

## 2.

# El cambio climático y sus impactos sobre las generaciones futuras

### 2.1. Introducción

La intensificación del efecto invernadero y el consiguiente calentamiento del planeta han generado una preocupación medioambiental sin precedentes. Este interés se ha visto reflejado en el número y la magnitud de las conferencias internacionales y de los proyectos científicos organizados para analizarlo y buscar soluciones. Hasta el momento, el resultado más visible de esta preocupación ha sido el compromiso de control de emisiones que se estableció en el Protocolo de Kyoto en 1997 y que, a pesar de lo moderado de sus propuestas, no fue ratificado por los Estados Unidos, el mayor emisor de gases de efecto invernadero y, por tanto, el país que más contribuye al agravamiento del problema<sup>14</sup>. Pero las políticas de mitigación (ver apartado 2.3.6) han sido mínimas y poco efectivas hasta el momento. El creciente conocimiento científico del fenómeno confirma las peores expectativas previas y cada vez se hace más evidente la necesidad de actuar enérgicamente para tratar de evitar los peores impactos del cambio climático. La mayor certeza científica sobre la contribución humana a la intensificación del efecto invernadero, los datos que muestran que el cambio climático ya se está produciendo, así como la mayor inestabilidad en los eventos climáticos y desastres naturales experimentados en las últimas décadas, justifican el creciente interés de la sociedad en el problema y las posibles soluciones.

No obstante, salvo notables excepciones como el reciente trabajo de Stern (2006), realizado por encargo del gobierno británico, los resultados de la mayor parte de los análisis económicos convencionales aplicados al cambio climático hasta el momento parecen no justificar tal preocupación y, en algunos casos, se han utilizado para legitimar y dar una justificación “científica” a las políticas de no-control o de control leve de emisiones. Esto, como se explica más adelante, se debe en parte a las limitaciones y a los supuestos que se suelen incorporar en estos estudios y que han tendido a sesgarlos hacia la recomendación de políticas poco agresivas contra el cambio climático, además de que no incorporaban el conocimiento científico más reciente sobre la gravedad del fenómeno.

<sup>14</sup> El Protocolo de Kyoto es un acuerdo internacional adoptado en la tercera conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, en diciembre de 1997. Este acuerdo implicaba un compromiso de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en 2008-2012 del 5,2% respecto al nivel de 1990 en los países industrializados (países del Anexo I del Protocolo, que incluye a la mayoría de los países de la OCDE y a los países de Europa del Este). El Protocolo establecía distintos compromisos de reducción para los distintos países industrializados, siendo de un 6% para Japón, un 7% para EE.UU. y un 8% para la UE. Entró en vigor el 16 de febrero de 2005, cuando se cumplió el requisito de que al menos 55 países, incluyendo países del Anexo I que sumaran el 55% de las emisiones totales de 1990 para este grupo, hubieran ratificado el acuerdo. A fecha de 13 de diciembre de 2006, 168 países y la UE habían ratificado el Protocolo; países que representan el 61,6% de las emisiones del Anexo I.

### 2.1.1. El efecto invernadero y sus causas

El calentamiento global y el consiguiente cambio climático se deben a la intensificación del “efecto invernadero”, que es un fenómeno natural causado por varios gases presentes en la atmósfera, y es el responsable de las temperaturas que hacen habitable la Tierra. El problema surge debido a que la actividad humana ha acelerado la acumulación de estos gases, principalmente a través de la quema de combustibles fósiles, y esto ha intensificado el proceso de calentamiento. El principal gas responsable del efecto invernadero es el CO<sub>2</sub>, cuyas emisiones han contribuido a éste en un 60% entre 1750 y 2000 (medido en términos del incremento en el forzamiento radiativo<sup>15</sup> causado por los aumentos de los gases de efecto invernadero) y se prevé que su peso relativo dentro de los gases de efecto invernadero crezca en el futuro (IPCC, 2001a). Las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera han aumentado un 31% entre 1750 y 2000, de 280 a 366,8 ppmv (partes por millón en volumen) y los escenarios de emisiones del IPCC (2000) prevén una concentración de entre 490 y 1200 ppmv para el final del presente siglo, lo que alteraría severamente el clima global. La quema de combustibles fósiles para obtener la energía que requieren los procesos de industrialización y la expansión del uso de vehículos motorizados explicarían el gran aumento experimentado en las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Teniendo en cuenta el total mundial de emisiones de efecto invernadero del año 2000, unas dos terceras partes están generadas por el uso de energía —24% en generación de electricidad, 14% en la industria, 14% en el transporte, 8% en edificios y 5% en otras actividades relacionadas con el uso de energía—, mientras que una tercera parte corresponde a otras fuentes de emisión —18 por ciento por el uso del suelo, 14% en la agricultura y 3% por los residuos (cál-

culo de Stern, 2006, Figura 1, p. iv; a partir de datos del World Resources Institute).

En cuanto a la responsabilidad de los diferentes países y regiones en la generación del problema, ésta es muy desigual. Existen enormes desigualdades en las emisiones *per capita* de los diferentes países, desigualdades que aún son más abultadas si consideramos las emisiones acumuladas. A partir de los datos de la Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2003) sobre emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la quema de combustibles fósiles para el año 2001, las emisiones *per capita* para diferentes regiones oscilan entre 19,7 toneladas por persona y año para Estados Unidos y las 0,9 toneladas por persona y año de media en el continente africano. Las diferencias son explicables por varios factores —como la diferente intensidad energética de la economía y la diferente combinación de fuentes energéticas— pero, con mucho, el factor más importante es el de los muy distintos niveles de renta *per capita* (Alcántara y Padilla, 2005). Es decir, las divergencias se dan sobre todo entre los países ricos y los países pobres y, así, las emisiones *per capita* estarían fuertemente correlacionadas con el PIB *per capita*. Según Stern (2006), desde 1850 Norteamérica y Europa han producido alrededor del 70% de todas las emisiones de CO<sub>2</sub> por producción de energía, mientras que los países en desarrollo no llegarían a la cuarta parte.

Una característica particular del cambio climático es que las consecuencias para cada país no dependen de su contribución individual al problema, sino de la contribución global. Otra característica es que los efectos son duraderos, cuando no irreversibles, y lo que se haga ahora respecto al control de emisiones tiene efectos sobre las generaciones futuras, mientras que apenas tendrá efectos en los próximos treinta años. Además, los impactos de las alteraciones climáticas son difíciles de determinar debido a la complejidad de los procesos a analizar. Estas características,

<sup>15</sup> Por forzamiento radiativo se entiende la influencia que un factor tiene para alterar el equilibrio de la energía entrante y saliente en el planeta.

junto con el “libre acceso” —sin gestión que limite el uso del recurso— a un medio ambiente compartido por todos, individuos presentes y futuros, regiones ricas y pobres, llevan a que no se den los incentivos necesarios para una gestión sostenible.

