

Capítulo I

CAMBIO CLIMÁTICO: DEBATE CIENTÍFICO, PERCEPCIÓN SOCIAL Y ADAPTACIÓN

I. TESIS INTERPRETATIVAS

1. Algo más que un tema de actualidad

El cambio climático supone una alteración anómala de las características del clima asociada a la actividad humana. La medición del cambio climático, el análisis de sus impactos y las medidas correctoras están generando una ingente cantidad de investigaciones en múltiples países del mundo. Tras la controversia sobre la significación del cambio observado y sus causas, la comunidad científica está convergiendo con bastante nitidez hacia la constatación de que se trata de un fenómeno no natural, con consecuencias que pueden ser potencialmente muy graves para la habitabilidad del planeta.

Mientras siguen avanzando los estudios que evalúan esos impactos, su magnitud y su ritmo temporal, se evidencia la importancia de tomar medidas exigentes que permitan cambiar las tendencias.

Las tasas de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) siguen manteniendo una trayectoria ascendente, pese a los esfuerzos de algunos países desarrollados, al estar muy vinculados al crecimiento económico que se experimenta en los países emergentes. La economía mundial se mueve con una energía que acentúa el calentamiento terrestre. Mientras se siga utilizando, los impactos serán cada vez más evidentes, hasta que tal vez sean irreversibles y catastróficos. Como es lógico, la responsabilidad principal de la emisión de los GEI no es de los países emergentes, sino de los que ya disfrutamos de un alto nivel de vida. Pero es preciso establecer políticas globales y rápidas para que los impactos más negativos del cambio climático se eviten o al menos se mitiguen, puesto que serán precisamente los países más desfavorecidos los que más sufrirán esos problemas.

El cambio climático plantea retos de gran trascendencia para la humanidad, como numerosos informes científicos indican. Durante bastante tiempo la preocupación por este tema quedó circunscrita al ámbito científico y al de las organizaciones ecologistas. En los últimos años, y particularmente desde la concesión del Premio Nobel de la Paz al Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) de la ONU y a Al Gore, ha aumentado de manera significativa su presencia en los medios de comunicación y se ha avivado el debate social en torno a este tema, que hoy forma parte ya de la agenda económica y política.

2. A un reto global, medidas globales

Si la causa principal del calentamiento anómalo del planeta se debe a las emisiones de GEI, la solución última pasa por reducirlos a niveles similares a los observados antes de la revolución industrial. La tarea es ingente, pues la economía mundial se basa en buena medida en modos de producción y consumo muy estrechamente ligados a estas emisiones. Como se trata de un problema global y con efectos a largo plazo, las medidas tienen que ser también globales y sostenidas en el tiempo. Resumiendo mucho, la reducción de la concentración de GEI en la atmósfera, principal causa del problema, puede abordarse a partir de varios frentes de actuación:

- ❑ Reducción del consumo de energía y materias primas, aumentando la eficiencia energética y disminuyendo la producción de bienes superfluos. Se trataría de emitir menos, porque se produce menos o se consigue producir lo mismo con menor consumo de energía. Esto se asocia con el ahorro energético y de materias primas y con la mejora del rendimiento de los procesos de producción, pero también con un cambio de los modos de vida y de consumo que suponen un derroche de los recursos terrestres. Hay que distinguir entre lo superfluo y lo necesario, reservar la energía disponible para promover el desarrollo de los grupos sociales más débiles, en lugar de seguir fomentando crecimientos desequilibrados.
- ❑ Disminución de las emisiones utilizando tecnologías más limpias de producción y fuentes de energía con menores tasas de emisión. La estrategia sería emitir menos porque se produce con fuentes que suponen una menor emisión. Aquí se sitúan, en primer lugar, las estrategias que apuntan al mayor uso de las energías con bajo nivel de emisiones, principalmente solar, eólica, biomasa e hidráulica. También abre el debate a una mayor utilización de la energía nuclear, con una muy baja tasa de emisión, que puede ser un peaje necesario hasta conseguir otros desarrollos tecnológicos, para lograr sustituir más rápidamente la combustión de fuentes fósiles. Al mismo tiempo, habría que promover procesos industriales menos contaminantes, por ejemplo, con reciclado de ciertos compuestos emitidos.
- ❑ Aumento de la extracción de GEI de la atmósfera, reforzando sumideros naturales (vegetación) o mediante tecnologías de almacenamiento estable. En este caso, el objetivo principal sería eliminar GEI ya presentes en la atmósfera, estimulando las fuentes naturales que permitan capturarlo (por ejemplo, mediante la reforestación), o empleando tecnologías que permitan almacenar algunos de estos gases en lugares razonablemente estables, convirtiéndolos en estratos geológicos seguros.

□ Mejora de la preparación frente a los impactos negativos del cambio climático, impulsando medidas de mitigación del riesgo en aquellos lugares especialmente vulnerables. En este caso, se asumiría que algunos de los impactos ya son inevitables y que sería más conveniente paliar esos efectos negativos, por ejemplo, mediante medidas de defensa de la línea de costa, construyendo embalses en lugares que se abastecen únicamente de los aportes nivales o mejorando técnicas agrícolas para evitar una mayor degradación de los suelos.

En cuál de estos cuatro grandes grupos de actuación se ponga el acento dependerá de la posición ideológica de cada uno. Las opciones sociales y políticas están en relación con la percepción del problema y las medidas que se consideran prioritarias. La ciencia ofrece un diagnóstico del problema, de la gravedad de sus potenciales efectos. Es la sociedad la que debe responder a ese reto con las medidas que estime más oportunas, en función de su escala de valores, así como de los medios económicos y técnicos a su alcance.

La percepción social del problema es cada vez más nítida, aunque también es patente la desinformación que existe sobre causas, efectos y medidas correctoras. Respecto a estas últimas, las que limitan de alguna manera nuestro modo de vida provocan mayor rechazo social, ya que resulta más fácil mostrar preocupación ambiental que tomar medidas para corregir los problemas. La rapidez y el carácter de la respuesta al problema del cambio climático estarán asimismo muy condicionados por la percepción del mismo, lo que también traslada la responsabilidad de las actuaciones a la sociedad civil, a los medios de comunicación y a los representantes políticos.

No tenemos mucho tiempo para comenzar a tomar medidas que cambien las tendencias. Está en juego nuestro futuro como habitantes de este planeta.

II. RED DE LOS FENÓMENOS

La existencia de una alteración climática debida fundamentalmente a causas humanas se ha estado debatiendo en la sociedad occidental a lo largo de los últimos treinta años, si bien es en la última década, y singularmente en el último año, cuando ha saltado con más fuerza a los medios de comunicación. La concesión del premio Príncipe de Asturias y del Nobel de la Paz a Al Gore (en este último caso, compartido con el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, IPCC) por sus actividades en este ámbito ha reforzado aún más el desarrollo mediático de esta cuestión. Se ha convertido en tema de debate entre los líderes sociales y el público en general, adquiriendo tintes políticos que frecuentemente llevan consigo actitudes a veces agrias y poco acordes con un problema que sería más propio debatir en el ámbito científico.

Sin duda, la repercusión mediática de este problema ambiental se justifica por la amplitud de los impactos que se prevén, así como por el alcance de las medidas para paliar o reducir su extensión, que seguramente afectarán a nuestra actual estructura económica. Más en el fondo está la polémica sobre la correcta relación del ser humano con la naturaleza, el uso que hace de los recursos y el impacto a medio y largo plazo que esa utilización tiene para la habitabilidad del planeta.

En este capítulo se pretende mostrar algunas claves para entender mejor el marco del cambio climático: sus bases científicas, sus previsibles impactos y medidas de adaptación, el debate que genera en la opinión pública y la percepción del problema que tienen los ciudadanos de a pie. Si bien se ofrecerá un análisis del marco general, esos aspectos serán tratados con más detalle en lo que afecta a nuestro país, en donde el debate se ha hecho más protagonista últimamente.

1. El debate científico sobre el cambio climático

La discusión sobre la existencia o no, en un primer momento, y, más recientemente, sobre la magnitud de los impactos del cambio climático y la forma de mitigarlos ha crecido exponencialmente en la última década. Baste indicar, aunque la referencia pueda resultar poco rigurosa, que en los primeros meses de 2008 estaban indexadas 2.100.000 páginas en internet que incluyen este término sólo en lengua española (en lengua inglesa, *climate change*, había 23.700.000). Estas cifras permiten dimensionar el interés público que tiene este fenómeno. Pese a esta vasta literatura, todavía se observan notables carencias en el conocimiento del mismo por parte no sólo del público general, sino también de personas con formación univer-

sitaria, que citan con frecuencia tópicos más o menos imprecisos, cuando no manifiestamente inexactos.

Para muchos científicos, gestores y políticos, el cambio climático es uno de los retos globales más críticos de nuestro tiempo, mientras que para los escépticos sigue siendo una exageración o una teoría poco avalada por datos científicos objetivos. El consenso científico sobre este tema no está cerrado, si bien puede calificarse como de tendente hacia la convergencia, ya que cada vez son mayores las evidencias sobre la alteración inusual del clima terrestre y sobre las causas que están detrás de la misma. Al ciudadano común le llegan únicamente datos más o menos filtrados, sin que le queden todavía excesivamente claras las raíces del problema y, sobre todo, las consecuencias prácticas del mismo, así como las medidas que habría que tomar para reducir significativamente esos previsibles impactos negativos. Si se añade una creciente politización partidista del asunto, hasta el punto de que figura entre los temas destacados de algunos programas electorales, se evidencia el interés de analizar el asunto con mayor detalle, revisando el marco científico del problema, las implicaciones previsibles que tiene y las medidas más razonables para mitigarlo.

1.1 Concepto de clima y cambios históricos

Los conceptos de “clima” y “tiempo” se manejan cotidianamente casi como intercambiables. Sin embargo, los expertos los utilizan referidos a dos acepciones bastantes distintas. El “tiempo” indica las condiciones instantáneas de la atmósfera, cambiantes permanentemente (decimos que “hoy es lluvioso o hace frío”, por ejemplo), mientras el “clima” se relaciona con las condiciones atmosféricas promedio de un determinado lugar a lo largo de un período suficientemente largo (afirmamos que “el clima mediterráneo es seco en verano”, por ejemplo). El clima no cambia día a día, el tiempo sí.

Un verano más caluroso o más lluvioso de lo normal no cambia el clima de un territorio, puesto que su efecto es relativamente despreciable si consideramos un período largo. Que el verano de un determinado año en el sureste del país sea fresco no quiere decir que el clima haya cambiado, sino que ese año se han dado circunstancias anómalas. Ahora bien, si el número de veranos más calurosos o frescos de lo habitual se incrementara consistentemente en un período largo (25 ó 30 años es la referencia habitual), o si tendieran a ser más diversos entre sí, entonces sí se podría hablar de un cambio en las condiciones climáticas. En el ejemplo anterior, si un verano es más fresco de lo normal, no se puede afirmar que el clima estival sea más frío, pero si tuviéramos 15 ó 20 veranos más frescos de lo habitual en una serie de 30 años, sí se podría decir que hay un cambio,

puesto que lo que estaría cambiando pasaría precisamente a ser “lo habitual”.

En este sentido, el cambio climático podría definirse como “la variación estadísticamente significativa, ya sea de las condiciones climáticas medias o de su variabilidad, que se mantiene durante un período prolongado (generalmente durante decenios o por más tiempo)”¹.

Puesto que el clima se refiere a series largas de datos, para poder afirmar que hay cambio climático habría que demostrar que lo medido en una serie actual suficientemente larga es distinto a lo que se midió en un período precedente igualmente prolongado. Si además se intenta demostrar que ese cambio climático está principalmente ligado a la acción humana, es preciso comparar los datos actuales con los de épocas anteriores en las que esa acción era inexistente o mucho menos marcada.

En resumen, una base imprescindible de los estudios de cambio climático es disponer de datos históricos sobre las tendencias del clima, en un registro lo más preciso posible como para afirmar que lo actualmente observado es significativamente distinto a lo medido en otras épocas que se consideren de referencia. Ya que la obtención de datos está muy ligada a la tecnología, actualmente estamos en condiciones de medir variables atmosféricas de modo mucho más preciso a como se hacía sólo hace unas décadas, lo que plantea problemas sobre si las series de datos que se están utilizando son realmente consistentes en el tiempo. El registro de temperaturas, por ejemplo, se inició con carácter sistemático a mediados del siglo XIX en algunos países, si bien aún dista bastante de ser universal. Al menos, desde ese período hasta nuestros días se puede afirmar con cierta garantía que los datos son consistentes. Ahora bien, puesto que el clima se refiere a períodos muy largos de tiempo, esos cambios recientes (últimos 150 años) tal vez no representen bien las tendencias, al faltar perspectiva temporal. Por tanto, es preciso remontarse a épocas pretéritas para asegurar si el cambio observado es anómalo o entraría en los ciclos naturales de variación climática.

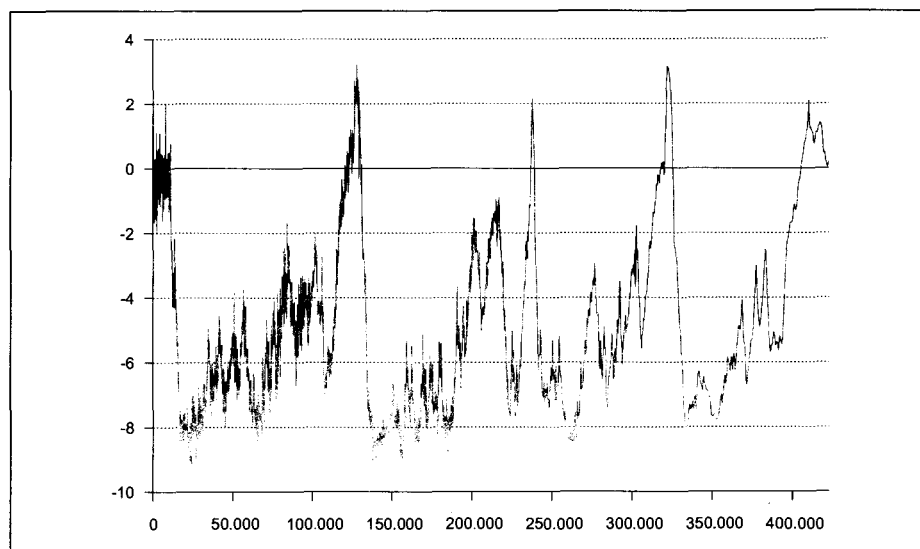
Cuando se intenta estimar las condiciones atmosféricas de hace miles, cientos de miles o incluso millones de años, las incertidumbres van agigantándose con la prolongación de la cronosecuencia, si bien la comparación entre distintas técnicas de estimación las puede reducir considerablemente. Para los análisis de varios cientos a pocos miles de años, la técnica más utilizada es la dendrocronología, que estima la temperatura y precipitación de un lugar a partir de la secuencia de los anillos de creci-

¹ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2004): *16 Years of Scientific Assessment in Support of the Climate Convention*. Geneva: IPCC Secretariat-World Meteorological Organization, 4.

miento de los árboles que crecieron o crecen en ese lugar. Los árboles tienen un período de vida de pocos cientos de años (con excepción de algunas especies, como alerces, secuoyas, araucarias, etc., que pueden vivir hasta 4.000 años), pero pueden reconstruirse períodos más largos a partir de comparar secuencias de crecimiento entre árboles vivos y maderas utilizadas en edificios históricos o yacimientos; esto permite extender las estimaciones hasta unos 1.500 años o incluso más.

