país no han sido realizadas, o, al menos, hechas públicas, estimaciones que recojan *otros costes* (incluso, con el respaldo de *valoraciones económicas* en aplicación de determinadas técnicas y modelos emergentes) *por no intervención* y como consecuencia de los *efectos económicos, sociales y medioambientales* inducidos a causa del cambio climático por la *carencia de intervenciones reactivas* y expresas. El carácter global, debido a la *retroalimentación* y a los *efectos interactivos* del fenómeno,

adquiere tal complejidad y magnitud que resulta excesivamente fragmentaria y mutiladora la simple presentación de estimaciones lineales en torno a *costes económicos a corto plazo* asociados solamente al *ajuste circunstancial* provocado por el cumplimiento inmediato de obligaciones y compromisos contraídos.

3.3.3. El mecanismo de seguimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero

Los países de la Unión Europea, desde la aprobación de la Decisión 93/389, por la que se establecía un mecanismo de seguimiento de las emisiones de CO₂, hasta ahora, han exhibido un irregular cumplimiento de los requisitos exigidos, tanto formales como de ajuste a los compromisos contraídos en Kyoto, lo que ha dificultado un conocimiento generalizado y riguroso del cumplimiento de las diferentes obligaciones formales en materia de información. Las lagunas en cuanto al conocimiento de las *emisiones reales* han sido excesivamente importantes para *gases fluorados* en casi todos los estados. Al comienzo de 2004, la presentación de inventarios seguía siendo un problema en Alemania, Grecia, Italia, Luxemburgo, Portugal y España.

Con los datos disponibles y en función del último *índicador de distancia respecto al objetivo de Kyoto*, puede afirmarse que el cumplimiento del *objetivo global* para la UE, en estos momentos, presenta serias dificultades. La mayoría de los estados miembros han incrementado sus distancias respecto de la trayectoria fijada. Sobresalen, los "avances" de Alemania, por una parte, y el considerable desfase de España, por otro lado. Aparte de la implicación de determinadas consideraciones vinculadas al rigor y a la eficacia de las *medidas específicamente adoptadas*, estas situaciones están, también, relacionadas con los volúmenes de emisiones *declarados* en su momento para la fijación de compromisos por países. Aquí, ha sido evidente la supervvaloración inicial por parte alemana, que ha facilitado la presentación posterior de *resultados* relativamente favorables y la infravaloración para el año de partida, y de previsiones para los siguientes ejercicios, de las emisiones por parte española, con las consiguientes dificultades añadidas para verificar los ajustes correspondientes. Salvo Malta y Chipre, que no cuentan con objetivos impuestos por el Protocolo de Kyoto, la evolución del resto de los países

recientemente adheridos —excepto, Eslovenia y Hungría— es satisfactoria, así como las perspectivas para el año 2012.

4. ALGUNAS REFLEXIONES ADICIONALES

Junto a evidencias empíricas asociadas a ciertas mutaciones antropogénicas (subida durante el siglo XX de la temperatura media mundial en 0,6 °C y de la temperatura media europea en 0,9 °C, regresión irreversible de masas glaciares, aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero hasta alcanzar los niveles más elevados de los últimos 450.000 años...), algunas previsiones se inclinan por estimar para el año 2100 un aumento de temperaturas, respecto a los niveles de 1990, entre 1,4 y 5,8 grados a escala mundial y entre 2,0 y 6,3 grados en Europa. Con base en el "II Informe de Evaluación" del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPPC), el Consejo de Ministros de la UE asumió en el Consejo de Luxemburgo (25 de junio de 1996) que *las temperaturas medias mundiales no deberían superar las temperaturas preindustriales en más de 2°*, por lo que este objetivo se adoptó para su consideración en términos políticos; si bien, se entendió claramente que no podría lograrse de continuar el crecimiento de las emisiones actuales ni, incluso, de cumplirse los compromisos de reducción asumidos en el Protocolo de Kyoto. Los estudios en esa dirección auspiciados por la Comisión de las Comunidades Europeas, han desembocado en estimaciones que registran un saldo favorable de "beneficios" frente a "costes" por la asunción de medidas específicas para evitar la subida de la temperatura media mundial por encima de 2 grados. Aunque la UE redujera sus emisiones en un 50 por 100, de aquí a 2050, las concentraciones atmosféricas no quedarían mermadas significativamente a menos que otros países (Estados Unidos, China, India...) adoptasen medidas específicas para lograr reducciones sustanciales. Este impulso requeriría, además, el compromiso de buena parte de los países en vías de desarrollo; a tal efecto, necesitarían del diseño y aplicación de incentivos concretos y finalistas, actualmente inexistentes. En el mejor de los casos, de contar con una rigurosa aplicación de las *medidas adoptadas actualmente* para lograr determinados *objetivos* (reducción real del consumo de combustibles fósiles, incremento del uso de energías limpias, aumento del ahorro energético y de la eficiencia energética, reducción de la intensidad energética...) y con la constatación de su eficacia, en función de los *resultados* alcan-