### 2.1.2. Las incertidumbres sobre el cambio climático

Existe incertidumbre sobre cuestiones básicas del cambio climático. En primer lugar, está la dificultad de medir las emisiones y de hacer predicciones sobre concentraciones futuras. En segundo lugar, existen múltiples interacciones que complican el estudio de la relación entre las concentraciones de emisiones y el calentamiento —algunos gases de efecto invernadero producen interacciones químicas, causando problemas como la lluvia ácida<sup>16</sup> o la reducción de la capa de ozono<sup>17</sup>, y su efecto final sobre el cambio climático es más difícil de determinar que en el caso del CO<sub>2</sub>—. En tercer lugar, para cada nivel de calentamiento, existe incertidumbre sobre los impactos climáticos en las diferentes regiones del mundo. En cuarto lugar, está la dificultad de identificar y estimar la magnitud de los impactos que el cambio climático pueda causar sobre el medio ambiente y el bienestar humano, siendo mayor la dificultad y controversia cuando se intentan medir en términos monetarios. Por último, también se dan importantes incertidumbres y controversias al evaluar en términos monetarios qué sacrificio supondría un mayor control de emisiones.

En los últimos años ha mejorado considerablemente el conocimiento sobre el cambio climático y se han reducido algunas de estas incertidumbres. Recientemente, se ha avanzado mucho en la posibilidad de asignar probabilidades a los diferentes niveles de calentamiento e impactos sobre la naturaleza asociados a distintos niveles de estabilización de gases

de efecto invernadero, con lo que ahora es posible analizar mejor los riesgos de impactos poco probables pero catastróficos asignando probabilidades. Además se conocen mejor las posibles interacciones dinámicas que pueden amplificar el cambio climático (Stern, 2006). Esta mejora en el conocimiento existente puede suponer un importante avance en la capacidad de los modelos de recomendar las políticas adecuadas. No obstante, en el futuro próximo persistirán muchas de las incertidumbres que dificultan el análisis del cambio climático.

### 2.2. Impactos del cambio climático sobre la naturaleza y los humanos

Según el último informe completo del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (tercer informe de evaluación, IPCC 2001a), la temperatura promedio mundial de la superficie de la tierra ha aumentado alrededor de 0,6°C desde 1861. Se estima que el aumento en los últimos 10.000 años ha sido de 1°C, siendo la tasa de calentamiento constante hasta las últimas décadas del siglo XX, en que aumentó hasta 0,15°C por década. El IPCC estima que la temperatura promedio podría aumentar entre 1,4 y 5,8°C entre 1990 y el final del siglo XXI, lo que se prevé cause un aumento promedio en el nivel del mar de entre 9 y 88 centímetros durante este periodo. Ésta sería una tasa de calentamiento sin precedentes en la historia de la humanidad, la cual conllevaría cambios y anomalías climáticas con fuertes impactos sobre la naturaleza y el bienestar humano. El resultado del cambio climático puede ser más calor o más frío, más lluvias o más sequía, dependiendo de la región y, en general, más inestabilidad climática, con un aumento en frecuencia de desastres naturales como inundaciones, ciclones o sequías. Conforme mayor sea el calentamiento, mayores

<sup>16</sup> Se conoce como lluvia ácida la que tiene valores de PH inferiores a 5,6. Ésta se forma cuando los óxidos de nitrógeno y el dióxido de azufre, emitidos fundamentalmente en la quema de combustibles fósiles y por industrias y vehículos, se combinan con la humedad en el aire formando ácido sulfúrico y ácido nítrico. La lluvia ácida provoca graves efectos ambientales como la acidificación de aguas (perjudicando los ecosistemas acuáticos) y suelos, además de producir daños sobre la vegetación. También ocasiona daños en las construcciones y monumentos. Gauci *et al.* (2005) sugieren que la lluvia ácida podría reducir la generación de metano en áreas pantanosas.

<sup>17</sup> Capa de la estratosfera terrestre, a unos 25 km. sobre el nivel del mar, que contiene una concentración relativamente alta de ozono natural. Esta capa absorbe la fracción más peli-

grosa de la radiación ultravioleta impidiendo que alcance la superficie terrestre. Las emisiones de algunos compuestos, como los CFCs o el bromuro de metilo, han provocado una reducción de la concentración de ozono estratosférico. Esta reducción puede tener consecuencias graves sobre la salud humana, aumentando los casos de melanomas y perjudicando el sistema inmunitario, así como sobre otras especies animales y los vegetales sensibles a los rayos ultravioletas. Además, la capa de ozono evita que la radiación terrestre escape con facilidad. Por tanto, los CFCs por un lado contribuirían al calentamiento, al ser gases de efecto invernadero, pero por otro lado tendrían un efecto enfriador, por la reducción de la capa de ozono que provocan, que contrarrestaría en torno a la mitad su contribución al calentamiento global. Lamentablemente, los gases sustitutos que se están empleando, como los HFCs, son también potentes gases de efecto invernadero.

serán las alteraciones en el clima, y los modelos muestran que los daños aumentan más que proporcionalmente conforme aumenta la temperatura.

A continuación, se resumen muy brevemente las previsiones recogidas en el tercer informe del IPCC (2001b) sobre los impactos sociales y sobre el medio natural del cambio climático.

### 2.2.1. Agricultura

Se prevén costes en la agricultura, tanto por reducciones en la producción de las cosechas, como por la adaptación de los sistemas de producción al cambio climático. Un calentamiento moderado podría conllevar leves mejoras en las cosechas de países desarrollados de latitudes medias y altas —especialmente en cereales—, que desaparecerían con un calentamiento mayor. En cambio, un calentamiento moderado llevaría a menores producciones en las cosechas en muchos países en desarrollo, en la mayoría de regiones tropicales y subtropicales. Con un calentamiento mayor (unos 4°C) regiones enteras pueden sufrir reducciones generalizadas en la producción de sus cosechas, en buena parte en África. Los efectos serán más severos en las cosechas de secano y en las dependientes de la lluvia allí donde se dé un fuerte descenso en las precipitaciones. También se prevé que el cambio climático provoque un aumento global en los precios de los alimentos, de producirse aumentos de la temperatura anual media de 2,5°C o mayores. Teniendo en cuenta los precios y la producción, los impactos sobre los ingresos serían peores para los países y las poblaciones más pobres, aumentando la población en riesgo de hambre, especialmente en Asia Occidental y en África, donde los cambios provocarían un empeoramiento de la seguridad alimentaria.

### 2.2.2. Recursos hídricos

Se prevé que se reduzca sustancialmente la disponibilidad total de agua en muchas zonas donde ésta es ya un bien escaso, especialmente en África, mientras que aumentará en otras.