Para períodos más antiguos, las técnicas más utilizadas en la reconstrucción climática son la criocronología y la sedimentología. La primera facilita una estimación de la temperatura y el CO₂ que existían cuando se solidificó la nieve en zonas polares mediante el análisis de la relación entre dos isótopos del oxígeno (el 18 y el 16) o de la frecuencia de deuterio (isótopo del hidrógeno). La perforación en zonas lacustres de la Antártida ha permitido establecer una secuencia de 450.000 a 650.000 años en distintos puntos (gráfico 1). La sedimentología realiza estimaciones del clima pretérito a partir de los depósitos que se acumulan en los estratos sedimentarios (compuestos químicos, restos de vegetación, fósiles, etc.), que están relacionados con la precipitación y temperatura dominantes en el momento en que se depositaron. Esta técnica permite remontarse hasta varios millones de años, aunque con mucha menos precisión que las anteriores.

Gráfico 1 – Evolución de las variaciones de la temperatura promedio respecto a la actual en la base de Vostok. Estimaciones a partir de criocronología



Nota: Los años están contados retrocediendo desde el año 2000.

Fuente: Elaboración Fundación Encuentro a partir de datos de Petit, J. R. *et al.* (1999), en http://cdiac.ornl.gov/trends/temp/vostock/jouz_tem.htm

Estas metodologías sirven de referencia para conocer las variaciones climáticas en el pasado, que han sido muy significativas, con épocas de considerable extensión de las masas de hielo y otras con temperaturas mucho más altas que las actuales con períodos de regresión y trasgresión marinas, con condiciones atmosféricas muy variadas. Se sabe que, en períodos geológicos muy remotos, el mar ha estado varias decenas de metros por encima y por debajo del nivel actual, que ha habido extensas redes hidrográficas en lo que es hoy el desierto del Sahara o que crecían bosques de vegetación frondosa en Groenlandia. En la historia más reciente del planeta, a lo largo del último millón de años, y ya con presencia humana, ha habido ciclos de mayor y menor temperatura (los períodos glaciares e interglaciares), que han modelado las formas terrestres y los ciclos de vegetación que conocemos actualmente.

En resumen, el clima, en su conjunto y en lugares particulares, ha cambiado considerablemente a lo largo de la historia de la Tierra en magnitudes muy superiores a las que se observan actualmente. En consecuencia, el cambio climático no debería considerarse un fenómeno excepcional. Sí puede considerarse excepcional, sin embargo, la causa de esos cambios y los ritmos, ya que la actividad humana nunca había tenido una repercusión significativa sobre el clima del planeta, y la velocidad del cambio es inusual en la escala geológica. En otras palabras, si el cambio climático ocupa actualmente un papel tan relevante es como consecuencia de que las anomalías en el clima que observamos son difícilmente achacables a factores naturales. El problema no es tanto que haya cambios en el clima, que desde luego no son únicos en la historia geológica de la Tierra, sino más bien que estos cambios sean principalmente causados por la actividad humana.

Si los impactos previsibles de ese cambio son sustancialmente negativos, deberíamos intentar revertirlos. Tras varias décadas discutiendo sobre si el cambio era o no significativo y sobre las causas del mismo, el debate ahora se centra más bien en la importancia de esos efectos y en las medidas que es necesario tomar para evitarlos. Si lo que está en juego es la futura habitabilidad del planeta, estamos ante un reto de proporciones excepcionales, que requiere medidas también excepcionales, tanto para la prevención como para la adaptación a las nuevas condiciones, si fueran ya inevitables algunos de sus efectos.

1.2 Variables explicativas del cambio climático

Nuestro planeta ha experimentado múltiples cambios globales y locales del clima debidos a factores estrictamente naturales. Una rápida revisión de los mismos nos puede ayudar a entender la complejidad del sis-

tema climático, así como el riesgo que conlleva alterar externamente alguno de esos factores del sistema natural.

El principal motor energético de nuestro planeta es la radiación solar. El Sol es la estrella de nuestro sistema planetario, cuyas reacciones termonucleares explican su alta temperatura (unos 6.000° C) y la radiación energética que emite. Una pequeña parte de esa radiación es captada por la Tierra, y explica la mayoría de los procesos energéticos que afectan al clima.

La Tierra recibe por término medio unos 340 W/m² de radiación solar (1.367 W/m² si se considera sólo la zona iluminada directamente). Dependiendo del ángulo con el que se recibe, la irradiancia solar varía significativamente, siendo más intensa cuanto más verticales sean los rayos captados. Por ejemplo, a 60° de ángulo cenital solar (el ángulo que se comprende entre los rayos solares y la vertical, el complementario del ángulo de elevación solar) se capta aproximadamente la mitad de radiación solar por superficie de la que se obtiene a 0°, ya que el mismo flujo de radiación se reparte entre una superficie dos veces mayor.

Esta relación es muy importante para entender las variaciones de radiación solar en la superficie terrestre, puesto que el ángulo cenital solar varía a lo largo del día y del año para las distintas latitudes terrestres. En consecuencia, en cada punto de la superficie terrestre se recibe una radiación distinta en el suelo, y ésta es mayor cuanto más verticales sean los rayos solares en el momento que se esté considerando.

Como se ha comentado, el ángulo cenital solar varía con la latitud, el día del año y la hora del día. En España, así como en el resto de los países del hemisferio norte, la radiación solar es más intensa entre junio y septiembre y alcanza sus valores más bajos entre noviembre y febrero. Sin considerar ahora las nubes, el día del año en el que se recibe más radiación solar en nuestro país es el 21 de junio (solsticio de verano), mientras que el mínimo se produce el 22 de diciembre (solsticio de invierno). Durante el día, la radiación solar es más intensa en torno al mediodía, cuando el ángulo cenital solar es más bajo (o, si se prefiere, la elevación aparente del sol sobre el horizonte es mayor). A escala planetaria, la radiación solar es más intensa cerca del Ecuador, donde los rayos solares caen con mayor perpendicularidad a lo largo del año; en los polos se da el fenómeno contrario, ya que reciben la radiación solar de modo más oblicuo.

Esta diferencia entre las distintas franjas de radiación solar explica en buena parte los climas terrestres: tropicales (con temperatura alta todo el año), templados (con temperatura cambiante con las estaciones) y polares (con temperaturas muy frías y un fuerte contraste entre verano e invierno). Además de que sean más cálidas o más frías, las regiones son más o menos lluviosas también por factores relacionados en cierta medida con

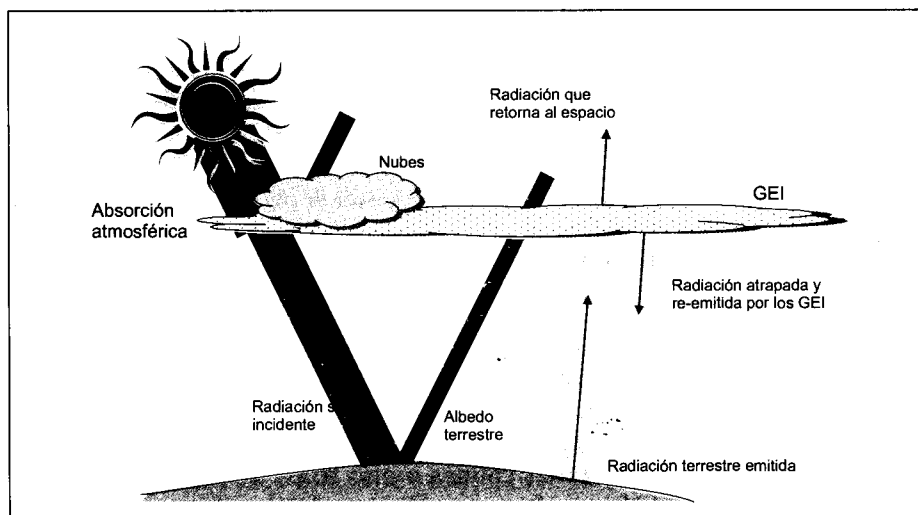
la radiación solar, que explica la aparición de frentes (encuentro entre masas de aire caliente y frío), de lluvias convectivas (causadas por la intensa evaporación) o de corrientes oceánicas (que bloquean la precipitación en algunos casos y la aceleran en otros, dependiendo del tipo de corriente).

En suma, cualquier factor que modifique la radiación solar que llega al suelo es clave para entender las variaciones climáticas, ya que la radiación solar es la principal responsable del calentamiento terrestre y, por tanto, de la evaporación del agua y la fusión del hielo/nieve, de la creación de nubes y del calentamiento desigual del mar en las diversas franjas latitudinales. Adicionalmente, la radiación solar es fundamental para la actividad biológica, ya que la fotosíntesis requiere captar energía solar para generar los compuestos orgánicos (junto al agua y el CO₂).

No toda la energía radiada por el sol llega a la superficie terrestre (cuadro 1). Parte es absorbida por la atmósfera o reflejada por las nubes, en mayor o menor proporción dependiendo de los componentes de la atmósfera en cada lugar. La radiación que llega al suelo es reflejada parcialmente por las cubiertas terrestres, en mayor o menor medida dependiendo del tipo de materiales con los que interacciona la radiación solar incidente. La nieve, por ejemplo, refleja una gran cantidad de energía solar, mientras la vegetación o el agua absorben la mayor parte. Esa radiación absorbida calienta la superficie terrestre, que a su vez también emite radiación, tanto más cuanto más caliente está.

La radiación terrestre (denominada infrarrojo térmico) tiene propiedades distintas a la radiación solar, y es reflejada y absorbida de modo diferente a ella. Parte de la radiación infrarroja es absorbida por algunos ga-

Cuadro 1 – Principales factores en el balance de radiación



ses presentes en la atmósfera (vapor de agua, dióxido de carbono, metano, etc.), que a su vez re-emiten la radiación térmica hacia el suelo, aumentando la temperatura de la superficie. Éste es el denominado efecto invernadero, puesto que los gases antes citados (denominados, genéricamente, gases de efecto invernadero, GEI) dejan pasar la radiación solar, pero absorben y reflejan la radiación térmica. Gracias a ello, el clima terrestre es mucho más caliente del que esperaríamos encontrar sin esa capa gaseosa (unos 33° más). Por tanto, es imprescindible para la mayor parte de las formas de vida que conocemos actualmente. En otras palabras, el efecto invernadero no es negativo, sino más bien necesario. Otro asunto es que ese efecto esté siendo reforzado por las emisiones de origen antrópico y que esté dando lugar a un excesivo calentamiento.

Con esta breve descripción, podemos entender que los factores naturales del cambio climático serán todos aquellos que modifiquen el balance de radiación, ya sea alterando la radiación solar que llega a la Tierra, ya la que ésta absorbe o refleja. Esos cambios en el balance de radiación pueden producirse por factores muy diversos que pueden agruparse en dos categorías: fenómenos que ocurren fuera de la Tierra y fenómenos que suceden en el interior².

Entre los primeros, los *fenómenos que ocurren fuera de la Tierra*, destacan las variaciones en la radiación debidas a los cambios en la órbita terrestre, en su campo magnético y gravimétrico, o en la composición de la atmósfera. El astrónomo serbio Milutin Milankovitch propuso en 1920 una explicación de las variaciones cíclicas en la radiación solar a partir de tres variaciones en las características orbitales de la Tierra: excentricidad (una alteración de la distancia Tierra-Sol que se produce cada 100.000 años); oblicuidad (que modifica el ángulo de inclinación de la Tierra respecto al eje, entre 21,6° y 24,5°, y ocurre cada 41.000 años); y precesión (que cambia la dirección del eje en un determinado punto de la órbita y sucede cada 23.000 años). Según estudios recientes, los ciclos de Milankovitch explican el 60% de la variación del volumen de hielo en la historia geológica de la Tierra³.

Los cambios en la composición de la atmósfera tienen también un efecto nítido sobre la radiación solar que llega a la Tierra, porque unos gases absorben más que otros, ya sea de la radiación incidente o de la emitida desde la superficie y, por tanto, disminuyen o refuerzan el efecto invernadero antes comentado. Frente a una atmósfera original principalmente

² Cracknell, A. P. (ed.) (2001): *Remote sensing and climate change: role of earth observation*. Londres: Springer.

³ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007d): *Climate Change 2007: The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fourth Assessment*. Cambridge: Cambridge University Press.

compuesta de nitrógeno, vapor de agua y dióxido de carbono, a lo largo de la historia terrestre la tendencia ha sido incrementar el oxígeno existente en la atmósfera, lo que parece relacionarse con la actividad biológica (ya que la fotosíntesis supone absorción de CO₂ y la respiración de las plantas emisión de oxígeno).

La relación entre CO₂ y calentamiento terrestre fue propuesta hace más de 100 años por el químico sueco Svante Arrhenius, quien observó una relación causal entre la acumulación de este gas y la temperatura terrestre. Esta relación se evidencia en los últimos 450.000 años, a partir de los registros en los bancos de hielo de la Antártida, en donde la correlación entre temperatura y CO₂ resulta bastante significativa, con ciclos de oscilación en torno a 100.000 años, en los que el CO₂ fluctúa entre las 180 y 290 ppm. Aunque hay períodos de la historia de la Tierra en los que se han observado cambios relativamente bruscos de temperatura sin cambios significativos en la acumulación de CO₂, el fenómeno contrario no se ha observado nunca⁴.

Los fenómenos que ocurren en la Tierra y afectan al clima del planeta también modifican la radiación solar incidente o la temperatura terrestre, ya sea global o regionalmente. Los más importantes son los volcanes y la circulación oceánica. Los primeros alteran la composición de la atmósfera, ya sea oscureciendo la radiación solar directa (aerosoles), ya emitiendo varios GEI. En cuanto a la circulación oceánica, resulta clave en la redistribución del calor de superficie, transportando grandes masas de agua más caliente o fría a distintas latitudes. El ejemplo más nítido para nuestro país es el de la corriente del Golfo, que envía un gran volumen de agua caliente desde el Golfo de México hacia el occidente de Europa, causando que tenga un clima invernal mucho más benigno que su equivalente en latitud en América del Norte. Basta indicar, en este sentido, que Montreal está a 45° de latitud y tiene una temperatura media invernal de -10° C, mientras Londres, situada 6° más al norte (51° 32') tiene una temperatura promedio unos 16° C más alta en la misma estación del año.

Finalmente, entre los factores relacionados con la dinámica terrestre conviene considerar la tectónica de placas, esto es, los movimientos de los continentes a lo largo de la historia geológica del planeta. Obviamente, este hecho resulta clave en el cambio climático en una escala temporal suficientemente larga, ya que al variar la posición latitudinal de las placas continentales se modifican asimismo la radiación solar y la precipitación recibida en un determinado territorio. Aquí se podría decir que lo que varía no es tanto el clima, sino la posición de ese clima, ya que es el territorio el que se desplaza.

⁴ Falkowski, P. R. *et al.* (2000): "The Global Carbon Cycle: A Test of Our Knowledge of Earth as a System", en *Science*, 290, 291-296.