zados en la contabilización de las concentraciones finales, todos los indicios apuntan a que en las dos próximas décadas las emisiones aumentarán sensiblemente, por lo que será imprescindible la realización de un considerable esfuerzo para lograr una reducción mundial en el año 2050 de al menos un 15 por 100 en relación con los niveles de 1990.

Sorprende que no se hayan asumido estrategias para reducir las *emisiones de metano*. Aunque este gas aporta, en volumen, niveles inferiores al CO₂, ocupa el segundo lugar en cuanto a la contribución al "efecto invernadero" con un *potencial de calentamiento* muy superior al dióxido de carbono. Además, las probabilidades de afrontar con éxito un descenso gradual de su contribución a la concentración de gases de efecto invernadero adquieren expectativas superiores a las procedentes de una reducción de CO₂ por la "vía energética". España, que contribuye en torno al 10 por 100 del total de una UE de quince miembros, carece de estrategias y de medidas específicas frente a este tipo de emisiones. Aquí, la aplicación de tecnologías avanzadas y disponibles permitiría significativos cambios tendenciales. Conforme han demostrado los estudios auspiciados por la "Agencia de protección Medioambiental de Estados Unidos" (USEPA), la sustitución progresiva del sistema simple de vertido de residuos por otras formas diversificadas de eliminación y la aplicación de "buenas prácticas agrícolas", principalmente, se erigen en opciones complementarias —viables y eficientes— para buscar el cumplimiento de los objetivos fijados.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Europea de Medio Ambiente (2004): "Annual European Community Greenhouse Gas Inventory, 1990-2002 and inventory report 2004". *Inf Tco*, núm. 2/2004.
- (2004): "Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2004". *Inf Tco*, núm. 5/2004.
- AYALA-CARCEDO, F. J. (2001): "Impactos del Cambio Climático sobre los Recursos Hídricos en España y Viabilidad del PHN-2000", en ARROJO, P. (coord.), *El Plan Hidrológico Nacional a Debate*, BAKEAZ, Bilbao.
- AYALA-CARCEDO, F. J. y PISERRA, M.^a T. (2000): "Impactos del Cambio Climático sobre la Economía y los Seguros en Europa", *Gestión de Riesgos y Seguros*, MAPFRE, Madrid.
- BOLLEN, J.; MANDERS, T. y TANG, P. (2000): "Winnors and losers of Kyoto, Economic Consequences of the Kyoto Protocol for sectors and regions", RIVM, Holanda.
- CAPROS, P. y MANTZOS, L. (2000): "The Economic Effects of EU-Wide Industry-Level Emission Trading to Reduce Greenhouse Gases. Results from PRIMES Energy Systems Model", OCCSN, Universidad Técnica Nacional de Atenas.
- CEDEX (1997): "Estudio sobre el impacto potencial del cambio climático en los recursos hídricos y las demandas de agua de riego en determinadas regiones de España", *Mº Medio Ambiente*.
- CLINE, W. R. (1992): "The Economic of Global Warming", *Institute for International Economics*, Washington.
- Environmental Protection Agency (EPA) (1989): "The potential effect of global climate change on the United States", Washington.
- FANKHAUSER, S. (1995): "Valuing Climate Change". *The economics of the Greenhouse*, Earthscan, Londres.
- HARMELINK, M.; PHILIPSEN, D.; JAGUER, D. y BLOCK, K. (2001): "Kyoto Without the US: Costs and Benefits of EY Ratification of the Kyoto Protocol". ECORYS, Holanda.
- HERNÁNDEZ ÁLVAREZ, F. (1999): "El calentamiento global en España. Un análisis de sus efectos económicos y ambientales", CSIC, mim.
- IPCC (2000): "Emission Scenarios. Special report of the IPCC", Cambridge University Press, RU.
- (2001): "Climat Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability", Cambridge University Press, RU.
- (2001): "Climat Change 2001: Mitigation: Summary for Policy-makers and Technical Summary of the Working Group III. Report", págs. 49-57.
- KNOEPFEL, I. (1999): "Der Stoffhaushalt. Beziehung zwischen Oekonomie und Umwelt", Memo, PSI, Villigen und Würenlingen.
- KUNST, A. E. (1993): "Outdoor air temperature and mortality in the Netherlands", *American Journal of Epidemiology*, núm. 137, págs. 331-341.
- Ministerio de Medio Ambiente (1997): "Segunda comunicación Nacional de España. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio Climático", Secr^a Gral. Tcnca.
- (2003): "Principales conclusiones del Tercer Informe de Evaluación. Cambio Climático: Ciencia, Impactos, Adaptación y Mitigación", OECC.
- (2003): "Estrategia española sobre cambio climático para el cumplimiento del Protocolo de Kyoto".
- (2005): "Principales conclusiones de la evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático".
- MUROTA, Y. y TAKASE, K. (2001): "Will Ratification of the Protocol Result in Economic Loss?", SERF, Japón.
- NORDHAUS, J. (1991): "Economic Approaches to Greenhouse Warming", *Global Warming: Economic Policy Responses*, Cambridge.
- OCDE (1989): "L'évaluation monétaire des avantages des politiques de l'environnement", París.
- PILLET, G. (1988): "Bilan des coûts économiques de la pollution", SPE, Ginebra.
- (1990): "Prix non payés en écologie et en économie de l'environnement", *Revue Economique*, núm. 41, págs. 321-334.
- PricewaterhouseCoopers (2004): "Efectos de la aplicación del Protocolo de Kyoto en la economía española".
- SIERRA LUDWIG, V. (1990): "Efecto invernadero, capa de ozono e intereses en juego", *BICE*, núm. 2224, págs. 1031-1033.
- (1991): "Medio Ambiente y Mercado Único", *Información Comercial Española*, núm. 690, págs. 163-175.