Globalmente, las precipitaciones medias aumentarán durante el siglo XXI, aunque a escala regional pueden darse importantes aumentos o reducciones. Se prevé que se incrementen en regiones de latitudes altas en invierno y verano. Los aumentos también se darán en invierno en latitudes medias, África tropical y el Antártico, y en verano en el este y sur de Asia. Las precipitaciones se reducirían en invierno en Australia, América Central y el sur de África. También se prevé una reducción en el Mediterráneo. La magnitud y la frecuencia de las inundaciones podrían incrementarse en varias regiones. Los caudales de los ríos aumentarían en las latitudes altas y en el sudeste de Asia, y disminuirían en Asia central, el Mediterráneo, África del sur y Australia. Se acelerará la reducción de los glaciares y desaparecerán los pequeños, lo que afectaría la disponibilidad de agua de algunas poblaciones.

El cambio climático podría reducir la recarga de agua subterránea y el caudal de ríos en muchos países con estrés hidrológico<sup>18</sup>. Es el caso de Asia central, el sur de África y los países del Mediterráneo. La mayor temperatura podría empeorar la calidad del agua, lo que se vería compensado donde se dieran mayores caudales y agravado donde se redujeran.

El cambio climático no afectaría mucho a la demanda de agua para uso doméstico, pero sí podría aumentar la demanda de agua para la agricultura, debido a la mayor evapotranspiración<sup>19</sup>.

Las mayores vulnerabilidades se dan en las regiones con estrés hídrico y en los sistemas insuficiente o deficientemente gestionados, por su menor capacidad para adaptarse.

<sup>18</sup> Cuando la demanda de agua excede la cantidad disponible durante cierto periodo, o cuando su pobre calidad restringe su uso, se da estrés hidrológico. Este estrés deteriora la calidad de los recursos hídricos (salinización, contaminación, etc.) y su cantidad (sobrexplotación de acuíferos, caudal de ríos, etc.).

<sup>19</sup> Pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa y por transpiración de la vegetación. Se expresa en mm. por unidad de tiempo.

### 2.2.3. Ecosistemas y biodiversidad

Los ecosistemas y la biodiversidad se verán alterados por el cambio climático y la subida del nivel del mar, aumentando el riesgo de extinción de algunas especies vulnerables. Cuando las tensiones causadas por el cambio climático — sequía, incendios, invasión de especies, tormentas— se unan a otras tensiones, los ecosistemas podrían sufrir daños sustanciales, incluyendo la pérdida de ciertos sistemas únicos y la extinción de algunas especies.

Un leve calentamiento podría aumentar la producción global de madera, lo que podría beneficiar a los consumidores de madera, mientras que en el caso de los productores dependerá de los cambios regionales en productividad. No obstante, los efectos positivos tenderían a desaparecer con un mayor nivel de calentamiento y parte del bosque amazónico podría desaparecer.

Muchos ecosistemas marinos son sensibles al cambio climático. Las tendencias climáticas y la variabilidad pueden afectar de forma importante a la abundancia de peces, con impactos significativos en las sociedades humanas dependientes de la pesca. Los ecosistemas de coral ya han sufrido importantes daños con el calentamiento actual, que empeorarán con mayores niveles.

Por último, muchas áreas costeras sufrirán mayores inundaciones y erosión acelerada, con pérdida de humedales e introducción de agua marina en fuentes de agua dulce.

### 2.2.4. Salud

El cambio climático aumentará las amenazas sobre la salud humana, particularmente sobre las poblaciones de ingresos bajos, sobre todo en los países tropicales y subtropicales. El cambio climático puede afectar a la salud directa-

mente mediante la pérdida de vidas en inundaciones, tormentas y olas de calor, e indirectamente a través de cambios en los vectores de enfermedad (como los mosquitos), la disponibilidad de comida y la calidad del agua y del aire. Los impactos dependerán de las condiciones ambientales locales, la infraestructura sanitaria, las condiciones socioeconómicas y las medidas de adaptación<sup>20</sup> que se tomen.

Aumentará el ámbito geográfico de transmisión potencial de malaria y dengue, que, junto a otras enfermedades infecciosas, incrementarán su incidencia y duración estacional. También aumentarán las olas de calor, a menudo acompañadas de mayor humedad y contaminación, lo que conllevará más enfermedades y muertes por calor. El impacto será mayor en las poblaciones urbanas, afectando a enfermos y mayores, y a quienes no tienen acceso al aire acondicionado. No obstante, en algunos países templados podrían reducirse las muertes por frío en invierno. El aumento en las inundaciones conllevará más ahogamientos y enfermedades respiratorias y diarreicas. En algunas regiones se puede dar un aumento de los ciclones tropicales más intensos, lo que conllevaría impactos devastadores, especialmente sobre poblaciones densas con recursos deficientes. Finalmente, la reducción en la producción de las cosechas por el cambio climático en algunas regiones, en especial en los trópicos, puede predisponer a la malnutrición y al hambre a poblaciones con poca seguridad alimentaria.

### 2.2.5. Asentamientos humanos, energía e industria

Los asentamientos humanos se ven afectados por el cambio climático cuando son afectados sus sectores económicos, cuando sus infraestructuras, servicios y/o industrias sufren daños o cuando sus poblaciones ven dañada su salud o deben migrar.

<sup>20</sup> El IPCC define adaptación como el ajuste de sistemas naturales o humanos a un medio ambiente nuevo o cambiante. La adaptación al cambio climático se refiere al ajuste de sistemas naturales o humanos, en respuesta a estímulos climáticos reales o previstos o a sus efectos, que modera los daños o explota oportunidades provechosas. Algunos ejemplos son: cambios en las cosechas, adaptación de infraestructuras, mejoras en la gestión del agua, cambios en el uso de las tierras, limitaciones a la edificación en la costa, mejoras en la infraestructura sanitaria, etc.

Las poblaciones de pequeñas islas y zonas costeras bajas corren un gran riesgo de sufrir graves consecuencias sociales y económicas por un aumento de la erosión y las inundaciones, causadas por la mayor intensidad de las precipitaciones y el aumento del nivel del mar. También peligran recursos críticos para su supervivencia, como las playas, aguas dulces, hábitats de algunas especies, pesquerías y arrecifes. Decenas de miles de personas que viven en deltas, zonas costeras bajas o en pequeñas islas corren el riesgo de ser desplazadas. Según el reciente informe Stern (2006), el aumento del nivel del mar, las inundaciones y las sequías podrían provocar el desplazamiento de 200 millones de personas, que pasarían a convertirse en refugiados ambientales. La rápida urbanización de zonas costeras aumenta los activos expuestos.