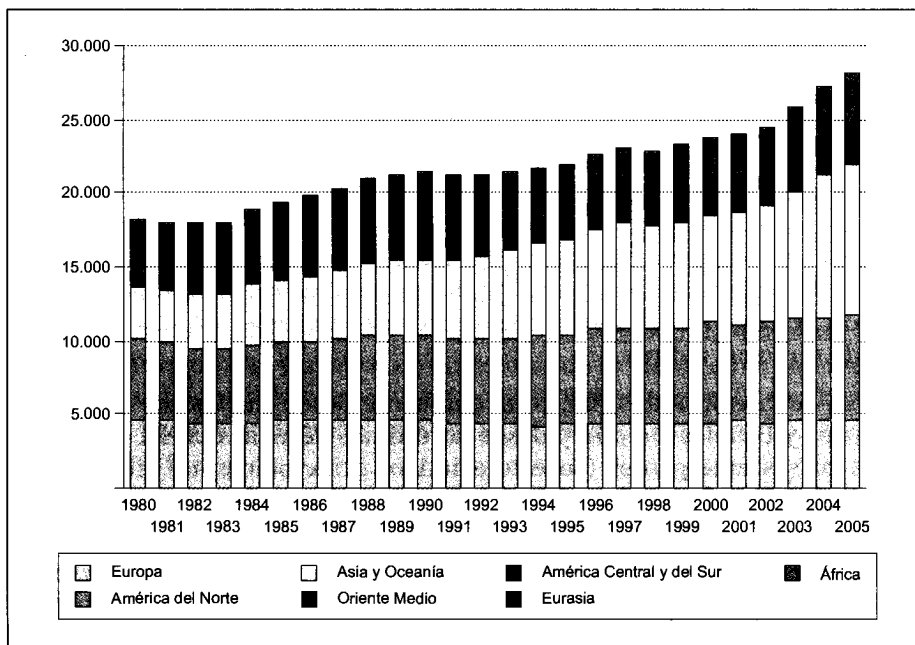
Hasta aquí los factores naturales. Los debidos a las actividades humanas son a todas luces de menor importancia comparados con los naturales, aunque sí parece que resultan significativos en las tendencias observadas en las últimas décadas. Históricamente, la principal interacción del ser humano con el clima del planeta ha sido la mitigación de sus consecuencias, a través de las técnicas que ha desarrollado, ya fuera para resguardarse del frío o para conseguir mayores rendimientos del territorio que ocupaba. Con la era industrial, esta relación podríamos decir que “defensiva” frente al clima se torna paulatinamente en una interacción más “agresiva”. El principal factor en este sentido fue el descubrimiento de los combustibles fósiles (primero carbón, luego petróleo y gas natural), que reforzaron la capacidad humana de transformar materias primas y desplazarse de un lugar a otro.

La economía industrial, principalmente desde inicios del siglo XIX en Europa y Estados Unidos, y desde las últimas décadas del XX en los llamados países emergentes (sureste asiático, principalmente), supone un consumo masivo de combustibles fósiles y materias primas que ha alterado notablemente la concentración atmosférica de algunos de los principales GEI. Los GEI más importantes son:

- El vapor de agua (H₂O), el más abundante en la atmósfera aunque muy variable (hasta un 1%). Es principalmente de origen natural (por evaporación del agua) y con una permanencia en la atmósfera muy dinámica.
- El dióxido de carbono (CO₂), uno de los principales productos de la combustión, que puede permanecer entre 50 y 200 años en la atmósfera.
- El metano (CH₄), que se produce naturalmente en la descomposición anaeróbica de plantas y cultivos (frecuente en áreas inundadas); es más escaso que el CO₂, pero con un poder de efecto invernadero 20 veces mayor y con una residencia atmosférica de una década.
- Los óxidos de nitrógeno (NO_x), con un potencial de efecto invernadero más de 300 veces superior al CO₂, producidos también en la combustión, en la agricultura y en algunos procesos industriales.
- Los compuestos clorofluoro e hidrocarbonados (CFCs y HFC, respectivamente), que, aunque muy escasos en la atmósfera, tienen un potencial de efecto invernadero varios miles de veces superior al CO₂. Son los únicos completamente artificiales (se emplean en la fabricación de disolventes o espumas, por ejemplo), con lo que tienen un muy largo período de residencia atmosférica (generalmente superior a 300 años).

Las principales emisiones se producen por el uso de la energía, ya sea en la producción industrial, el transporte o los usos domésticos. La for-

Gráfico 2 – Evolución de las emisiones de dióxido de carbono procedente de combustibles fósiles por áreas geográficas. En millones de toneladas. 1980-2005



Fuente: Elaboración Fundación Encuentro a partir de datos de Energy Information Administration, en www.eia.doe.gov

ma más frecuente de generar energía es mediante la combustión de materiales orgánicos (carbón, petróleo, gas, biomasa), que libera a la atmósfera CO₂ (o CO, dependiendo de lo completa que sea la combustión) y agua. Además, la quema puede también liberar otros gases o partículas nocivos para la salud o que refuerzan el efecto invernadero (como los NO_x).

Las tendencias en las emisiones de GEI han estado tradicionalmente ligadas al desarrollo económico de los países, ya que el consumo de energía se ha basado principalmente en el uso de los combustibles fósiles. En este marco, la trayectoria de emisiones ha sido ascendente desde mediados del siglo XIX y de modo más nítido desde 1950. En las últimas décadas se intenta desligar desarrollo y emisiones a través de fuentes alternativas de energía, aunque sólo recientemente se han producido reducciones significativas en algunos países desarrollados, singularmente en Europa y Eurasia. La incorporación al desarrollo económico de grandes potencias demográficas, como China e India, principalmente la primera, explica que las emisiones globales de CO₂ sigan aumentando significativamente (gráfico 2).

Otros GEI se emiten en ciertos procesos industriales (CFC y HFC) y en las extensas quemaduras de biomasa (incendios forestales, de sabanas o cul-

tivos), que se registran prácticamente en todas las latitudes. En este caso, se puede considerar que el balance a largo plazo es neutro, ya que el CO₂ emitido por las quemaduras es recuperado a largo plazo con el crecimiento de la vegetación tras el incendio, siempre que ésta se regenere al estado previo al incendio. Esto ocurre, generalmente, en zonas de vegetación herbácea o con restos de cultivos, pero no así cuando los incendios se emplean para desbrozar zonas forestales, una práctica frecuente en las zonas tropicales. En este caso, el balance de carbono es negativo, ya que las cantidades emitidas en las quemaduras luego no se reabsorben con la nueva vegetación. Además, los restos de la quema continúan emitiendo CO₂ y CH₄ durante su descomposición. Estos procesos de transformación del uso del suelo, en la medida en que significan la eliminación de cubiertas forestales por herbáceas (con la consiguiente pérdida de biomasa por superficie), suponen una contribución importante al balance global de GEI, ya que se les adjudica casi un 20% del balance global de emisiones de CO₂⁵.

1.3 Los informes del IPCC

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (*Intergovernmental Panel on Climate Change*⁶) fue creado en 1988 por la Agencia de Medioambiente de Naciones Unidas (UNEP) y la Organización Meteorológica Mundial (WMO) para facilitar una evaluación sintética de las condiciones y tendencias climáticas y del impacto de la actividad humana sobre ellas, a partir de los estudios publicados en la literatura especializada.

Se le asignó la tarea de preparar un informe de todos aquellos aspectos que pudieran considerarse relevantes para la determinación de la magnitud del cambio climático, de sus previsible impactos y de la formulación de estrategias de respuesta ante ese cambio⁷. El primer informe de evaluación se presentó en 1990 y sirvió en buena parte para las negociaciones que se adoptaron en la Cumbre de Río (1992). Las mejoras en los modelos de simulación y los datos disponibles permitieron plantear revisiones de las conclusiones alcanzadas en estos informes, que actualmente se consideran la referencia más autorizada para evaluar los distintos aspectos implicados en el cambio climático. El segundo informe se presentó en 1995, el tercero en 2001 y el cuarto en 2007.

En todos los casos, cada informe incluye tres volúmenes, uno para cada uno de los tres grupos de trabajo en los que se organiza la actividad del IPCC. El primer grupo analiza los aspectos científicos implicados en el

⁵ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007c): *Climate Change 2007. Synthesis report. Summary for Policymakers*, en www.ipcc.ch/

⁶ Véase <http://www.ipcc.ch/>

⁷ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2004).

cambio climático (balances energéticos, estado de la atmósfera, factores de cambio, climas pasados, análisis de tendencias, etc.). El segundo se centra en los impactos previsible del cambio (agricultura, ecosistemas, hidrología, población, etc.). El tercero estudia las estrategias que permitan mitigar y eventualmente recuperar los impactos negativos de ese cambio. Un cuarto grupo, de menor rango que los anteriores, genera inventarios nacionales de GEI y determina estrategias para capturar esos gases con el objeto de reducir las concentraciones totales.

La actividad del IPCC ha tenido un gran impacto científico y político, ya que sus conclusiones han guiado buena parte de los acuerdos internacionales sobre esta temática. En primer lugar, en la Conferencia de Río, con la creación de la Convención de Naciones Unidas para el Cambio Climático (*United Nations Framework Convention on Climate Change*, UNFCCC), donde se alcanzaron los primeros acuerdos para tomar medidas políticas y económicas relacionadas con este tema. Entre ellas, destacan los primeros inventarios de balances de CO₂ (emisiones y sumideros), así como la realización de escenarios y pronósticos de emisiones. No obstante, el impacto más significativo ha sido la firma del Protocolo de Kyoto, el más importante acuerdo internacional sobre este tema realizado hasta el momento.

El último informe del IPCC se ha presentado recientemente y se encuentra disponible en internet⁸. Supone una puesta al día muy importante de los aspectos más vitales del cambio climático. Cuenta con la participación de centenares de científicos de las más variadas disciplinas, por lo que supone la fuente más relevante de información sobre el tema actualmente accesible. La reciente concesión del Premio Nobel de la Paz a este organismo ha subrayado notablemente su impacto mediático, como referencia para los debates y acuerdos que sobre este asunto se plantean.

1.4 Estado actual del conocimiento

En diversas ocasiones, el debate sobre el cambio climático se presenta como un asunto de opinión pública sobre el que los científicos ya han dicho la última palabra, pero esto dista bastante de ser cierto. La publicación de los informes del IPCC ha marcado el nivel de la polémica entre partidarios y detractores de la existencia del cambio climático y de sus orígenes antrópicos, si bien en los dos últimos parece ya exceder el marco

⁸ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007a): *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge: Cambridge University Press; ídem (2007b): *Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change: Working Group III contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge: Cambridge University Press; ídem (2007d).

científico y formar parte de la discusión política o ideológica, en sentido amplio, de los diversos países.

Como se ha comentado, los informes del IPCC se consideran la fuente de referencia en el asunto. Los resúmenes dirigidos a la opinión pública y los políticos se elaboran sobre un amplio consenso, intentando diferenciar nítidamente los aspectos ya resueltos de aquellos en donde es necesaria una mayor evidencia para realizar afirmaciones tajantes. En el cuarto informe, este nivel de incertidumbre en los distintos aspectos suele cuantificarse en términos probabilísticos (muy probable, altamente improbable, por ejemplo), a partir del análisis de las publicaciones más relevantes sobre cada problema.

Sobre la base de este informe, completado por otras obras de referencia, es oportuno revisar cuáles son los principales argumentos que se plantean por parte de quienes están impulsando la adopción de medidas urgentes y drásticas sobre cambio climático y de quienes continúan manteniendo una actitud escéptica.

A nuestro modo de ver, la incertidumbre que todavía subsiste en algunos temas no anula la conclusión principal, ni la adopción de medidas necesarias para mitigar los efectos previsibles. Por ello, nos parece necesario diferenciar diversos temas que en la opinión pública se tienden frecuentemente a mezclar. En esta óptica, el debate sobre el cambio climático debería acotarse en varios aspectos, que podrían considerarse como sucesivos:

1. *Existencia del cambio climático.* El primer aspecto que se debería analizar es si las tendencias que observamos en las variables climáticas son claramente distintas a las de otros períodos pretéritos; esto nos permitiría hablar de una tendencia consistente al cambio.

2. *Origen del cambio climático.* Respondida la cuestión anterior afirmativamente, la siguiente pregunta sería sobre el origen de ese cambio, abriéndose básicamente dos vías: la adscripción a factores naturales o humanos. Sólo en el segundo caso se podría actuar para corregir el problema; en el primero restaría únicamente mitigar sus efectos.

3. *Efectos que produce.* Asumiendo que el cambio es de origen humano, actuar sobre los factores que lo provocan sería justificable cuando los efectos que produce fueran negativos, por un lado, y de mayor coste que los que implica no actuar, por otro.

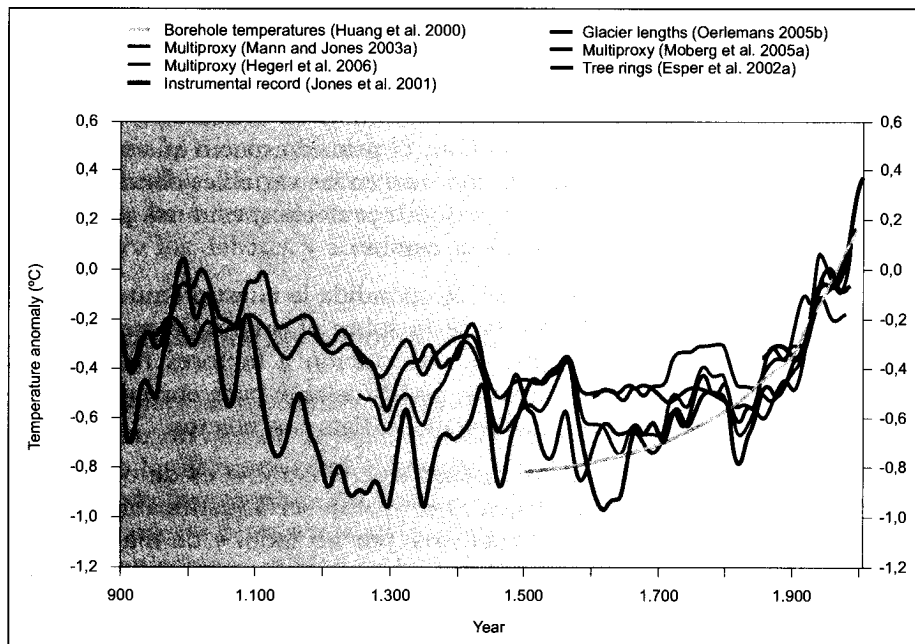
4. *Medidas de corrección.* Una vez confirmado que los efectos negativos fueran mayores a los positivos o a no hacer nada al respecto, habría que estudiar qué medidas serían más efectivas, así como su calendario de aplicación, intentando minimizar los daños marginales.

Los trabajos del IPCC han intentado abordar estos cuatro aspectos. El primero y el segundo en su comisión I (bases físicas), los efectos en la II (impactos) y las medidas para remediar el problema en la III (mitigación). Este esquema se puede utilizar también para resumir el estado actual del debate científico.

Calentamiento del planeta

En lo que se refiere a la existencia o no del cambio climático, y más en concreto de un calentamiento global de la Tierra, el debate científico está actualmente bastante cerrado, ya que las crecientes evidencias en este sentido han terminado por convencer a la mayor parte de los inicialmente escépticos. Los registros instrumentales, junto a las fuentes indirectas (anillos de los árboles, sedimentos, etc.), muestran un aumento significativo de las temperaturas desde inicios del siglo XX, con tendencia a reforzarse en las últimas tres décadas. Entre los datos más significativos está que 11 de los últimos 12 años (1995-2006) se sitúan entre los 12 más calientes del registro instrumental (desde 1850), que la línea de tendencia de los últimos

Gráfico 3 – Registro histórico de variaciones de temperatura según diversas fuentes. En grados centígrados



Nota: Borehole temperatures (temperaturas de los estratos de hielo); Instrumental record (medición instrumental); Glacier lengths (longitud de los glaciares); Tree rings (anillos de los árboles).

Fuente: Committee on Surface Temperature Reconstructions for the Last 2.000 years (2006): *Surface Temperature Reconstructions for the Last 2.000 years*. Washington: National Research Council, en www.nap.edu

100 años indica un aumento promedio de $0,74^{\circ}\text{C}$ (con un rango de incertidumbre probabilística entre $0,56^{\circ}\text{C}$ y $0,92^{\circ}\text{C}$) y que en los últimos 50 años se registra una tendencia lineal a un aumento de la temperatura de $0,13^{\circ}\text{C}$ por década, casi el doble de los últimos 100 años. Los estudios en este sentido son muy abundantes y bien documentados. En el gráfico 3 se observan notables disparidades entre diferentes registros históricos de variación de temperatura según retrocedemos en el tiempo, pero también una clara tendencia al incremento de la temperatura a partir del inicio de la revolución industrial.