- (1991): "Estrategias comunitarias frente al CO₂", *BICE*, núm. 2332, págs. 2180-2192.
 - (1994): "Incidencia económico-ambiental de las emisiones de CO₂ desde una perspectiva regional", *Cuadernos de Economía Murciana*, núm. 9, págs. 21-39.
 - (1995): "Una historia de acuerdos e incumplimientos", *ECOSISTEMAS*, núm. 12-13, págs. 39-43.
 - (1996): "Interacciones econo-climáticas en el contexto de la constatación empírica disponible", *RAE*, núm. 5; págs. 151-192, Universidad de Oviedo, Principado de Asturias.
 - (1998): "Emisiones antropogénicas de metano: territorialización y repercusiones económico-ambientales", *RAE*, núm. 13, págs. 211-231, Universidad de Oviedo, Principado de Asturias.
 - (2001): "El proceso de adaptación económica ante el reto de la protección ambiental", *Cuadernos de Información Económica*, núm. 162, págs. 159-168, FUNCAS.
 - (2004): "Protocolo de Kyoto: compromisos incumplidos e instrumentos emergentes", *BICE*, núm. 2815, págs. 45-59.
 - (2004): "La nueva dimensión de la Unión Europea", *BICE*, núm. 2828, págs. 49-70.
 - (2005): "Evaluabilidad del cumplimiento del Protocolo de Kyoto: Criterios para la Evaluación de las Políticas de Medio Ambiente" (en prensa).
- USEPA (1993): "Options for Reducing Methane Emissions Internationally", vols. 1 y 2, *Report to Congress*, K.B. Hogan, Office of Air and Radiation, Washington.
- WALTER, A. (1990): "Die Folgekostenrechnung von Umweltschäden. Erweiterung des Volkswirtschaftlichen Rechnungswesens". *Pon, Hochschule St-Gallen*, núm. 1209, Difo-Druck GmbH, Bamberg.
- ZAPICO Goñi, E. (2003): "Condiciones para el desarrollo del control por resultados en la gestión pública", *Papeles de Economía Española*, núm. 95, págs. 78-92, FUNCAS.