Las inundaciones urbanas pueden ser un problema donde las infraestructuras —drenaje de aguas, oferta de agua y gestión de residuos— son insuficientes, siendo más vulnerables los asentamientos con alta densidad de población y pocos recursos. Las mayores temperaturas y precipitaciones pueden agravar los déficits existentes en infraestructuras, afectando a la oferta de agua y energía, el tratamiento de residuos y el transporte.

Los asentamientos que dependan de sectores primarios sensibles al cambio climático (agricultura, silvicultura y pesca) son más vulnerables que los que estén más diversificados.

En cuanto a las infraestructuras de industria, transporte y comercio son generalmente vulnerables a los mismos riesgos que la infraestructura de los asentamientos. Finalmente, respecto a la demanda de energía se espera que aumente para refrigeración y aire acondicionado y que se reduzca para calefacción. El efecto neto depende de la zona y el escenario considerado.

## 2.2.6. Seguros y otros servicios financieros

Los costes provocados por eventos climáticos extremos han aumentado sustancialmente en las últimas décadas. En parte se debe a factores socioeconómicos, como el crecimiento económico y demográfico o la urbanización en áreas vulnerables, y en parte se debe a factores climáticos, como los cambios observados en precipitaciones e inundaciones, siendo muy complejo asignar en cada caso la parte que corresponde a cada factor. El cambio climático aumenta la incertidumbre en la evaluación de riesgos. Esto puede llevar a mayores primas o a reclasificar algunos riesgos como no asegurables. Como consecuencia, se haría más caro asegurarse, se limitaría la expansión de servicios financieros en los países pobres y disminuiría la disponibilidad de seguros para riesgos, aumentando la demanda de compensaciones estatales tras los desastres. Además, el sector de seguros puede tener dificultades para cubrir algunos eventos poco probables pero con gran impacto. Algunos países pobres muy dependientes de la producción primaria pueden experimentar reducciones significativas de su PIB por los desastres naturales.

Si los riesgos asociados al clima se convierten en no asegurables, o si se encarece o se limita la disponibilidad de seguros, se podrían agravar los problemas de equidad y aumentarían los frenos al desarrollo. En contraste, según el IPCC (2001b), un acceso más extensivo a los seguros y a los servicios financieros aumentaría la habilidad de países en desarrollo para adaptarse al cambio climático.

## 2.2.7. Desigualdades en los impactos y la vulnerabilidad frente al cambio climático

Los impactos del cambio climático serán especialmente graves en los países en desarrollo y en las poblaciones más desfavorecidas de todos los países, lo que ha de aumentar aún



más las desigualdades. La situación geográfica de los países en desarrollo, y su dependencia de sectores económicos sensibles al cambio climático, hace que estén en un riesgo elevado de padecer los impactos negativos, mientras que la pobreza y falta de infraestructuras limitan su capacidad de adaptación.

#### 2.2.8. Impactos extremos

Según el IPCC existe la posibilidad de impactos extremos, como cambios en las corrientes oceánicas, una reducción considerable de los casquetes polares y un calentamiento acelerado debido a la liberación de bolsas de metano y carbono o por la retroalimentación del ciclo de carbono en la biosfera terrestre, entre otros. Si estos ocurrieran, sus efectos serían catastróficos, y posiblemente irreversibles en el largo plazo. La probabilidad de estos fenómenos depende de la tasa, magnitud y duración del cambio climático (IPCC, 2001b). Conforme más extremos sean los eventos, mayor dificultad encontrarán los humanos para adaptarse.

#### 2.2.9. Los efectos del cambio climático en España

Los datos confirman que el cambio climático ya se está produciendo en España. Desde mediados del siglo XIX hasta la actualidad la temperatura media anual ha subido una décima de grado centígrado por década, en promedio, aumentando tanto las temperaturas máximas como las mínimas. Han disminuido las precipitaciones y el número de días de nieve anuales. Hay una clara tendencia al aumento de frecuencia y la severidad de las olas de calor<sup>21</sup>. Además, la tasa anual de subida del nivel medio del mar se ha acelerado<sup>22</sup> (Ayala, 2004).

En Europa, serían España y los países del sur, junto con el Ártico europeo, por su situación geográfica, las zonas más vulnerables frente al cambio climático. Se prevé una subida del

nivel del mar de entre 10 y 68 centímetros para el final de siglo (siendo 50 centímetros el escenario más probable) y un aumento de la temperatura peninsular de entre 3 y 7 grados (IPCC, 2001a). Las precipitaciones, especialmente en verano, tenderán a verse reducidas, con más frecuencia de sequías, lo que disminuiría la disponibilidad de agua y la humedad de los suelos.

El mayor estrés hídrico producirá un descenso en la productividad de la agricultura, especialmente en secanos y pastos, y también afectará negativamente al crecimiento de la masa forestal. Además, la mayor temperatura y sequedad hará más peligrosos y frecuentes los incendios forestales.

Algunas especies se verán amenazadas por la pérdida de importantes hábitats. Se producirá un desplazamiento altitudinal de zonas de vegetación y mayor vulnerabilidad y pérdida de especies. Parte de la fauna se desplazará hacia el norte o hacia mayores altitudes.

En las zonas costeras aumenta el riesgo de inundación, erosión y pérdida de humedales, con implicaciones para los asentamientos humanos, el turismo, la agricultura y los hábitats naturales de la costa. El descenso de recursos hídricos también conllevaría una reducción de los recursos pesqueros, que también se hacen más vulnerables a la contaminación del mar. La subida del nivel del mar y el descenso de los recursos hídricos portadores de sedimentos provocarán la erosión de las playas y costas y el retroceso de deltas. Las zonas costeras más bajas —marismas, Deltas del Ebro y del Llobregat, Manga del Mar Menor, costa de Doñana— podrían sufrir inundaciones. Las edificaciones en primera línea de playa se verán seriamente afectadas.

Los costes pueden ser muy importantes en el sector turístico: las temperaturas más altas y las olas de calor pueden perjudicar seriamente el turismo de verano (aunque la temporada se alargue al otoño), mientras que la menor fiabilidad de las condiciones de nieve puede tener impactos nega-

<sup>21</sup> Los datos del Instituto Nacional de Meteorología (2002) muestran un aumento en los 38 observatorios peninsulares analizados de los días con temperatura media mayor de 25°C (Ayala, 2004).

<sup>22</sup> Según Ayala (2004) la tasa anual de subida del nivel medio del mar (en Alicante) se ha multiplicado por tres en la década 1990-2000 (3,875 mm/año) respecto a la década 1980-1990 (1,345 mm/año), mientras que se han producido fenómenos similares en el Cantábrico.

tivos en el turismo de invierno. Además, la elevación del nivel del mar hace peligrar la localización de asentamientos e infraestructuras turísticas.