Paralelamente a este aumento de las temperaturas de superficie, también se observan significativos incrementos en la temperatura de la capa inferior de la atmósfera, una disminución generalizada de los glaciares de montaña y los casquetes polares y un aumento notable del nivel del mar ($1,8\text{ mm/año}$ como promedio desde 1961, con un aumento aparente en la última década de $3,1\text{ mm/año}$ ⁹). Junto a ello, se constata que no existen variaciones significativas en el hielo antártico, ya que en esa región del mundo el calentamiento no es tan evidente (se observa mayor variabilidad interanual, pero no tendencias estadísticamente significativas), o en la frecuencia de fenómenos locales, como tornados, granizo, tormentas de arena o rayos.

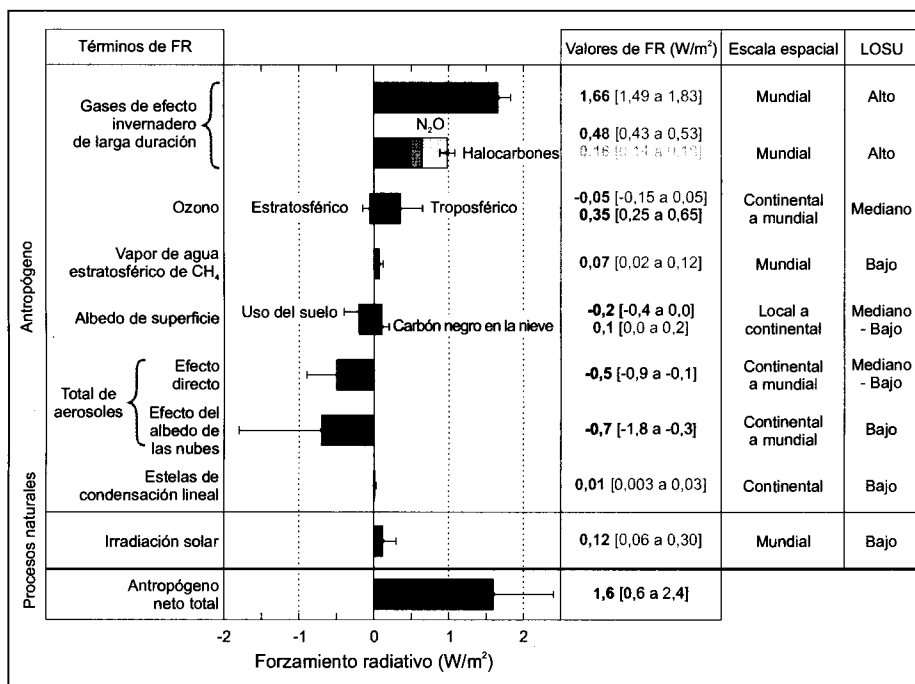
Factores del calentamiento terrestre

En cuanto al origen de este calentamiento terrestre, la polémica está más viva que respecto a la existencia del calentamiento en sí, si bien la mayor parte de los expertos apuntan a un efecto predominante de la actividad humana. Así lo recoge el último informe del IPCC, que valora en términos de contribuciones energéticas positivas y negativas la importancia de cada uno de los grandes factores que inciden en el balance térmico (gráfico 4). Entre esos factores sobresale la contribución del CO_2 –con un incremento promedio sobre el balance de radiación de $1,66\text{ W/m}^2$ –, otros GEI (CH_4 , NO_2 y halocarbonos) –que suman entre ellos un valor próximo a 1 W/m^2 – y el ozono troposférico –con un promedio de $0,35\text{ W/m}^2$ –.

También se destacan factores que tienden a reducir la temperatura global, como los aerosoles, que, por un lado, disminuyen la radiación directa y, por otro, ayudan a formar nubes que a su vez también filtran parte de la radiación solar. Como es obvio, si estos factores de forzamiento negativo no existieran, el aumento de la radiación (y, por ende, de la temperatura) sería mayor. Puesto que los aerosoles de origen humano suponen una fuente importante de contaminación ambiental, y es previsible que se vayan reduciendo paralelamente a las mejoras en los sistemas de producción,

⁹ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007d).

Gráfico 4 – Componentes del forzamiento radiativo

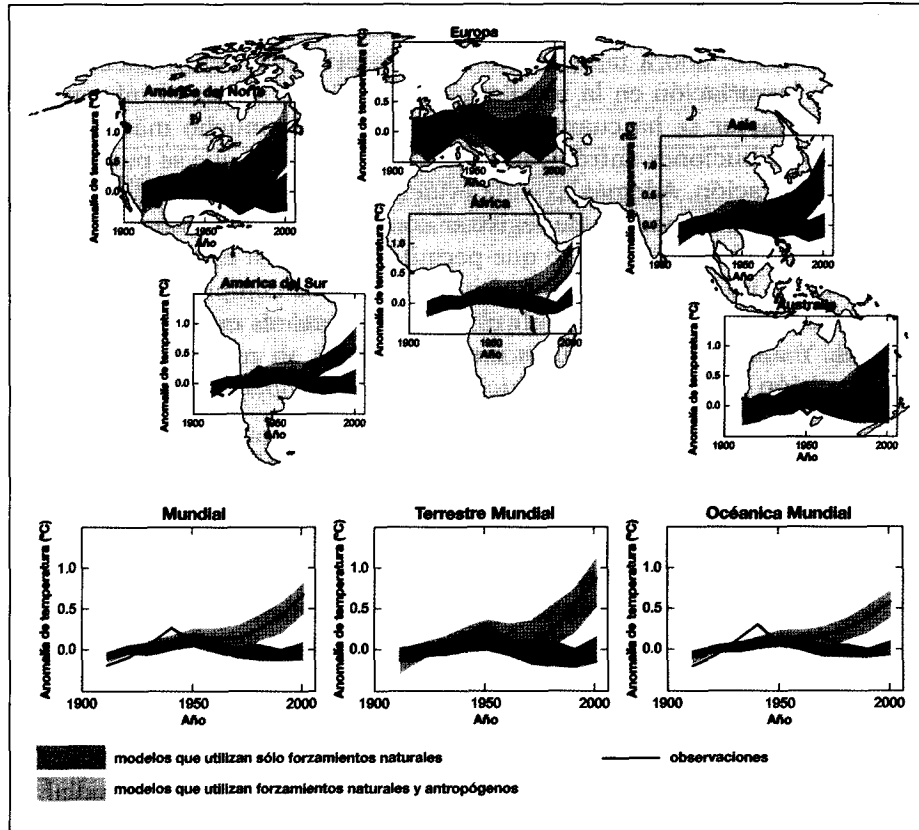


Fuente: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007d): *Climate Change 2007: The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fourth Assessment*. Cambridge: Cambridge University Press.

también parece razonable que este factor de enfriamiento se reduzca en el futuro. Los factores de origen natural (variaciones en la irradiancia solar) aportan una pequeña cantidad al forzamiento radiativo observado (0,12 W/m²). En definitiva, los principales factores que modifican el balance radiativo y pueden observarse actualmente son de origen humano, ya que una significativa cantidad de las emisiones de GEI y de aerosoles proceden de la actividad humana.

Otros científicos desconfían del papel humano en el origen del calentamiento, apuntando a factores de índole natural. Como se ha indicado, se sabe con certeza que el clima ha cambiado a lo largo de la historia geológica del planeta, con épocas de mayor y menor temperatura global, y también que esas variaciones fueron debidas a causas naturales. Ahora bien, la cuestión clave es si esos factores naturales están ahora actuando en el mismo sentido de las tendencias que se observan, y, en consecuencia, si en estas últimas décadas el cambio es de origen natural o antrópico. De acuerdo con los estudios más recientes, la tendencia al aumento de la temperatura no ha coincidido con un incremento de radiación solar incidente ni ha habido erupciones volcánicas significativas que permitieran explicar

Gráfico 5 – Variación de temperatura en el último siglo para distintos continentes, para el conjunto del planeta y las áreas emergidas y oceánicas



Nota: La línea negra indica los valores de temperatura observados; la franja rosa los resultados de los modelos predictivos considerando efectos humanos y naturales; y la azul sólo los factores naturales.

Fuente: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007d): *Climate Change 2007: The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fourth Assessment*. Cambridge: Cambridge University Press.

el aumento considerable de CO₂ medido en la atmósfera. Por tanto, los modelos explicativos basados únicamente en factores naturales no resultan muy significativos (gráfico 5).

Otro dato utilizado frecuentemente por los científicos más escépticos respecto al calentamiento de origen antrópico es la falta de coherencia en las series temporales de temperatura. Los termómetros están situados habitualmente en zonas urbanas, que han sufrido un calentamiento local como consecuencia del llamado efecto de “isla térmica”, producido por la acumulación de materiales refractarios y la concentración de consumo de energía. En el último informe del IPCC se concluyó que este efecto suponía un incremento térmico muy marginal (apenas 0,006° C por década).

Algunos autores opinan que el CO₂ no ha tenido históricamente un papel muy destacado en la transformación climática frente a otros factores naturales, como la alteración de los ciclos orbitales o las manchas solares. Por tanto, ahora tampoco es la causa principal del problema, sino más bien la variación en la irradiancia solar. Como señala el informe del IPCC, este factor se ha cuantificado en un margen mucho más pequeño que las contribuciones antrópicas, por lo que no parece que se pueda aceptar esa explicación. Además, resulta evidente que estamos ante un proceso contemporáneo, que se puede registrar con bastante precisión gracias a la instrumentación disponible, lo que permite observar si esos factores naturales están o no actuando significativamente. Si se comprueba que su papel es escaso, habría que atribuir el cambio a factores externos al sistema natural. Y ahí no existen tantas incertidumbres, ya que podemos medir con precisión las emisiones producidas por la actividad humana.

El balance global del informe del IPCC es bastante contundente en este sentido. Señala como hallazgos sólidos (así lo denominan) los siguientes¹⁰:

- ◆ Es muy probable que el forzamiento del gas de efecto invernadero haya causado gran parte del calentamiento mundial observado durante los últimos 50 años. Sólo el forzamiento del gas de efecto invernadero durante la mitad del siglo pasado probablemente hubiese provocado un calentamiento mayor que el observado si no hubiera existido una compensación del efecto de enfriamiento por aerosoles y otros forzamientos.
- ◆ Es extremadamente improbable (<5%) que el patrón mundial de calentamiento durante la mitad del siglo pasado se pueda explicar sin el forzamiento externo y muy poco probable que se deba exclusivamente a las causas externas naturales conocidas. El calentamiento se produjo tanto en el océano como en la atmósfera y acaeció cuando los factores de forzamientos naturales externos probablemente habrían producido un enfriamiento.

Como se ha indicado, la curva de emisiones de los principales GEI muestra una trayectoria nítidamente ascendente desde inicios de la revolución industrial. El principal responsable es el uso de combustibles fósiles (carbón, petróleo o gas natural) en la producción industrial, la agricultura, la vivienda y el transporte. Además, la transformación del uso del suelo a escala global ha supuesto la reducción de sumideros naturales de CO₂, al eliminarse cubiertas forestales. Esto supone que las concentraciones de los principales GEI son ahora muy superiores a las que se registraban a inicios de la revolución industrial (tabla 1). Por ejemplo, gracias al

¹⁰ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007d).

Tabla 1 – Concentraciones de los principales gases de efecto invernadero

GEI	Pre-industrial	2005
CO ₂	270-300 ppm	379 ppm
CH ₄	320-790 ppb	1.774 ppb
NO _x	270 ppb	319 ppb

Nota: ppm: partes por millón; ppb: partes por billón (miles de millones).

Fuente: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007d): *Climate Change 2007: The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fourth Assessment*. Cambridge: Cambridge University Press.

análisis de las capas de hielo en la Antártida se puede estimar que las concentraciones actuales de CO₂ son superiores a las registradas en los últimos 600.000 años.

Efectos del calentamiento terrestre

La discusión científica está mucho más abierta en cuanto a los efectos del calentamiento del planeta. Hacer pronósticos de ese impacto es muy complicado, tanto por la complejidad de los modelos climáticos como por la evolución de las emisiones en sí (se plantean diversos escenarios de emisión). Además, en un sistema no lineal, pueden entrar en juego efectos multiplicadores que actualmente son difíciles de evaluar. Por ejemplo, si se mejoran los procesos de producción industrial y se reducen los aerosoles emitidos, se incrementaría la calidad del aire para la salud humana, pero se agravaría el efecto de calentamiento, ya que los aerosoles disminuyen la radiación solar que llega a la superficie terrestre. Otro ejemplo, si se eleva la temperatura como consecuencia del aumento del CO₂, también aumentaría la evaporación y, por tanto, la cantidad de vapor de agua en el aire. Como el aire más caliente puede almacenar más agua, crecería la concentración de vapor de agua en la atmósfera, lo que también refuerza el efecto invernadero y supone, a su vez, un aumento de la temperatura.

Pese a la complejidad de las predicciones, los escenarios que se manejan muestran impactos del calentamiento positivos y negativos para distintas zonas del planeta, si bien la tendencia global es negativa. Ciertamente, un enfriamiento del planeta tendría consecuencias más negativas que un calentamiento, pero éste también provocaría impactos de gran envergadura para la habitabilidad del planeta, especialmente si consideramos el ritmo al que se están produciendo, lo que dificulta la adaptación de los ecosistemas y las sociedades humanas.

Entre los efectos que ya se pueden observar con nitidez, posiblemente el de mayor alcance sea el aumento del nivel del mar, como consecuencia tanto de la fusión del hielo glaciar y polar como de la expansión térmica del océano. Considerando la enorme cantidad de población que

vive cerca de la costa, este fenómeno daría lugar a movimientos en masa de la población sin precedentes a lo largo de la historia. El impacto dependerá de los escenarios que se produzcan. La variación previsible apunta un rango de incrementos entre 0,2 y 0,6 metros, dependiendo de la evolución de las emisiones y, en consecuencia, de las temperaturas. El aumento del nivel del mar está asociado a la frecuencia de inundaciones, ya que si se eleva el nivel de base de los ríos, tenderán a desaguar con mayor dificultad y a extender las llanuras de inundación. Además, habrá intrusiones salinas en zonas costeras, lo que degradará los suelos para el cultivo.

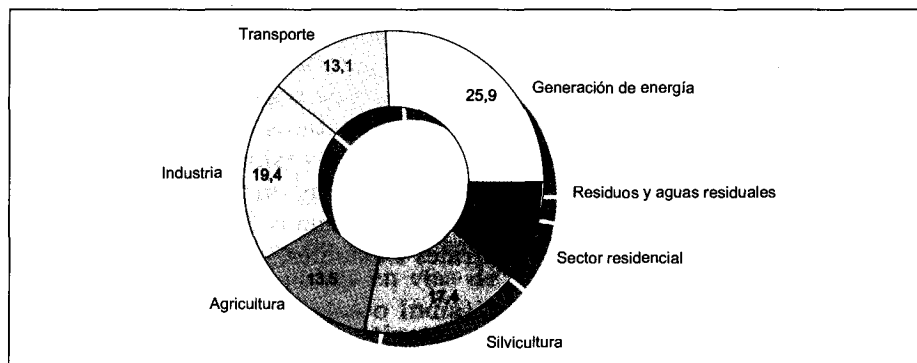
Otros efectos negativos serían el aumento de la aridez en zonas ya con déficit hídrico –se prevén decrementos entre el 10% y el 30% para algunas regiones–, el retroceso o pérdida de glaciares de montaña –con el consiguiente deterioro del suministro de agua en poblaciones de países en desarrollo–, el incremento de huracanes tropicales e incendios forestales, la reducción del rendimiento de los cultivos en vastas regiones del mundo –aumentaría en las más frías–, el desplazamiento de algunas enfermedades tropicales a zonas templadas, el deterioro o pérdida de humedales y lagunas interiores y el desplazamiento o pérdida de especies vegetales y animales en áreas de borde. También se apuntan efectos sobre la salud pública, derivados de las migraciones en los vectores de algunas enfermedades tropicales, que ya se están observando en países templados fronterizos (leishmaniasis en el sur de Francia o malaria en algunas zonas costeras del Mar Negro).

Obviamente, estas consecuencias negativas dependerán en gran medida del valor que finalmente alcancen los incrementos de la temperatura, los efectos multiplicadores que de éstos a su vez se deriven y de la capacidad humana para adaptarse a esos cambios. Entre los principales damnificados se prevé que estén los países más pobres, muchos de ellos situados en zonas tropicales semiáridas que tenderán a perder recursos hídricos y con una abundante población costera (sureste asiático o Extremo Oriente).

1.5 Estrategias de prevención y mitigación

Si los efectos previsibles son generalmente negativos, parece razonable tomar medidas para evitar el cambio climático o al menos paliar sus consecuencias más graves. Si el factor dominante en el calentamiento es la creciente concentración de GEI, la solución pasa por reducir las emisiones, por un lado, y bajar esas concentraciones, por otro. La primera estrategia lleva a tomar acuerdos que permitan reducir notablemente el consumo masivo de combustibles fósiles, mediante medidas eficaces de ahorro energético y la sustitución del uso de los combustibles tradicionales por otros que no tengan impactos en la emisión (o que tengan impactos re-asumibles por el medio, como los basados en la biomasa). Esto supone hacer grandes in-

Gráfico 6 – Emisiones de gases de efecto invernadero según origen. En porcentaje. 2004



Fuente: Elaboración Fundación Encuentro a partir de Intergovernmental Panel on Climate Change (2007): *Climate Change 2007: Synthesis Report. Summary for Policymakers*, en www.ipcc.ch/

versiones en fuentes alternativas de energía y materias primas industriales. El segundo enfoque llevaría a desarrollar técnicas para absorber los excedentes de GEI, transformándolos en compuestos no volátiles, que permitieran no aumentar, o incluso reducir, las concentraciones actuales.

Si bien se está trabajando en las dos líneas, la primera está mucho más desarrollada y parece más eficiente a medio y largo plazo, ya que se dirige al origen del problema. Si el aumento de emisiones causa una mayor concentración de GEI, habrá que reducirlas a niveles razonables para mantener un equilibrio natural de esos gases en la atmósfera. Como es bien sabido, la mayor parte del consumo de combustibles fósiles se relaciona, de una forma u otra, con la producción o uso de la energía. Globalmente, el 25,9% de las emisiones se deben a la generación de energía, el 19,4% a la producción industrial, el 13,5% a la agricultura, el 13,1% al transporte, el 7,9% al sector residencial y el 17,4% a la silvicultura (gráfico 6). Estos sectores tienen una importancia muy diversa dependiendo del gas que consideremos. Por ejemplo, la agricultura es la principal responsable de las emisiones de NO_2 (60%) y CH_4 (40%), mientras el transporte, la producción energética e industrial lo son respecto al CO_2 (suman más del 70%).

La reducción de emisiones pasa por mejorar la eficiencia energética y desarrollar fuentes alternativas de energía. Luego analizaremos con mayor detalle las estrategias que se impulsan desde la Unión Europea y España en este sentido, pero ahora conviene indicar que existe una clara apuesta por la reducción del consumo de energía y por aumentar el papel de las energías renovables. En el primer enfoque, se incluyen distintas medidas de ahorro y eficiencia energética, que deberían llevar a promover aparatos de bajo consumo, desde automóviles hasta bombillas. Respecto al

segundo, se apuesta por la progresiva sustitución del carbón, el petróleo y sus derivados por energía eólica, solar, geotérmica y la procedente de la biomasa. La energía nuclear en su funcionamiento no produce emisiones de GEI, y garantiza una potencia sostenida e independiente de las condiciones meteorológicas, pero es muy controvertida por sus potenciales efectos contaminantes. Entre los países comprometidos con el Protocolo de Kyoto, algunos han apostado nítidamente por ella (singularmente Francia y, en menor medida, Rusia o Finlandia), mientras otros prefieren confiar más en las energías renovables (Alemania, España o Bélgica), manteniendo la producción nuclear de las centrales existentes, pero sin realizar nuevas inversiones.

En cuanto a los sistemas de captación del CO₂ presente en la atmósfera, la estrategia más acorde con los ciclos naturales es la preservación y extensión de la cubierta vegetal, sumidero natural, junto al océano, del CO₂ atmosférico. Las plantas absorben CO₂ mediante la fotosíntesis y lo re-emiten en su proceso de respiración, absorbiendo una cantidad de carbono equivalente, en términos generales, a su producción de biomasa seca. Por esta razón, el aumento de CO₂ también favorece la actividad vegetativa, en condiciones de disponibilidad de agua, como ocurrió en el Mesozoico, con concentraciones de CO₂ muy superiores a las actuales, cuando se formaron la mayor parte de las grandes superficies vegetales que acabarían fosilizándose en los combustibles que utilizamos actualmente.

En consecuencia, una estrategia para reducir la concentración de CO₂ presente en la atmósfera es incrementar los elementos naturales de captación, por ejemplo, aumentando las superficies forestales. Asimismo, el océano es un gran sumidero de CO₂, que se capta en procesos de fotosíntesis marina, así como en la formación de relieves calcáreos. Sin embargo, el agua caliente tiene menos capacidad de almacenar carbono que la fría, por lo que la tendencia del océano en este sentido será más negativa si se mantiene la evolución actual.

Junto a estos sumideros naturales, también se estudian soluciones tecnológicas para incrementar la absorción del CO₂ atmosférico, mediante su captación y enterramiento en estratos geológicos seguros. La investigación en esta dirección todavía es incipiente. Si bien el CO₂ se utiliza desde hace ya bastantes décadas en la extracción de hidrocarburos, reemplazar las bolsas de combustibles fósiles con depósitos de CO₂ todavía es una posibilidad remota.

Puesto que los efectos del calentamiento climático tienen una dimensión planetaria, la reducción de las emisiones debería también ser objeto de un acuerdo internacional. En este marco se planteó el Protocolo de Kyoto, la Convención de Naciones Unidas sobre Cambio Climático aprobada en 1997. Fue firmado por 84 países, aunque para su entrada en vigor se requería la ratificación de los países responsables de una determinada

proporción de las emisiones. Finalmente, entró en vigor en 2005, gracias a la aceptación de Rusia, reticente hasta entonces, que permitió llegar al límite acumulado de emisiones que preveía el protocolo para confirmarse (55% del total mundial). Estados Unidos y Australia fueron los únicos países desarrollados que lo rechazaron, si bien Australia lo ha ratificado en noviembre de 2007.

El Protocolo de Kyoto requería que los países más avanzados redujeran sus emisiones de GEI en el período 2008-2012 en un nivel no inferior a un 5% de los valores de 1990, tomado como año base para los cálculos. No se aplicaba a los países en vías de desarrollo (ahora en creciente industrialización, como China o India), que sólo debían informar sobre sus emisiones de GEI. También permitía que algunos países desarrollados con menor crecimiento económico aumentaran ligeramente las tasas de emisión de 1990. Los objetivos de reducción de emisiones se fijaban en el Anexo B del protocolo. Para España, el compromiso se fijó en un 92% de las emisiones base, pero posteriormente se permitió renegociar ese objetivo entre los 15 países de la Unión Europea y los Estados en período de adhesión, acordándose como objetivo global para todos un 8% de reducción. Esa negociación interna en el seno de la UE permitió aumentar un 15% las emisiones de España sobre las calculadas para 1990.

Para facilitar los compromisos de Kyoto, se autorizó a los países firmantes a compensar sus emisiones excedentarias con proyectos realizados en terceros países; por ejemplo, mediante la adquisición de derechos de emisión a países con balances de emisión negativos o invirtiendo en sistemas renovables de producción de energía. También se preveía la creación de un mercado de "carbono", a través de agencias financieras y organismos internacionales (Fondo de Carbono del Banco Mundial, por ejemplo). La Unión Europea creó su propio mercado interno de carbono, con diversos mecanismos de control y transferencia para la reducción de emisiones.

En este momento se negocia la extensión del Protocolo de Kyoto más allá del año 2012, con el importante reto de incorporar a los países actualmente en vías de industrialización, que pueden convertirse en los próximos años en los principales emisores, caso de China, India o Brasil. Este nuevo protocolo sigue chocando con la oposición de Estados Unidos (aunque este país parece cada vez más favorable a la reducción de emisiones) y de los países emergentes sobre todo, que no se consideran responsables de la situación creada y ven las reducciones como una seria rémora para su crecimiento económico. Los esfuerzos de la Unión Europea son bastante nítidos. Hay una reciente recomendación del Consejo en este sentido para reducir globalmente las emisiones en el 2020 hasta un 20% del valor de referencia de 1990.

2. Adaptación y vulnerabilidad ante el cambio climático

2.1 Efectos previsibles en nuestro país

El cambio climático es un fenómeno de naturaleza global, pero que tendrá repercusiones muy variadas dependiendo de las regiones. Los modelos predictivos que se manejan se basan en diversos escenarios, que asumen distintos niveles de emisiones y contemplan o no efectos no lineales, muchos de los cuales todavía no se conocen con precisión, por lo que llevan consigo inevitablemente un margen de incertidumbre. No obstante, los avances en la capacidad de cálculo permiten resolver modelos cada vez más complejos, por lo que en los estudios más recientes se reduce paulatinamente ese rango de indecisión.

El estudio más completo sobre los efectos potenciales del cambio climático en España fue elaborado en 2005 por un equipo multidisciplinar coordinado por José Manuel Moreno, catedrático de ecología de la Universidad de Castilla-La Mancha¹¹. Este informe incluye una revisión de las tendencias temporales y previsibles de las variables climáticas más destacadas, así como una modelización de efectos que se pueden producir en muy variados campos. Las principales conclusiones de este estudio pueden resumirse en los siguientes párrafos:

- La temperatura aumentará previsiblemente hacia finales de este siglo entre 3-4° C en invierno y 5-7° C en verano, con un mayor calentamiento en las zonas del interior y en las costeras. La precipitación anual acumulada será inferior, con bajadas más significativas en primavera, aunque aumentarán en el noroeste y noreste en el otoño. Se espera una mayor frecuencia de fenómenos anómalos extremos (olas de calor, gota fría, etc.).
- Los ecosistemas más afectados serán los acuáticos de interior (que pueden desaparecer o convertirse en estacionales) y los de alta montaña, así como los ambientes endorreicos. Los ecosistemas marinos pueden verse alterados por la llegada de especies invasoras. La fauna de climas fríos tenderá a desplazarse hacia el norte y las áreas montañosas. Tendrán más protagonismo las especies parásitas y las plagas.
- Los recursos hídricos pueden reducirse drásticamente, entre un 17% y un 22% a finales de siglo, a consecuencia de la mayor aridez. Esto también repercutirá en la producción de energía hidroeléctrica.
- El impacto sobre la agricultura es incierto: la de secano puede tender a reducir sus rendimientos; y la agricultura de regadío deberá disminuir los recursos hídricos.

¹¹ Moreno, J. M. (ed.) (2005): *Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático*. Ministerio de Medio Ambiente.

- El turismo puede verse afectado por la variación del nivel de costa, con un aumento previsible en un rango entre 10 y 70 centímetros a finales de siglo. Esto afectará también a playas, deltas y estuarios.
- La frecuencia e intensidad de los incendios forestales puede aumentar, así como la temporada activa de incendios.
- Las enfermedades tropicales pueden tener una mayor presencia.

Estos impactos preVISIBLES se confirman en el último informe del IPCC¹², que destaca la cuenca mediterránea como un escenario de especial riesgo, al ser frontera entre dos regiones climáticas bien contrastadas (tropical árida y templada). La tendencia previsible refuerza el carácter semiárido que define el clima de la mayor parte de nuestro territorio.

2.2 Tendencias en las emisiones en los últimos años

La importancia de los efectos preVISIBLES en nuestro país, la inminencia del compromiso que asumimos en el Protocolo de Kyoto y el contexto regional en el que nos movemos, con el papel de liderazgo mundial que ejerce la Unión Europea, obligan a España a adoptar medidas de mayor calado para reconducir nuestras emisiones. En el Protocolo de Kyoto, España se comprometió a no superar en más de un 15% las emisiones de referencia, calculadas tomando como año base 1990. El notable desarrollo económico que ha experimentado nuestro país en las últimas décadas y la falta de compromisos más firmes para disminuir nuestra dependencia de los combustibles fósiles explican que ese margen de emisiones tolerable se superara ya pocos años después de la firma de este acuerdo.

Las cifras de emisiones tienen una cierta divergencia dependiendo de la fuente que se consulte y del marco de referencia considerado. De acuerdo con los datos oficiales que le han llegado a la Convención Marco sobre Cambio Climático (UNFCCC)¹³, el órgano de Naciones Unidas encargado de hacer un seguimiento de las emisiones, en nuestro país se emitieron en 2005 un total de 440,6 Tg (teragramos o megatoneladas) de CO₂ equivalente, lo que supuso un 52,3% más que las emisiones de referencia de 1990; si se considera sólo el CO₂, la proporción supera el 61,2%, 41 puntos por encima del objetivo de Kyoto. Este mismo dato es el que aporta la Agencia Europea de Medioambiente en su reciente informe¹⁴, que reduce

¹² Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007a).

¹³ Véase <http://unfccc.int/resource/docs/2007/sbi/spa/30s.pdf>

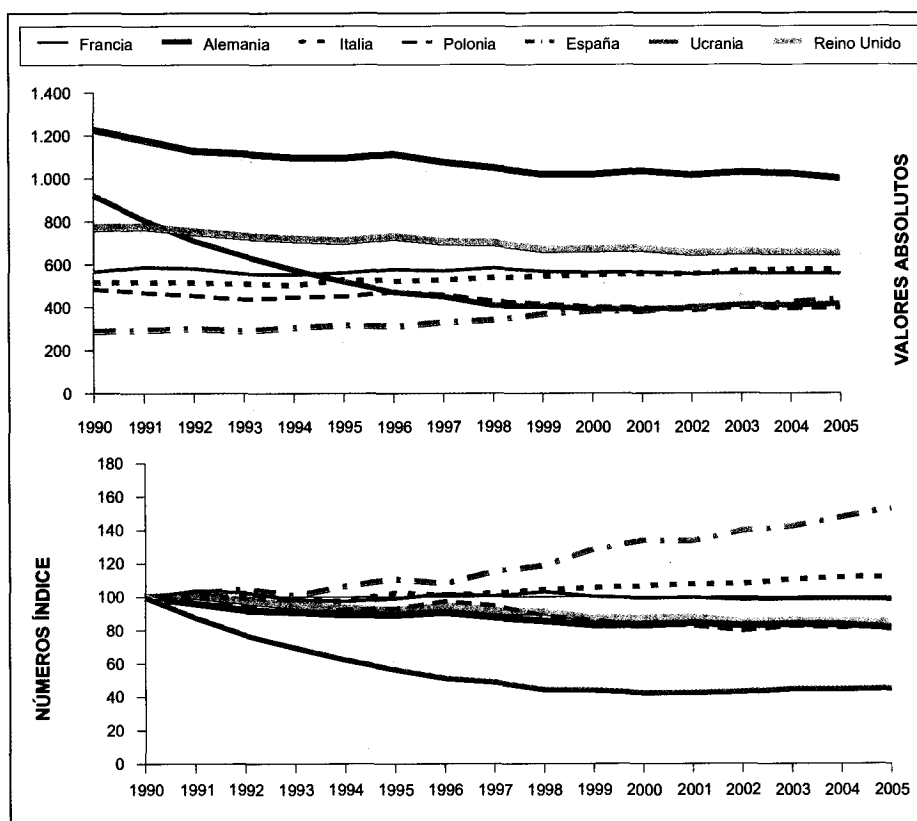
¹⁴ European Environmental Agency (2007): *Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2007. Tracking progress towards Kyoto targets*. Luxemburgo: Office for Official Publications of the European Communities.

la proporción de desvío al 31,3%, considerando los mecanismos flexibilizadores establecidos en Kyoto.