Respecto a los impactos sobre el consumo energético, disminuirá el consumo para calefacción, pero habrá un fuerte aumento del consumo para aire acondicionado y refrigeración. Como resultado, aumentará la demanda eléctrica, de petróleo y gas natural. Por otro lado, disminuirá la producción de energía hidráulica (Moreno, 2005).

El sector de seguros puede verse afectado sobre todo por las tormentas e inundaciones, especialmente en la mitad oriental de la península (Moreno, 2005).

También se darán efectos negativos para la salud por infecciones exóticas propias de zonas más cálidas y por el agravamiento de otras enfermedades infecciosas. Además, el aumento de la frecuencia y la gravedad de las olas de calor provocarán mayores muertes y problemas de salud.

Los impactos negativos del cambio climático en España superan en mucho a los impactos positivos. En Moreno (2005) se puede encontrar una evaluación amplia de los impactos del cambio climático en España (Cuadro 3).

### 2.3. El análisis económico de los impactos del cambio climático y las políticas de mitigación: limitaciones y controversias

#### 2.3.1. Los modelos clima-economía y sus recomendaciones de política

Se han elaborado diversos modelos de análisis integrado para incorporar las interrelaciones entre el clima y la economía. Estos modelos realizan estimaciones de los impactos económicos causados por el cambio climático global y por las políticas de reducción de emisiones.

Cuadro 3: Principales Impactos del Cambio Climático sobre la Naturaleza y los Humanos en España

- 
- Menor disponibilidad de recursos hídricos, mayor variabilidad interanual y mayores sequías.
  - Aumento del nivel medio del mar (entre 10 y 68 cm.).
  - Riesgos de erosión e inundación de zonas costeras.
  - Reducción de la productividad agrícola.
  - Mayor frecuencia y gravedad de los incendios forestales.
  - Alteraciones en ecosistemas marinos y terrestres y pérdida de hábitats.
  - Reducción de recursos pesqueros.
  - Pérdida de infraestructuras por la elevación del nivel del mar y las inundaciones.
  - Aumento del consumo energético.
  - Mayores problemas de salud por enfermedades infecciosas y olas de calor.
  - Impactos negativos y alteraciones en el sector turístico.
- 

Los resultados, en general, muestran que en los países ricos un calentamiento pequeño no tendría un impacto económico importante, mientras que las pérdidas aumentarían con mayores niveles de calentamiento. En todo caso, afectaría sobre todo a la agricultura, que en estos países tiene un peso relativo pequeño. En cambio, en los países pobres la importancia de las actividades que podrían verse afectadas por el cambio climático, en especial la producción de alimentos, es mucho mayor. Cualquier nivel de calentamiento provocará pérdidas en la mayoría de países pobres, siendo éstas mayores cuanto mayor sea el calentamiento.

En el global, los modelos calculan que el PIB mundial cambiaría poco con aumentos pequeños de temperatura (por debajo de un 1%), mientras que mayores aumentos de temperatura dispararían las pérdidas netas (IPCC 2001b). Los impactos serían mucho mayores en los países pobres, debido en parte a su menor capacidad de adaptación y a su mayor vulnerabilidad, lo que aumentaría la desigualdad entre países ricos y pobres. En algunos casos, el impacto local podría ser catastrófico. Para cualquier nivel de calentamiento, los seres humanos perjudicados serían muchos más que los beneficia-



dos. No obstante, la diferente gravedad del impacto en las distintas áreas conlleva serios problemas en la búsqueda de soluciones, ya que acentúa los incentivos de los países a comportarse de forma ventajista: los países que se ven menos afectados —por su situación geográfica, su mayor capacidad de adaptación y su menor vulnerabilidad— en buena parte son también los mayores responsables y tienen pocos incentivos a participar en unos acuerdos de reducción que implicarían sacrificios.

Hay que destacar que la posibilidad de eventos extremos, señalada por el IPCC (2001b), que podrían tener efectos catastróficos, ha sido ignorada o se le ha asignado una probabilidad arbitrariamente baja en la mayoría de los cálculos de los modelos integrados clima-economía. Si bien con la información disponible cuando se elaboraron los modelos no era posible conocer esta probabilidad, eliminar estos riesgos del análisis e ignorarlos no parece la mejor forma de orientar la toma de decisiones. Las mejoras conseguidas en el conocimiento científico deberían permitir que, a partir de ahora, estos riesgos se tengan en cuenta asignando probabilidades. Stern (2006) señala el hecho de que ahora se esperan mayores impactos monetarios del cambio climático de lo que sugerían los estudios previos, en buena parte debido a que excluían algunos de los impactos más inciertos pero potencialmente más dañinos. Esto, más otras diferencias de criterio, como la elección del tipo de descuento<sup>23</sup> utilizado, lleva a Stern (2006) a dar una visión radicalmente distinta sobre la magnitud de los costes del cambio climático a la de la mayoría de modelos económicos aplicados. Según Stern el impacto negativo del cambio climático sobre la economía equivaldría a la pérdida de al menos un 5% de PIB global anual ahora y para siempre (en el cálculo se transforman los impactos que tienen lugar a lo largo del tiempo en un flujo anual equivalente); mientras que, si también se tienen en

cuenta una mayor diversidad de riesgos e impactos —impactos sobre la salud, la evidencia científica reciente que indica una mayor sensibilidad del clima a las emisiones de gases de efecto invernadero y una ponderación de los daños en función de la renta—, los costes del cambio climático en un escenario sin actuación equivaldrían a un 20% del PIB anual global ahora y para siempre.

De acuerdo con la mayoría de cálculos económicos convencionales, sería necesario sacrificar un 2% del PIB anual global para conseguir un efecto significativo en el control de emisiones (la estimación central de Stern (2006), con información más actual, es de un 1%). Como afirmaba Schelling (1992) hace ya 15 años, esto únicamente significa “posponer el PIB de 2050 a 2051”, lo que podría ser considerado un impacto trivial. El IPCC (2001c) estima que el coste total de estabilizar las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> en 450, 550 y 650 ppmv estaría en el rango de 2,5–18, 1–8 y 0,5–2 billones de dólares de 1990, respectivamente (descontados a 1990 al 5%). Muchos economistas han utilizado estas cifras para argumentar que el control de emisiones podría hacer peligrar el crecimiento económico. Sin embargo, dado que la mayoría de modelos asumen un aumento global de ingreso absoluto de un 2–3% por año (con un crecimiento mayor en los países pobres), esto significa que “el coste de un ‘seguro climático’ representa ‘sólo’ un par de años de retraso en conseguir un impresionante crecimiento en los niveles de ingreso *per capita*” (Azar y Schneider, 2002), aunque este coste representara el 5% del ingreso global por año. Por tanto, incluso para los modelos más pesimistas respecto a los costes de estabilización, la estabilización de las concentraciones atmosféricas a niveles que eviten los peores impactos del cambio climático y un gran aumento en el ingreso global son plenamente compatibles. Además, “la diferencia en las tasas de crecimiento promedio entre un caso con un uso no restringido de com-

<sup>23</sup> Factor que se utiliza en la evaluación de costes y beneficios para tener en cuenta el hecho de que un impacto se produzca en el futuro y no en el presente, otorgándole un peso menor cuanto más tarde se produzca; ver apartado 2.3.2.

bustibles fósiles y un caso con fuertes restricciones en el uso de combustibles fósiles sería posiblemente menos de una décima parte de un uno por ciento por año a lo largo de este siglo” (Azar y Schneider, 2002).