En la cifra anterior de emisiones no se considera el balance de emisiones/absorciones debidos al cambio en el uso de la tierra. Si se incluye este aspecto, la cifra se reduce a 391 Tg, un 59,8% más que en 1990. Las tendencias son similares en otros GEI, como el metano (incremento del 34,4%), hidroclorofluorocarbonos (HFC, PFC, SF6, 64,8%), aunque desciende en óxidos de nitrógeno (6,5%).

Como puede observarse en el gráfico 7, las emisiones de los grandes países industrializados europeos han disminuido en la última década, con la excepción de España y, muy secundariamente, de Italia. Nuestro país es el que registra los mayores incrementos entre todos los países europeos de mayor población, muy por encima de la media europea. De hecho, de to-

Gráfico 7 – Evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero en países con más población de Europa. En gigagramos de dióxido de carbono equivalente y en números índice. Base 1990=100. 1990-2005



Fuente: Elaboración Fundación Encuentro a partir de datos de UNFCCC, en www.unfccc.int

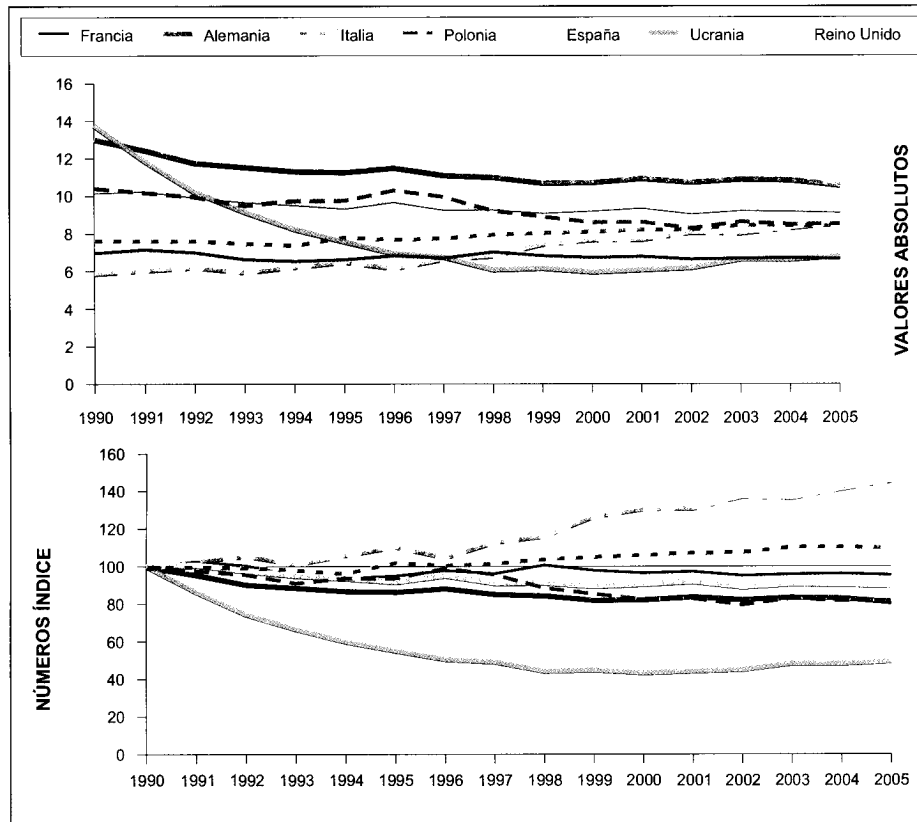
dos los países que informan sobre sus emisiones a la Convención Marco de Naciones Unidas, España es el segundo con mayor crecimiento en emisiones, sólo por detrás de Turquía, que no estaba incluida en el Anexo B del Protocolo de Kyoto. Las reducciones más significativas son las experimentadas por los países de la antigua Europa oriental, seguramente relacionadas con la notable crisis económica que sufrieron en los años noventa. Los descensos más drásticos se observan en Letonia, Ucrania, Lituania y Estonia, que superan el 50% de reducción sobre la base de 1990 (en todos los casos sin incluir los factores relacionados con el uso de la tierra). Entre los países más desarrollados, las disminuciones más significativas corresponden a Alemania (-18,4%) y Reino Unido (-14,8%), seguidos a más distancia por Suecia y Dinamarca (-7,3% y -7%, respectivamente).

El caso danés resulta especialmente significativo. Este país abordó en los años ochenta una ambiciosa política de autoabastecimiento energético, mediante una fuerte inversión en medidas de ahorro y en nuevas fuentes de energía renovable (singularmente eólica). El plan está funcionando de modo eficiente, pues es uno de los países que más drásticamente ha cambiado su dependencia energética del exterior, aunque también es de los que tienen la energía más cara del mundo. Dinamarca puede jactarse de haber doblado su PIB total manteniendo prácticamente constante el consumo absoluto de energía.

Este ejemplo es revelador sobre cómo puede lograrse un cambio en la tendencia del incremento del consumo de energía paralelamente al desarrollo económico y puede servir de referencia a otros países que están creciendo ahora considerablemente, si bien la población danesa no es comparable a la de las potencias emergentes. La relación entre el crecimiento del nivel de vida (mayor uso del transporte, del aire acondicionado, electrodomésticos, producción industrial, etc.) y el aumento del consumo de energía per cápita (y consecuentemente de las emisiones) ha sido bastante común en la mayor parte de las economías occidentales hasta hace pocas décadas, pero es importante revertir el proceso si se quiere conseguir una reducción significativa de las emisiones.

En lo que se refiere específicamente a las emisiones de CO₂ (aunque la tendencia es pareja en otros GEI), España es un buen ejemplo de que el incremento de las emisiones va más ligado al crecimiento económico que al aumento de la población, pues el crecimiento de sus emisiones per cápita es muy significativo en los últimos 15 años (gráfico 8). Pese a que todavía están por debajo de las que tienen otros países europeos industrializados (Alemania o Reino Unido), éstos han experimentado una sensible reducción en emisiones por persona, mientras España las ha incrementado significativamente (de 5,9 a 8,6 Mg o toneladas por habitante). El aumento del consumo per cápita también ha ido parejo a un deterioro de nuestra eficiencia energética, con tendencias negativas en los últimos años,

Gráfico 8 – Evolución de las emisiones de dióxido de carbono per cápita en países con más población de Europa. En megagramos de dióxido de carbono por habitante y en números índice. Base 1990=100. 1990-2005



Fuente: Elaboración Fundación Encuentro a partir de datos de UNFCCC, en www.unfccc.int

también en claro contraste con otros países europeos¹⁵. Asimismo, resulta preocupante nuestra excesiva dependencia del petróleo (casi el 50% de la energía total consumida), con una escasa presencia de las energías renovables y un notable peso del transporte, la industria y la construcción.

2.3 Medidas políticas

Las consecuencias económicas de esa desviación de las últimas décadas respecto a los umbrales fijados en el Protocolo de Kyoto pueden ser muy significativas en los próximos años. Según los datos del UNFCC, en

¹⁵ Fundación Entorno (2007): *ECO2nomia. Liderazgo empresarial hacia una economía baja en carbono*. Madrid: Fundación Entorno, Empresa y Desarrollo Sostenible.

2005 España tenía una desviación de más de 110 Tg (o millones de toneladas) de emisión respecto al compromiso de Kyoto negociado con la Unión Europea, que en principio supondrían un desembolso superior a los 10.000 millones de euros, si no se aplicaran los mecanismos de flexibilización. Estos mecanismos pueden suponer unos 6.800 millones de euros en el período que acabaría en 2012¹⁶. El cambio global afecta en España no sólo al uso de la energía, sino también a la transformación de la utilización del suelo, muy intenso en las últimas décadas, con una gran expansión de la superficie construida, singularmente en las zonas costeras¹⁷.

Ante esta tendencia, los últimos gobiernos han apostado por medidas de ahorro energético y de inversión en energías renovables, aunque aún de una manera que puede calificarse, en términos genéricos, como muy modesta, hasta el momento incapaz de cambiar las tendencias ascendentes en cuanto a emisiones y dependencia energética. El plan de energías renovables preveía que el 12% del total de la energía primaria en 2010 se obtuviera de fuentes renovables (en 2006 se situaba en el 6,8%), alcanzando el 30% de la energía eléctrica. La apuesta principal ha sido la biomasa y la energía eólica, de la que nuestro país es uno de los principales productores mundiales (además de uno de los mayores fabricantes de aerogeneradores); la solar todavía está muy poco desarrollada (apenas alcanza el 0,1% del total de la energía primaria consumida); se impulsan notablemente los biocombustibles (se preveía que un 6% de los combustibles usados en el transporte procedieran de biomasa en 2010, pero todavía sólo se alcanza el 0,4%); y otras son prácticamente desconocidas. Actualmente, las energías renovables no pueden considerarse una alternativa completa a los combustibles fósiles, puesto que la tecnología no está totalmente madura. El último objetivo que se ha marcado la Unión Europea, que sigue apostando prioritariamente por ellas, es conseguir que faciliten el 20% del abastecimiento energético para el año 2020.

La energía nuclear, por el momento, no se considera una alternativa adecuada en nuestro país, en línea con la tendencia de otros países europeos como Alemania o Italia. Se mantiene la paralización de los nuevos reactores nucleares que se dispuso en 1994, confirmada en 1997, aunque no se han propuesto fechas concretas para el cierre de las plantas actuales. La discusión sobre esta fuente de energía es uno de los temas más polémicos relacionados con el cambio climático, ya que muchos la consideran la única alternativa energética eficiente a medio plazo (30-50 años) para reducir drásticamente las emisiones de GEI¹⁸. Otros (la mayor parte de los

¹⁶ Fundación Entorno (2007).

¹⁷ Observatorio de la Sostenibilidad (2006): *Cambios de ocupación del suelo en España: implicaciones para la sostenibilidad. Principales resultados a nivel nacional y por Comunidades Autónomas*. Madrid: Mundi-Prensa.

¹⁸ Lovelock, J. (2007): *La venganza de la Tierra*. Barcelona: Planeta.

agentes sociales) la rechazan frontalmente, quizá por el uso dual (civil y militar) de esta energía y la fuerte percepción del riesgo que conlleva.

Sin embargo, y sin pretender ahondar en este tema que requeriría lógicamente un informe extenso por sí sólo, la energía nuclear resulta muy segura (con los controles adecuados, obviamente), tiene un balance de emisiones muy pequeño (prácticamente sólo los derivados de la construcción) y garantiza un abastecimiento constante, independientemente de las condiciones meteorológicas. En el lado negativo, sigue siendo muy problemático el tratamiento y almacenamiento de los residuos, las centrales suponen una gran inversión y cuentan con un enorme rechazo social. Sin pretender identificarla como la única solución posible, puede considerarse una opción temporal para reducir con mayor rapidez el uso de los combustibles fósiles, mientras se mejora la tecnología para que las energías renovables sean más eficientes y estables y se progresa en los reactores de fusión nuclear, que tendrán impactos ambientales muy pequeños. Somos conscientes de que la enorme inversión que implica y el rechazo social que provoca hace actualmente inviable la energía nuclear en nuestro país, que sólo podría reactivarse con una voluntad política muy clara en su favor.

En cuanto a las estrategias de ahorro energético, el recientemente aprobado plan del Gobierno intenta mejorar la eficiencia en la construcción y los procesos industriales. En julio de 2007 se remitió al Consejo Nacional del Clima la Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia (Horizonte 2007-2012-2020). Este plan de acción prevé reducir las emisiones en 32,5 Tg para 2007, aumentar las energías renovables hasta obtener otros 27 Tg de reducción para 2010 e implantar mejoras en el transporte que permitan disminuir 30 Tg. En suma, se pretende lograr una reducción de casi 100 Tg de CO₂, lo que significaría una desviación de sólo seis puntos respecto al compromiso asumido en el Protocolo de Kyoto. Pero no parece que sea muy viable este objetivo ante un horizonte tan inmediato como el 2012. Esto supondrá –como se indicaba– que habrá que compensar las desviaciones con la adquisición de derechos de emisión.

El plan del Gobierno intenta fomentar también el ahorro energético, para lo que ha apostado por impulsar la adquisición de vehículos de bajo consumo (el parque de este tipo de coches en España es muy inferior al de otros países) mediante la reducción del impuesto de matriculación y circulación. También se prevé promover el transporte por ferrocarril, campañas de ahorro y eficiencia energética, mejoras en la edificación y en la producción de materiales de construcción. Aún es pronto para calibrar el impacto de estas medidas –tan esperadas como necesarias– para transformar la tendencia de emisiones ascendentes en los últimos años. En 2006, último año del que se dispone de datos, el Gobierno afirma que las emisiones han disminuido un 4%, manteniendo un alto crecimiento del PIB (3,9%), lo que para el Ejecutivo es un indicador de que pueden revertirse

las tendencias. Para otros analistas, se trata de un dato coyuntural, relacionado con la mayor disponibilidad de energía hidroeléctrica por la temporada de lluvias. En cualquier caso, las medidas del Gobierno central llegaran al final de la legislatura, lo que indica que las acciones para luchar contra el cambio climático no han figurado entre sus prioridades.

Hasta ahora, el grado de cumplimiento de los objetivos energéticos marcados desde el Ejecutivo central es sumamente pobre para la energía solar y los biocarburantes, alcanza el 50% en la eólica, es bastante buena en biogás (69%) y supera el 80% en hidráulica y biomasa térmica¹⁹. La reducción del consumo de energía en el sector del transporte se puede mejorar también considerablemente. El transporte por ferrocarril aún puede expandirse notablemente y el transporte privado en automóvil dista mucho de ser razonable, ya que más de la mitad de los desplazamientos que se realizan no superan los tres kilómetros. El uso de vehículos de bajo consumo todavía es escaso en nuestro país, que cuenta con un parque móvil con emisiones promedio de 162 g de CO₂ por kilómetro recorrido, frente a los 107 g/km. de los vehículos híbridos. Una reciente recomendación de la Unión Europea pretende que ningún vehículo supere los 120 g/km. para 2012.

Algunas comunidades autónomas y ayuntamientos han adoptado sus propias medidas fiscales en relación con el ahorro y la eficiencia energética. Es interesante destacar, por ejemplo, el plan aprobado recientemente por la Comunidad de Madrid [denominado "Plan Azul", aunque el título oficial es Estrategia de Calidad del Aire y Cambio Climático de la Comunidad de Madrid (2006-2012), aprobado en junio de 2007], o la creación de agencias de seguimiento sobre cambio climático en varias comunidades autónomas, como Cataluña y Canarias.

Las empresas también contemplan el cambio climático como un sector de inversión estratégica, especialmente las compañías energéticas. Iberdrola (junto con su filial escocesa Scottish Power), Acciona y Endesa figuran entre las cinco primeras empresas eléctricas mundiales por capacidad eólica instalada y Gamesa está entre las cinco primeras en construcción de aerogeneradores.

La energía solar está todavía poco extendida, pero se plantean grandes inversiones en los próximos años, tanto en España como en otros países donde operan las principales eléctricas españolas. El gas natural cuenta también con un creciente desarrollo en España. Aunque es un combustible fósil, su tasa de emisiones es mucho más baja que la del petróleo o el carbón, por lo que se está impulsando como fuente energética puente. La tecnología apunta a una mejora en los sistemas de transporte, que evite las

¹⁹ Véase el capítulo II de este Informe.

emisiones de metano como consecuencia de pérdidas directas de gas natural durante su transporte y distribución. Los biocarburantes también requieren un mayor impulso, mientras la biomasa térmica ya registra unos valores significativos en cuanto a potencia instalada.

Obviamente, las oportunidades de negocio en las nuevas tecnologías que genere la búsqueda de fuentes de energía alternativas ya están siendo atractivas para muchas empresas en muy diversos sectores industriales²⁰.

2.4 Implicaciones sociales

Visión general

Si bien el tema del cambio climático ha adquirido un notable protagonismo en los últimos meses, aún hay pocos estudios que muestren la actitud de la población ante este problema.

En una reciente encuesta realizada en diez países europeos²¹, la mayor parte de los entrevistados se muestran preocupados por el cambio climático (80%), pero siguen dominando las razones económicas sobre las ambientales para el ahorro de energía. Casi dos terceras partes de los entrevistados aseguran que reducirían su consumo de energía si fueran más conscientes de su gasto en cada momento, por lo que convendría desarrollar sensores que permitieran medir ese consumo instantáneo. El informe indica que se podría reducir hasta el 22% si se implementaran medidas más eficaces de gestión y consumo energéticos.

En cuanto a la opinión de los españoles, el informe citado indicaba que somos el país con mayor preocupación por el cambio climático, pero no precisamente el más consciente de que nuestro uso de la energía afecta al clima. De hecho, España es el país donde el consumidor muestra un menor conocimiento de las medidas de eficiencia energética. Se sitúa en el rango más bajo de los diez países encuestados en relación con las medidas que se toman para reducir el consumo doméstico (sólo por detrás de Noruega y Finlandia) y el más bajo (con Portugal) si se consideran seis medidas concretas para reducir el consumo energético. También estamos por debajo de la media europea en lo que se refiere al porcentaje de personas que prestan atención a la eficiencia energética cuando compran bombillas, frigoríficos o coches²². Además, somos el país que más se queja de la falta de incentivos para el ahorro de energía por parte del Gobierno.

²⁰ Fundación Entorno (2007).

²¹ Logica CMG (2007): *Turning concern into action: Energy efficiency and the European consumer. Survey*. Londres: Logica CMG. Véase <http://www.logicacmg.com/>

²² *Ibidem*, 12.

Respecto a la actitud de los españoles ante el cambio climático, una encuesta recientemente realizada por el Centro de Investigaciones Sociológicas (CIS) muestra que la mayor parte de los encuestados consideraba el calentamiento global como el principal problema ambiental a escala mundial (28,5% de las respuestas), por delante de la contaminación general y atmosférica (15,2% y 10,3%, respectivamente), si bien pensaban que era un problema con escasas repercusiones nacionales (6,7%) o locales (2,9%). La encuesta destacaba también que el 82,9% de los españoles considera probado el calentamiento global, mientras que un 54,2% pensaba que se le da menos importancia de la que tiene.

A la hora de valorar las prácticas más eficaces para reducir las emisiones, la mayoría optaba por poner límites a las industrias (33,9%), por delante de otras medidas, como prohibir los productos contaminantes (16,5%), apoyar planes de transporte urbano (15,3%), impedir la circulación de vehículos contaminantes (14,3%) o limitar el uso de la calefacción (3,7%). Pero, a la vez, se evidenciaba que una buena parte de los encuestados no tenía una información muy detallada sobre el problema, puesto que un 36,3% nunca había oído hablar del Protocolo de Kyoto.

Esta ignorancia sobre la base científica del problema se ha detectado en otros estudios. Así, por ejemplo, una publicación sobre la percepción ambiental de los jóvenes españoles²³ muestra que su gran sensibilidad ante los problemas ambientales va pareja en muchas ocasiones con un drástico desconocimiento de los mismos. Por ejemplo, los jóvenes opinan mayoritariamente que las energías renovables son más baratas que las convencionales (cuando son hasta quince veces más caras), que el carbón ya no es una fuente destacada de nuestra oferta energética (sigue facilitando el 15% de la energía primaria consumida en el país) o que la energía nuclear contribuye significativamente a la contaminación del aire y, en consecuencia, al calentamiento global y al cambio climático (es la energía más limpia desde el punto de vista de las emisiones de GEI, incluyendo la solar, si se consideran las demandas en fabricación de componentes).

Las fuentes de información y los grupos que inspiran más confianza respecto a estos temas pueden explicar estos desajustes, ya que la mayor parte de los encuestados pone en primer lugar a los grupos ecologistas y en una posición destacada a los medios de comunicación: los primeros sesgados en muchas ocasiones ante el problema (singularmente en el tema de la energía nuclear) y los segundos también a veces poco nítidos en cuanto a facilitar una visión más rigurosa del tema. Finalmente, este trabajo destaca el escaso compromiso personal de los jóvenes, que ven en el Gobier-

²³ Pérez Díaz, V. y Rodríguez, J. C. (2005): *Los jóvenes españoles ante la energía y el medio ambiente. Buena voluntad y frágiles premisas*. Barcelona: Fundación Gas Natural.

no o las Administraciones el principal líder en la solución de los problemas ambientales.

En otra reciente encuesta realizada por la BBC en 21 países del mundo, la mayor parte de los entrevistados consideraba que era necesario cambiar los hábitos y estilos de vida, además de aumentar los impuestos sobre la producción de energía contaminante, siempre que fuera directamente orientada al fomento de energías más limpias.

Resultados de una encuesta piloto

Con ánimo de enriquecer más nuestro conocimiento sobre la percepción que la población española tiene de este problema, abordamos la realización de una modesta encuesta en varios centros de enseñanza de la Comunidad de Madrid²⁴. Se pretendía recabar la opinión sobre el cambio climático de alumnos, padres y profesores de distintos barrios suficientemente contrastados, social y económicamente. La encuesta se realizó finalmente en tres centros de enseñanza pública, situados en Alcalá de Henares y Leganés (I.B. Alonso Quijano, I.B. Complutense y I.B. Julio Verne), y dos colegios privados de La Moraleja y del Barrio de La Estrella. Somos conscientes de las limitaciones inherentes a la selección del escenario educativo para realizar este muestreo, al no ser plenamente representativo de la sociedad española, pero pensamos que podría servir como una primera aproximación sobre la percepción de este problema, principalmente entre la población con un nivel de estudios medio y alto.

La encuesta fue finalmente contestada por 246 personas, principalmente alumnos de 1º y 2º de Bachillerato, así como un pequeño grupo de padres y profesores. Del total de encuestados, 167 son menores de 25 años, 65 están entre 25 y 50 años y 14 tienen más de 50 años. Hay una mayor proporción de varones (58,1%) que de mujeres (40,2%), pero no parece problemático, ya que en principio no se esperaba encontrar diferencias significativas en los contenidos en función del sexo. En cuanto a la profesión de los encuestados: el 3,7% son empresarios o trabajadores por cuenta propia; el 18,3% trabajadores por cuenta ajena; el 5,7% funcionarios; y el resto, estudiantes, otras ocupaciones o no contesta. Respecto al nivel de estudios, la muestra incluye un 4,5% de personas con enseñanza primaria, un 16,3% con estudios secundarios, un 59,3% con Bachillerato o FP y un 17,1% con títulos universitarios.

²⁴ Una vez ya redactado este capítulo se ha hecho público un estudio de la Fundación BBVA denominado *Percepciones y actitudes de los españoles hacia el calentamiento global*, que incluye un análisis más detallado del que aquí se presenta, si bien los resultados no difieren significativamente. Se observa en esta encuesta el interés de los españoles ante el problema y su decisión de tomar medidas al respecto, aunque también su resistencia a aquellas que más les pueden afectar directamente. También se sigue percibiendo un cierto desconocimiento sobre las bases científicas del problema.

De cara a estudiar la influencia de las opiniones políticas sobre los resultados de la encuesta, se incluyó también una pregunta de control sobre este punto, solicitando a los encuestados que indicaran, en una escala numérica de 1 (izquierda) a 10 (derecha), su identificación política. Se obtuvo un resultado promedio de 5,58 entre los que respondieron esta cuestión (217 personas), con una desviación típica de 2,78, lo que indica un valor próximo al promedio esperable.

En las hipótesis iniciales de la encuesta asumíamos que existirían diferencias significativas sobre la percepción del cambio climático en función de estas variables de control. Tales asunciones partían de nuestro conocimiento del problema y de algunos estudios previos que tratan directa o indirectamente este tema. Las más significativas eran:

— *Edad*. Se esperaba una mayor aceptación de la existencia del cambio climático entre los más jóvenes, al estar más sensibilizados sobre esta cuestión.

— *Nivel de estudios*. No se preveían diferencias muy nítidas, pero se asumía que los encuestados con mayor nivel de estudios tendrían opiniones más reflexivas, menos dependientes de los medios de comunicación.

— *Profesión*. Puesto que las medidas de mitigación del cambio climático afectarán a la actividad económica, se asumía que los profesionales liberales (empresarios o por cuenta propia) serían más críticos al cambio climático que los trabajadores por cuenta ajena o los funcionarios.

— *Afiliación política*. Se creía que los más escépticos con el cambio climático serían principalmente personas de tendencia conservadora, mientras los más identificados con la izquierda lo aceptarían más nítidamente.

Respecto a los resultados globales de la muestra, se observan algunas tendencias interesantes. La mayor parte de los encuestados se considera medianamente enterado del problema (85%), frente a los poco o nada enterados (11,4%) o los expertos (2,8%). Sin embargo, el conocimiento del Protocolo de Kyoto por parte de los encuestados es generalmente bajo, ya que la mayor parte lo desconoce completamente (22%) o no sabe las repercusiones que tiene en nuestro país (40,7%), frente a los que sí lo conocen (34,6%). Un 58,1% de los entrevistados conoce el problema a través de los medios de comunicación, seguidos de los que han recibido clases sobre este asunto (15%) o han realizado lecturas personales (13,8%). En este caso, la alta proporción de población estudiantil explica que la segunda opción sea tan marcada, lo que no cabría aplicarse al conjunto de la población.

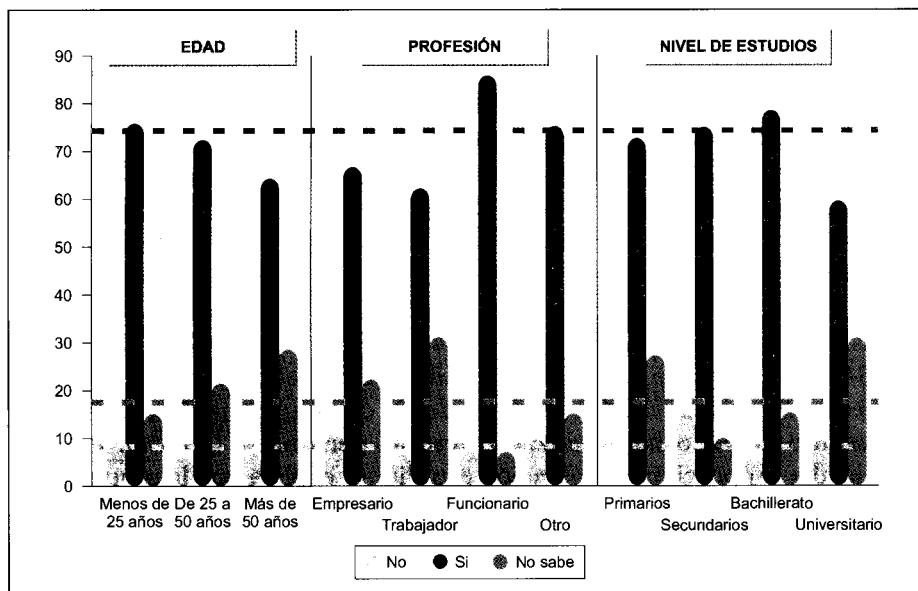
En cuanto a la percepción sobre cómo se informa de este tema por parte de los medios de comunicación, las opiniones están bastante divididas entre quienes piensan que se tiende a exagerar (35%) o que se informa

bien (25,2%), si bien destaca una alta proporción (37%) que no tiene una opinión muy formada sobre este asunto.

La mayor parte de los encuestados está de acuerdo con que existe un cambio climático anómalo (73,6%), frente a sólo un 8,1% que lo rechaza y un 17,5% que no está seguro. En este sentido, la respuesta coincide con las tendencias ya anotadas de los estudios del CIS y de Logica CMG.

Sin embargo, es interesante apuntar diferencias significativas sobre el grado de aceptación del cambio climático en función de las preguntas de control (gráfico 9), confirmando algunas de las hipótesis planteadas al iniciarse la encuesta. Por ejemplo, los entrevistados más jóvenes tienen una opinión más claramente afirmativa (75,8%) que los de mediana edad (72,3%) y los mayores de 50 años (64,3%), que suelen inclinarse más frecuentemente por declarar su negativa o incertidumbre ante el problema. Junto a la mayor sensibilidad por los temas ambientales, esta diferencia por edades también se relaciona con el tipo de información que cada grupo recibe, ya que los más jóvenes muestran mayor desconocimiento del Protocolo de Kyoto (24,2%) y de sus implicaciones para nuestro país (45,3%), frente al grupo de 25 a 50 años (20,3% y 39,1%, respectivamente), y sobre todo de los de más de 50 años (14,3% en ambos casos). Este último grupo es también el que declara un mayor conocimiento personal del

Gráfico 9 – ¿Está de acuerdo con que existe un cambio climático anómalo? Por grupos de edad, profesión y nivel de estudios. En porcentaje. 2007



Nota: Las líneas intermitentes indican el valor promedio de todos los encuestados.

Fuente: Fundación Encuentro.

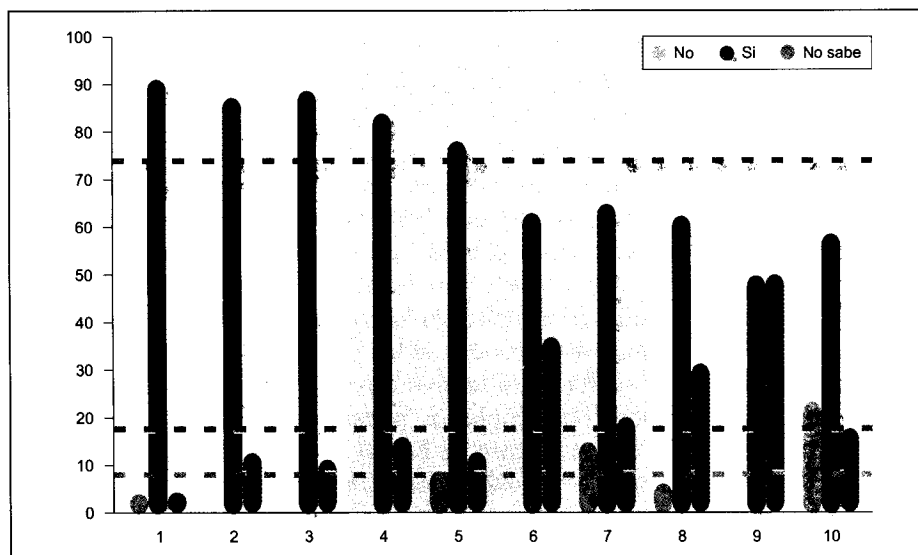
problema a través de lecturas (31%), frente al grupo de edad intermedio (sólo el 13,1% lo hace a partir de lecturas personales) o al más juvenil, en el que las clases son también muy significativas (25%).