Sin embargo, en general, los modelos económicos convencionales aplicados al cambio climático sugieren que no es rentable llevar a cabo acciones enérgicas para mitigar el cambio climático, o que estas acciones deberían ser muy limitadas (por ejemplo, Manne y Richels, 1992, 1999; Nordhaus 1993, 1994; Peck y Teisberg, 1992, 1994, 1999; Manne, *et al.*, 1995; Nordhaus y Yang, 1996; Chakravorty *et al.*, 1997; Nordhaus y Boyer, 1999; Hamaide y Boland, 2000). Según estos modelos los impactos económicos del cambio climático no justificarían los costes que supondría una política decidida de control de emisiones. Este resultado ha influido en —o, en cualquier caso, se han utilizado como legitimación de— la política seguida frente al cambio climático por algunos países, como es el caso de Estados Unidos. No obstante, la validez de tal recomendación de política se enfrenta a las limitaciones, juicios de valor y sesgos en algunos supuestos críticos que incorporan esos modelos. Además, la evidencia científica más reciente es más pesimista sobre el calentamiento y los impactos climáticos que la información que incorporan. Sin tener en cuenta el resto de limitaciones, la actualización de estos modelos conduciría a la recomendación de políticas, si bien moderadas, algo más decididas, como muestran los resultados de la reelaboración de Nordhaus (2006) de su modelo, cuya nueva política “óptima” de reducción de emisiones sería el 14% en 2050 y el 25% en 2100; aunque aún estaría muy por debajo de las reducciones que defienden como necesarias los ambientalistas.

En contraste con los resultados de la mayoría de modelos basados en el coste-beneficio convencional, se sitúa la recién aparecida revisión de la economía del cambio climáti-

co de Stern (2006). El informe de Stern plantea como “óptimas”, desde el punto de vista económico, actuaciones decididas y radicales de reducción de emisiones, para evitar efectos importantes en el futuro —como mínimo un 25% por debajo de los niveles actuales en el 2050 y un 80% en el más largo plazo, para permitir la estabilización de los gases de efecto invernadero entre 450 y 550 ppm de CO<sub>2</sub> equivalente<sup>24</sup>—. Modelos anteriores, como el de Cline (1992), también planteaban políticas más decididas de lo que la mayoría de análisis económicos convencionales recomendaban. La revisión de Stern incorpora la evidencia científica reciente y realiza algunos supuestos y juicios de valor diferentes a los análisis económicos convencionales en cuestiones determinantes para el resultado de la evaluación, como por ejemplo en la elección de la tasa de descuento<sup>25</sup> (ver apartado 2.3.2). Estas diferencias llevan a que para Stern, no sólo invertir en políticas decididas frente al cambio climático no perjudica al crecimiento, sino que ésta sería “la estrategia pro-crecimiento para el largo plazo” (p. viii).

A continuación se comentan algunos de los puntos más controvertidos del análisis económico del cambio climático, lo que ayuda a comprender las divergencias entre diferentes estudios y a entender cuáles son las limitaciones del análisis económico convencional para dar una orientación clara a la toma de decisiones sobre políticas de mitigación.

### 2.3.2. El descuento y las generaciones futuras

El análisis económico convencional descuenta (o actualiza) los flujos que ocurren en el futuro. Es decir, les da menor peso a los flujos futuros que a los impactos inmediatos. La aplicación habitual del descuento devalúa y prácticamente elimina del análisis los impactos que ocurren en el futuro distante, de forma que, para los modelos económicos,

<sup>24</sup> Ver Nota al pie 8.

<sup>25</sup> Tasa con la que se tiene en cuenta que un impacto se produce en el futuro otorgándole menor peso que a un impacto que ocurre en el presente. Conforme mayor sea la tasa de descuento, menor peso tendrán en la evaluación los impactos que se producen en el futuro. La tasa responde a las preferencias entre consumo presente y futuro y/o al rendimiento del capital, pero no tiene en cuenta las preferencias entre consumo propio y de las generaciones futuras. Mediante el descuento (o actualización) se expresan los impactos

que tienen lugar en distintos momentos del tiempo en valor presente, asignándoles menor peso conforme más distantes son, siendo exponencial respecto al tiempo el decrecimiento de la importancia que se da a un impacto (lo que hace prácticamente nula la importancia de los que ocurren en el futuro lejano). No existe acuerdo sobre el método más adecuado para determinar la tasa de descuento a aplicar en la evaluación de políticas y proyectos. Por consiguiente, la elección de la tasa de descuento tiene una gran influencia en el resultado de la evaluación de los impactos del cambio climático y las políticas de mitigación.

el mantenimiento de las condiciones necesarias para la vida en el futuro lejano tiene un valor presente insignificante. Parte de la controversia sobre los modelos aplicados al cambio climático se ha dado en torno a la elección de la tasa de descuento. Broome (1992), Cline (1992), Nordhaus (1994) y Fankhauser (1994) coinciden sobre la importancia de esta elección para el nivel de mitigación recomendado. Una muestra de esta controversia es la crítica de Nordhaus (2006) a la elección por parte de Stern (2006) de una tasa de descuento, a su modo de ver, excesivamente baja, lo que según Nordhaus explica la visión “radical” de la revisión de Stern: “si la sustituyéramos por tasas de descuento más convencionales utilizadas en otros análisis de cambio climático [...] los resultados dramáticos de la Revisión desaparecerían” (Nordhaus, 2006; p. 6). No obstante, el uso convencional de la tasa de descuento está sujeto a numerosas críticas que merecen un comentario, dado su papel crucial para determinar las políticas “óptimas” de los modelos.

Habitualmente la tasa de descuento se justifica por la impaciencia y la creencia de que en el futuro los individuos serán más ricos, y por tanto valorarán menos un euro de lo que se valora en el presente; lo que se conoce como el argumento de la utilidad marginal decreciente. Sin embargo, descontar el consumo de individuos futuros con una tasa que muestra la impaciencia de los individuos presentes por su consumo, supone confundir la preferencia por impaciencia en el consumo propio con la preferencia entre que un consumo lo realice una u otra generación.

Respecto a la aplicación práctica del argumento de la utilidad marginal decreciente del consumo, aplicar un descuento porque se cree en la prosperidad del futuro, podría comprometer esta prosperidad, debido a la infravaloración que se haga de los impactos futuros del cambio climático. Además, si se aplica el descuento a los individuos futuros

debido a la creencia de que serán más ricos, este razonamiento justificaría ponderar los impactos de los individuos presentes de acuerdo con su riqueza, lo que raramente se hace (Azar y Sterner, 1996). Los países con mayor responsabilidad en la generación del problema son los países ricos, mientras que los que con toda probabilidad padecerán, y ya están padeciendo, más severamente sus consecuencias son los países pobres. Cabe poner en duda que los pobres del futuro estén en mejores condiciones que los ricos del presente, lo que debilitaría el argumento de descontar el futuro por su supuesta menor utilidad marginal del consumo, más aún si se permite que el cambio climático tenga efectos devastadores sobre su sistema ecológico y socioeconómico. La mitigación del cambio climático implicaría que el nivel de vida de los países pobres no se deteriore. De acuerdo con su mayor utilidad marginal, se debería aplicar a los impactos que recaen sobre los pobres un mayor peso del que se les da en el análisis coste-beneficio convencional. El análisis coste-beneficio social se basa en ponderar de acuerdo con la riqueza individual (véase Squire y van der Tak, 1975), algo que no se suele hacer en los análisis convencionales. El reciente trabajo de Stern (2006) muestra que aplicar esta ponderación, siguiendo el criterio del análisis coste-beneficio social, lleva a una mayor valoración de los daños del cambio climático — un 20% del PIB global anual ahora y para siempre— y a una recomendación de mayor control de emisiones.

### 2.3.3. El criterio de compensación y las generaciones futuras

El análisis coste-beneficio convencional se basa en el criterio de compensación de Kaldor (1939) y Hicks (1939), según el cual se considera que las ganancias de unos compensan las pérdidas de otros. Si el valor presente de los benefi-

cios es mayor que el de los costes, entonces se asume que, en teoría, los que ganan podrían compensar a los que pierden, mejorando todos respecto a su situación inicial. Si se pagara la compensación, todos estarían mejor. No obstante, el criterio sólo requiere que el cálculo monetario de los beneficios sea mayor que el de los costes, siendo irrelevante para el resultado del análisis que esta compensación se dé o no.

En proyectos ordinarios, el análisis coste-beneficio sin compensación se puede justificar si se asume que la utilidad marginal de un euro de costes tiene el mismo valor social que un euro de beneficios (Lind, 1997). Otra justificación es que, si hay múltiples proyectos pequeños, en general todos ganan con la aplicación del criterio. Pero, como afirma Lind, la validez ética del primer argumento depende de que se juzgue correcta la distribución inicial. En el cambio climático, la desigual distribución —tanto de los impactos como de la renta— entre los que ganan y los que pierden con el mismo, invalidaría esta justificación; mientras que la magnitud de los impactos que se están considerando invalidaría la segunda argumentación. Por tanto, el análisis coste-beneficio sin compensación se encuentra con serios problemas de legitimación en el análisis del cambio climático.

Por otro lado, asumir que hacer daño se puede compensar haciendo alguna cosa buena, o que hacer algo beneficioso a alguien nos da derecho a hacer daño conscientemente a otra gente, supone hacer un controvertido juicio de valor (Sen, 1982; Spash, 1994; Azar, 2000). En decisiones que afecten derechos elementales, como podría considerarse el mantenimiento de las condiciones básicas para la vida de las generaciones futuras, quizás no debería ser aceptable el criterio de compensación.

Es cuestionable que todos los impactos puedan traducirse en valores monetarios; el análisis coste-beneficio o los traduce en valores monetarios o los ignora. El criterio de

compensación del análisis coste-beneficio convencional implica poner un precio a las vidas humanas, lo que, en sí mismo, implica el supuesto de que el método para determinar su valor es correcto y que el dinero en los países ricos se puede comparar con las vidas en los países pobres (Azar, 2000). Esto, de nuevo, implica un juicio de valor determinante. De hecho, una de las cuestiones que hace unos años generó más controversia en el debate en torno al cambio climático fue la asignación por parte del IPCC (Pearce *et al.*, 1996) de un valor monetario a una muerte en un país rico 15 veces mayor que a una muerte en un país pobre (valores basados en las estimaciones de Fankhauser, 1995 y Tol, 1995). Además, las valoraciones se suelen sesgar por la elección de medidas de disposición al pago en casos en que la medida apropiada sería la disposición a aceptar, cuando la evidencia empírica muestra que la segunda medida da valores muy superiores.

Desde la perspectiva convencional, Hamaide y Boland (2000) intentan “superar” la limitación del criterio de compensación (potencial) estudiando soluciones donde “todos ganen” gracias a una compensación efectiva. Su solución sugiere que los países pobres, que serían los más beneficiados por las políticas de mitigación, deberían pagar una compensación económica a China y a los Estados Unidos para que controlaran sus emisiones. A pesar de que el análisis convencional suele hablar de neutralidad de valores, incorpora fuertes juicios de valor que son éticamente cuestionables —¿cómo justificar desde un punto de vista ético que los países pobres tengan que subsidiar el control de emisiones de los Estados Unidos?—.

La compensación potencial implícita en los análisis coste-beneficio consiste en la posibilidad de pago por parte de aquéllos que se verán afectados en el futuro para que, en el presente, los causantes del problema incurran en los “cos-

tes" de reducir sus emisiones. Si se requiriera compensación efectiva, ésta implicaría el pago de una compensación por parte de las generaciones futuras para evitar que las generaciones presentes destruyan las condiciones necesarias para la vida en el futuro. Además, esta compensación se daría desde los países pobres a los países ricos. Una compensación intergeneracional como ésta sería difícil de establecer, pero la cuestión fundamental es que resulta de asumir como legítima una distribución de derechos muy injusta. Es difícilmente justificable bajo conceptos de ética o justicia que los pobres deban sufrir las cargas ecológicas que implican el mayor desarrollo de los países ricos.

El análisis coste-beneficio convencional asume que existe el derecho a contaminar, sin obligación de compensar a quien sufre las consecuencias de este comportamiento. No obstante, considerar que la misma posibilidad de existencia de las generaciones futuras dependa de las preferencias de los individuos presentes que puedan expresarse en mercados, parece éticamente cuestionable. Existen fuertes argumentos para cuestionar la validez ética de la distribución de derechos que implica el análisis convencional —según la cual la Tierra y todos sus recursos pertenecen al presente y tiene el derecho a destruirlos—, así como de la aplicación del criterio de compensación en el análisis del cambio climático.