En cuanto al efecto de las distintas profesiones, los porcentajes afirmativos son claramente más altos en los que dependen del sector público que para los del privado. Los funcionarios muestran un grado de acuerdo con el cambio climático significativamente más alto que el resto de los encuestados (85,7%), frente a los empresarios o trabajadores por cuenta ajena y los trabajadores por cuenta propia, que son más críticos (están de acuerdo un 66,7% y 62,2%, respectivamente). Entre estos dos grupos de profesiones se observa una diferencia nítida en cuanto a las fuentes de información, con mucha mayor presencia de las lecturas personales entre los funcionarios. También resulta significativo que sea éste el sector profesional con más conocimiento del problema, puesto que el 71,4% señala conocer las implicaciones del Protocolo de Kyoto para nuestro país, frente al 44,4% de los empresarios o el 36,4% de los trabajadores por cuenta ajena. Es preciso tener en cuenta que la mayor parte de los funcionarios encuestados son profesores de enseñanza media, lo que seguramente conlleva un mayor conocimiento del problema frente a otros sectores de empleados públicos.

Respecto al nivel de estudios, los más convencidos de la existencia del cambio climático son los que cuentan con Bachillerato (78,5%) y los más críticos los universitarios (no están seguros un 31%), aunque siguen siendo mayoría los que están de acuerdo (59,5%) frente a los más críticos (9,5%). Los que poseen estudios secundarios son los que tienen una opinión más clara, con el porcentaje más pequeño de dudosos (sólo un 10%), una importante mayoría de favorables (75%), aunque también un grupo significativo de críticos (15%).

La afiliación política parece mostrar con mayor claridad diferencias en la opinión respecto a este tema. El gráfico 10 recoge cómo se va modificando la proporción de personas favorables a aceptar la existencia del cambio climático según la afinidad política de los encuestados, con una tendencia clara hacia la izquierda. Los 18 entrevistados que no están de acuerdo con la existencia del cambio climático tienen una media de afinidad política de 7,5 (con una desviación típica de 2,7), lo que indica que tienden mayoritariamente a ser conservadores, aunque también hay algunas personas de izquierdas más escépticas. Entre los que aceptan la existencia del cambio climático, la distribución es más equilibrada (con un promedio de 5,14), aunque es mucho más alto el porcentaje entre los claramente identificados como de izquierdas (afinidad <3). Finalmente, entre los inseguros dominan los que tienen mayor afinidad con la derecha (media de 6,42). La diferencia entre la simpatía política media de los partida-

Gráfico 10 – ¿Está de acuerdo con que existe un cambio climático anómalo? Por grado de identificación política. En porcentaje. 2007



Nota: 1: Izquierda; 10: Derecha. Las líneas intermitentes indican el valor promedio de todos los encuestados.

Fuente: Fundación Encuentro.

rios y detractores del cambio climático puede considerarse estadísticamente significativa.

Esta divergencia política tan marcada se evidencia también en la forma en que los medios de comunicación de una u otra tendencia presentan este asunto. Aunque no se ha realizado un análisis exhaustivo, ciertamente, y pese a que los grandes partidos políticos del país son favorables a aplicar el Protocolo de Kyoto y a mitigar el impacto del cambio climático, existe una polarización política en torno a este tema, tal vez reforzada en los últimos meses a raíz del protagonismo que Al Gore ha tenido en este debate, puesto que se trata de una persona claramente significada políticamente.

La siguiente pregunta pretendía constatar en qué grado el interesado achacaba el cambio climático a causas naturales o humanas. La mayoría de los encuestados opina que se debe a causas humanas (59,3%), frente a un 11,8% que lo estima de origen natural y un 9,3% que no está seguro. Para los entrevistados, la principal responsable del calentamiento climático es la industria (67,9%), bastante lejos de otros factores que también se consideran importantes como la deforestación (39%) o el transporte (33,7%), siendo muy escasa la proporción que señala la agricultura como causante de las emisiones. Entre las respuestas abiertas que facilitaron los encuestados se apuntan otros factores como la actuación urbanística, las guerras o la contaminación en general.

Convendría recordar las diferencias entre la percepción de la población y la realidad, ya que la industria apenas ha contribuido al incremento de las emisiones en el conjunto de los países más avanzados, con porcentajes diez veces inferiores a la generación de energía y algo menores que la agricultura. Para el caso español, las emisiones del sector industrial suponen un 24% del total, del que la mayor parte (16%) se trata de industria de producción energética. El transporte ocupaba un porcentaje similar de emisiones, mientras el sector agrario alcanzaba un 13%²⁵.

Respecto a las repercusiones del cambio climático en nuestro país, la mayor parte de los entrevistados se divide entre considerar los efectos como medianamente o muy importantes (43,9% y 46,3%, respectivamente), frente a una minoría que les otorga poca importancia. Aquí aparece también la dicotomía política de los encuestados, con una diferencia marcada entre los que consideran los efectos poco importantes (7,15 en la escala de afinidad política, esto es, principalmente de derechas) y los que opinan que son muy importantes (4,71, principalmente de izquierdas).

No obstante, la mayor parte de quienes contestaron no estiman que el cambio climático esté entre los tres problemas más importantes de nuestro país, sino entre los 10 primeros (60,2%), y un 10,6% no piensa que sea un problema importante. Entre los efectos potenciales del cambio climático destacan los que afectarán al medio ambiente (75,2%), muy por encima de posibles impactos negativos sobre el turismo (19,1%), la agricultura (34,6%) o la salud (46,7%).

Finalmente, en cuanto a las medidas para paliar el cambio climático, la mayor parte considera que la Unión Europea debería liderar la lucha contra el cambio climático (53,3%), frente a los que afirman que tendría que ser el Gobierno central (13,4%) o las empresas (8,1%), si bien hay bastantes entrevistados que no se definen por ninguna opción. Queda de manifiesto la escasa importancia que conceden a los Gobiernos autonómicos o locales en este problema. Resulta interesante anotar que los entrevistados con mayor afinidad política hacia la izquierda (afinidad <3) tienden a dar mayor protagonismo a las empresas para liderar la lucha contra el cambio, frente a los de mayor orientación conservadora (>7), que ponen mayor énfasis en la Unión Europea.

Respecto a las respuestas personales de los entrevistados frente a este problema, el 22% confiesa no haber adoptado ninguna, el 33,3% declara que utiliza más el transporte público y el 53,7% que reduce su consumo de energía. Resulta muy significativo que muchos entrevistados hayan identificado el reciclado como su principal medida para paliar el cambio climático, cuando en realidad no tiene una influencia directa. Tal

²⁵ Fundación Entorno (2007).

vez se trata de un efecto más de considerar el cambio climático como otro problema ambiental más, y por tanto solucionable con cualquier medida que favorezca la conservación de los recursos.

Finalmente, se intentaba saber cuál era el grado de acuerdo con diversas medidas propuestas por los expertos y organismos internacionales. En general, las coercitivas no cuentan con mucho apoyo: sólo el 25,2% estaría dispuesto a que se restringiera el uso del transporte individual y el 39% a que se incrementara la fiscalidad por el uso de combustibles fósiles (petróleo, gas o carbón). En cambio, tienen más apoyo las que fomentan el ahorro de energía o la producción de fuentes renovables: el 87,4% que se fomentara la adquisición de vehículos híbridos, el 88,2% que se requiriera producir un mínimo de energía de fuentes renovables y el 87,6% que se facilitara el mayor uso de los biocombustibles.

Como se ha observado en otras encuestas sobre esta temática, la energía nuclear se sigue considerando de forma muy negativa. Pese a tratarse de una de las más limpias desde el punto de vista de las emisiones, menos de una tercera parte de los encuestados apoyaría el aumento de la producción de energía nuclear. Es obvio que esta energía sigue estando marcada por la polémica política, ya que se observa una polarización relacionada con la afinidad ideológica de los entrevistados. La mayor parte de los que aceptan la extensión de la energía nuclear se declaran políticamente de derechas (rango de 5 a 10), mientras los más críticos son los de izquierdas, aunque también hay proporciones altas de rechazo entre los más conservadores. El valor promedio de afinidad política para los favorables a la energía nuclear es de 6,74, frente a 5,07 de los que están en contra.

Las medidas recomendadas para paliar el cambio climático se relacionan en la encuesta con el conocimiento del problema que muestran los entrevistados. Normalmente, aceptan la mayor parte de las indicadas aquellos que tienen más conocimiento del cambio climático, mientras que los mayores prejuicios aparecen entre quienes saben menos del problema. Por ejemplo, los que afirman conocer el Protocolo de Kyoto son más favorables que los que lo desconocen a gravar el transporte individual (45,9% frente a 16,4%), incrementar la fiscalidad por el petróleo (35,1% y 21,3%) o aceptar la extensión de la energía nuclear (40,5% y 24,3%).

En definitiva, el debate indica una clara mezcla entre actitudes y valores, por un lado, e información y reflexión, por otro. Esto remarca el alcance social que el cambio climático tiene, en la medida en que afecta a aspectos socioeconómicos muy relevantes.

3. Cambio climático, medio ambiente y desarrollo económico

El cambio climático plantea retos de gran envergadura a la humanidad, al tratarse de un fenómeno global y de repercusiones potencialmente desastrosas. La respuesta a ese reto –a nuestro modo de ver– no puede ser únicamente tecnológica: nos enfrentamos también a una revisión de nuestro modelo de desarrollo económico. ¿Hasta qué punto es sostenible en el tiempo la manera en que consumimos los recursos naturales? ¿Cuál es el límite entre lo imprescindible y lo superfluo, entre cubrir nuestras necesidades y derrochar materias primas y energía?

Los españoles están preocupados por el cambio climático, pero son escépticos sobre el impacto que las medidas individuales pueden tener ante este problema, tal vez llevados por una dependencia excesiva de los poderes públicos o la falta de una información rigurosa sobre el problema.

La reducción de emisiones de GEI está muy ligada al uso que se hace de la industria y el transporte, al modo de calentarnos o refrescarnos, a la forma de producir nuestros alimentos, al consumo de bienes y servicios que realizamos. Todos los bienes que consumimos, desde los alimentos hasta las medicinas, desde los muebles hasta los libros, necesitan energía y materias primas para producirse. Si se compara el impacto del ser humano sobre los recursos naturales, nuestra especie puede considerarse en líneas generales como derrochadora del medio, al consumir muchos más recursos de los necesarios para satisfacer sus necesidades vitales. Indudablemente, esas necesidades no son sólo físicas (alimento, refugio, calor...), sino también espirituales (cultura, comunicación, descanso...), por lo que nuestra “huella ecológica” no es comparable a la de otras especies animales. Ahora bien, los retos que plantea la conservación ambiental requieren evaluar críticamente el modelo de desarrollo actual, basado principalmente en el crecimiento económico, en la acumulación de bienes, sobre otros valores más intangibles, pero a la larga más importantes para un ser humano, como sentirse querido, formar parte de una familia, ser valorado en lo que se hace o crecer culturalmente.

La inclusión del medio ambiente entre las externalidades de cualquier proceso de producción supone un paso adelante en la conservación de los recursos naturales. Parece detectarse un creciente interés hacia una consideración más integral de la actividad económica, en donde no sólo se tomen en cuenta los balances económicos (inversiones-beneficios) en términos monetarios, sino también otros aspectos sociales y ambientales que a la larga forman parte de un concepto verdaderamente humano del desarrollo. Un proceso puede ser rentable desde un punto de vista financiero, pero tener unos impactos ambientales (contaminación o degradación del medio) o sociales (pérdida de puestos de trabajo, inestabilidad laboral) que es preciso considerar si queremos que la economía esté al servicio del ser

humano y no al revés. La inclusión del componente ambiental permitirá dimensionar más adecuadamente los procesos productivos.

No es fácil valorar económicamente la degradación ambiental, pues sus efectos no siempre son evidentes a corto plazo, pero es preciso hacer ese esfuerzo si se quiere garantizar una continuidad de nuestro modelo de desarrollo. Los recursos naturales que usamos, entre los que se cuenta la energía, forman parte de una interacción con el medio que debería ser sostenible en el tiempo, para el bien de las generaciones futuras y el mejor equilibrio de la especie humana con el ecosistema planetario.

El cambio climático es un ejemplo paradigmático de esta aseveración, ya que se evidencia que el uso creciente de combustibles fósiles tiene efectos secundarios que no se habían contemplado previamente. El coste real de su uso está más allá de lo que dicta el mercado, porque es preciso incluir los impactos que tiene a medio y largo plazo. El consumo de un determinado bien natural debería contabilizarse no únicamente sobre los costes de producción y distribución, sino también de retorno al estado natural del que procede, ya que la eliminación de efectos no inicialmente previstos en ese consumo puede hacerlo inviable a largo plazo. Por ejemplo, resulta significativo en este sentido que en una reciente sentencia del Tribunal Supremo de Estados Unidos se calificara como contaminación atmosférica la emisión de GEI. Hasta hace pocas décadas casi nadie había reparado en que la emisión de CO₂, por ejemplo, fuera contaminante, pues se trata de un gas emitido desde muchas fuentes completamente naturales (volcanes, océanos, vegetación, etc.), y de hecho necesario para la actividad fotosintética, pero potencialmente negativo cuando se superan unos umbrales de tolerancia, como ahora se pone de manifiesto en los efectos del calentamiento terrestre.

4. Conclusiones

A lo largo de estas páginas se ha observado que el cambio climático supone un importante reto global, por los factores y efectos previsibles que conlleva. Implica modificar los patrones del uso de la energía y los recursos naturales, hacia un escenario que garantice una mayor sustentabilidad, reduciendo la dependencia de los combustibles fósiles. La emisión de GEI está principalmente asociada a la actividad industrial, al transporte y al consumo urbano. Su reducción sólo será viable si se armonizan una serie de estrategias complementarias que garanticen una mayor eficiencia energética, la sustitución paulatina de las fuentes de energía tradicionales y el mantenimiento y ampliación de las fuentes naturales de absorción, complementándolas con otras tecnologías de captación de GEI.

El Protocolo de Kyoto es un paso adelante muy prometedor en esa línea, no tanto por el alcance de los compromisos adquiridos, sino por sentar un precedente de importancia estratégica para asegurar una cooperación internacional en la lucha contra el cambio climático. La segunda ronda intentará incluir en esos compromisos a las economías emergentes, que cuentan con un importante potencial emisor, convenciendo finalmente a las más desarrolladas para que se sumen a los compromisos del primer Protocolo y extiendan aún más su esfuerzo. El ambiente político en Estados Unidos, ahora ya el único país que no ha ratificado el acuerdo, apunta a un cambio significativo.

La situación española respecto a los compromisos adquiridos en Kyoto es especialmente preocupante: es el país europeo con la mayor desviación respecto a las emisiones permitidas. Esto puede suponer un notable impacto en nuestra economía en los próximos años si queremos aproximarnos, al menos, a los objetivos previstos en el Protocolo. El plan recientemente aprobado por el Gobierno marca algunas metas ambiciosas, pero no queda claro todavía en qué medida supone una apuesta firme o una actitud temporal, influenciada por la proximidad de las elecciones generales. En uno u otro caso, se plantea a la sociedad civil el reto de reorientar la economía española, manteniendo el nivel de desarrollo y disminuyendo a la vez el consumo de energía. En definitiva, mejorando notablemente la eficiencia energética, algo que ya han conseguido otros países de la Unión Europea.