#### 2.3.4. Otros supuestos y juicios de valor controvertidos de los modelos clima-economía

Algunos de los modelos clima-economía más conocidos han tendido, además, a asumir otros supuestos que afectan críticamente a sus resultados y que han tendido a infravalorar los costes y sobrevalorar las ganancias económicas del cambio climático, llevando a la recomendación de un control de emisiones moderado, al menos en el corto plazo (en

Padilla (2004) puede encontrarse una revisión de estos problemas). Entre éstos, destacan: ignorar los beneficios secundarios del control que implica una menor contaminación (menores emisiones de monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), etc.) ; tratar de forma inadecuada la incertidumbre, asignando probabilidades arbitrariamente bajas a los efectos catastróficos (o excluyéndolos en el análisis); infravalorar los efectos económicos beneficiosos del control de emisiones, como la reducción de distorsiones fiscales al sustituir impuestos distorsionantes por impuestos ambientales o el desarrollo de nuevos sectores asociados a las tecnologías de mitigación. En general, se ha tendido a asumir supuestos optimistas respecto a los impactos del cambio climático y pesimistas respecto al esfuerzo que supone la mitigación. También es común el supuesto de que, incluso si no hubiera controles, se produciría un pico en las emisiones de gases de efecto invernadero, tras el cual las emisiones disminuirían. Esto se basa en la hipótesis de la llamada curva de Kuznets ambiental, según la cual el mismo crecimiento económico sería el causante de los cambios necesarios para la desaparición del problema ambiental. Pero la evidencia empírica para los gases de efecto invernadero, y en especial para el CO<sub>2</sub>, tiende a refutar esta hipótesis (véase por ejemplo Roca *et al.*, (2001)).

Además, los escenarios de emisiones futuras del IPCC (2000) son más pesimistas de lo que muestran la mayoría de los citados modelos económicos. Por último, los impactos asociados con los márgenes superiores de calentamiento estimados por el IPCC (2001b) están aún insuficientemente explorados por estos modelos. Esto puede sugerir que los impactos de cambio climático y la reducción de emisiones "óptima" podrían haber sido subestimados. Cabe comentar que, como recoge la reciente revisión de Stern (2006), la evidencia posterior a la realización del último informe del IPCC

tiende a ser aún más pesimista sobre los impactos negativos del cambio climático. Esto lo confirmará el Cuarto Informe del IPCC, que verá la luz en 2007.

### 2.3.5. El desarrollo sostenible y los derechos de las generaciones futuras en el análisis del cambio climático

La definición más conocida de desarrollo sostenible lo caracteriza como “[...] el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades.” (World Commission on Environment and Development, WCED, 1987). Para cumplir con esta definición se debería imponer al desarrollo actual la restricción de que no se usen los recursos de manera que se perjudique las oportunidades del futuro y los análisis de las políticas climáticas deberían introducir este requisito. Esto implicaría asumir como legítima una distribución de derechos diferente a la del análisis económico convencional. La consideración de la obligación de respetar los derechos de las generaciones futuras implicaría un análisis de las políticas de mitigación que incorpore restricciones en los impactos del cambio climático.

En concreto, las obligaciones del presente deberían llevar a la “estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que evite interferencias antropogénicas peligrosas con el sistema climático”, objetivo último de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, CMNUCC (Artículo 2. Objetivo). Si no se actúa a tiempo puede exponerse la Tierra a presiones climáticas sin precedentes que perjudiquen gravemente la capacidad ecológica y económica legada al futuro. Por otro lado, el respeto a los derechos del futuro debe hacerse de la forma que implique un menor sacrificio al pre-

sente. Incluso Nordhaus (1997), autor del más conocido modelo clima-economía de optimización económica, ve una clara oposición entre la eficiencia económica —tal y como la entiende el análisis coste-beneficio convencional— y el desarrollo sostenible y sugiere el establecimiento previo de objetivos fijos para los niveles permisibles de cambio climático, y por tanto las concentraciones o emisiones.

Los modelos de optimización basados en el coste-beneficio nos ofrecen una información de gran valor, analizando el posible impacto en la economía de las diferentes alternativas de política. No obstante, es necesario que quede claro en qué juicios de valor se basan, cuáles son las elecciones críticas de los modelos sobre cuestiones sujetas a controversia y cuáles son sus limitaciones respecto a la información que incorporan y el trato que hacen de la incertidumbre existente, ya que todas estas cuestiones influyen determinantemente en sus resultados. En cualquier caso, los resultados de estos modelos económicos no evitan el debate sobre qué impactos o riesgos sobre las generaciones futuras se consideran tolerables, lo que dependerá de las diferentes visiones y juicios de valor sobre justicia intergeneracional.

### 2.3.6. La mitigación del cambio climático

El informe del IPCC (2001c) señala con detalle las diferentes alternativas posibles en cuanto a las políticas de mitigación. La revisión de la economía del cambio climático de Stern (2006) destaca tres elementos fundamentales para controlar las emisiones de gases de efecto invernadero de una forma eficiente —es decir, que suponga un menor sacrificio al presente—. En primer lugar, poner un precio al carbono mediante impuestos, comercio o regulación. En segundo lugar, fomentar la política tecnológica, apoyando la innovación y el despliegue de las tecnologías bajas en carbono. En



tercer lugar, eliminar las barreras al cambio tecnológico para la adopción de tecnologías limpias, favoreciendo la eficiencia energética e informando sobre las posibilidades de actuación frente al cambio climático.

El cambio climático es un problema global y sólo se puede dar una solución efectiva al mismo si la respuesta es internacional. Los nuevos acuerdos contra el cambio climático se deberían construir sobre los marcos ya existentes, como la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto (que acordaba una reducción del 5,2% de las emisiones de gases de efecto invernadero en los países desarrollados para el periodo 2008-2012 en relación a las emisiones de 1990), pero deberían ir mucho más lejos en sus compromisos de reducción que los acuerdos actuales. Como concluye el informe Stern (2006), debe existir una visión compartida de los objetivos y debe

haber acuerdo sobre los marcos de actuación. Algunas de las medidas fundamentales que, según el informe, deberían incluir esos marcos, son: el comercio de emisiones, la cooperación tecnológica entre países, las medidas para reducir la deforestación, así como medidas de adaptación para paliar los efectos del cambio climático. Las medidas de adaptación son especialmente urgentes en los países pobres, los más vulnerables al cambio climático, si se quiere reducir la gravedad de los impactos negativos.

Posiblemente aún estemos a tiempo de evitar los peores riesgos del cambio climático, que según los últimos estudios podrían ser catastróficos. Si bien los esfuerzos económicos para conseguirlo no son pequeños, éstos podrían suponer un coste razonable para “asegurarnos” contra sus peores efectos y evitar así los riesgos de impactos catastróficos sobre las generaciones futuras.