

**COLABORACIÓN ESPECIAL****CAMBIO CLIMÁTICO Y PROTOCOLO DE KIOTO. CIENCIA Y ESTRATEGIAS.  
COMPROMISOS PARA ESPAÑA****Federico Velázquez de Castro González**

Presidente de la Sociedad Española de Química y Medio Ambiente

**RESUMEN**

El artículo presenta el cambio climático como el principal problema ambiental de nuestro tiempo. Consecuencia del llamado efecto invernadero, el cambio climático es provocado por determinados gases cuyas concentraciones atmosféricas crecen con perfil exponencial. Sus consecuencias se dejarán sentir en toda la biosfera, desde los fenómenos meteorológicos al ser humano, creando un panorama incierto que exigirá una rápida adaptación de todas las especies. No es, sin embargo, un proceso irreversible por lo que la actuación es posible y necesaria, combinando la educación y las medidas legislativas, manifestadas en los plazos y cantidades establecidas por el Protocolo de Kioto de 1997. España será uno de los países más afectados y por ello su estrategia puede suponer un instrumento valioso que corrija las desviaciones producidas y contribuya al urgente control de las emisiones globales.

**Palabras clave:** Efecto Invernadero. Cambio climático. Dióxido de carbono. Gas invernadero. Políticas Públicas. Metano.

**ABSTRACT****Climate Change and Kyoto Protocol.  
Science and Strategies. Obligations  
for Spain**

This article presents climate change as the major environmental problem of our time. A result of the so-called "greenhouse effect", climate change is caused by certain gases, the concentrations in the atmosphere of which are growing exponentially. The consequences of these gases are going to be felt throughout the entire biosphere, from weather phenomenon to humans, creating a uncertain panorama which is going to be requiring some fast-paced adaptation on the part of all species. This is not, however, an irreversible process, taking action thus being possible and necessary, by combining education and lawmaking measures brought into being within the timeframes and to the extents set forth under the 1997 Kyoto Protocol. Spain will be one of the most highly-affected countries, and its strategy may therefore mean a highly-valuable tool for correcting the deviations caused and contributing to the urgent control of global emissions.

**Key words:** Greenhouse Effect. Climate Change. Carbon dioxide. Public Politics. Methane.

**INTRODUCCIÓN**

El cambio climático es el principal problema ambiental al que desde ahora debe enfrentarse la humanidad. No es el primero, pues a lo largo de la historia de la Tierra y, en menor medida, de la humanidad se han producido periódicamente. Pero éste presenta

unas características especiales: es el único generado directamente por una especie viva, el ser humano, y para la magnitud esperada se está produciendo en un tiempo extremadamente corto, lo que no hará sino aumentar los riesgos e incertidumbres.

El cambio climático es el paradigma de la crisis ambiental actual, a saber: es **global**, es decir, más allá de los primeros impactos ambientales que afectaban sólo a áreas locales o regionales, desde la segunda mitad del siglo XX comienzan a aparecer los primeros problemas de alcance global, como también

Correspondencia:  
Federico Velázquez de Castro González  
C/ Atlanta 2  
18014 Granada.  
Correo electrónico: fvelazquez@wanadoo.es

lo son la reducción del ozono estratosférico o la pérdida de biodiversidad. En segundo lugar es **exponencial**, lo que significa que su variable se duplica en intervalos de tiempo que son cada vez más cortos, según la representación parabólica de una ecuación de segundo grado. Esta exponencialidad muestra directamente la rapidez a la que se está produciendo, en concordancia con la intensidad de las actividades humanas y las emisiones que producen. Finalmente, se trata de un hecho **persistente**, es decir, que aún atajándolo definitivamente desde ahora el problema se mantendría durante décadas debido a los largos tiempos de residencia de los productos implicados. Esta persistencia es la que también explica que muchos productos químicos de origen industrial, aunque comunes a nuestra actividad cotidiana, aparezcan en la grasa de las aves o mamíferos polares o, incluso, que se encuentren en nuestro organismo en cantidades superiores a la veintena, como recientemente han demostrado varios análisis realizados a científicos y políticos españoles y comunitarios.

El origen del cambio climático se encuentra en la emisión masiva a la atmósfera de los llamados *gases invernadero*. El efecto que estos gases crean, similar al de un invernadero de plástico o de cristal, consiste en que siendo estas sustancias transparentes a la radiación solar incidente atrapan la radiación infrarroja reflejada, de longitud de onda más larga, devolviéndola hacia la superficie. Las moléculas que lo provocan tienen constitución poliatómica (por eso, las más comunes como las de oxígeno o nitrógeno no lo producen), que debido a sus modos de vibración absorben en la zona infrarroja del espectro.

Debe señalarse que el efecto invernadero en sí no sólo no es perjudicial sino que es necesario para que exista vida evolucionada en nuestro planeta. Sin el efecto invernadero natural generado por sus dos gases principales, el dióxido de carbono y el vapor de agua, la temperatura atmosférica media de la Tie-

rra no sería de 15°C, temperatura óptima que permite la existencia de al menos diez millones de especies, sino de -20°C, con lo que las condiciones de vida serían mucho más difíciles. El carácter beneficioso o perjudicial del efecto invernadero lo marcará, por tanto, la proporción de los gases que lo originan. En Venus se encuentran los mismos compuestos que generan el efecto invernadero natural de la Tierra pero en tan alta proporción que sitúan las temperaturas de superficie por encima de los 400°C.

## LOS GASES INVERNADERO

El principal gas invernadero es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). No es el más potente pero sí el más abundante, por lo que se le considera referencia para los demás. Su concentración en la atmósfera ha crecido exponencialmente desde 200 partes por millón (ppm) al final de la última glaciación, a 270 ppm en la era preindustrial, hasta alcanzar las 371 ppm en la actualidad. Esta concentración se considera la más elevada en los últimos 20 millones de años, crecimiento que continúa al ritmo del 0,4% anual.

La razón que explica este crecimiento está en los procesos de combustión tan generalizados en nuestra sociedad (transporte, gran parte de los procesos industriales, calefacción, incineración), siendo el CO<sub>2</sub> uno de los principales productos resultantes. Su carácter *stricto sensu* no contaminante, al menos en concentraciones moderadas, da carta blanca a sus emisiones y permite que otros productos de mayor toxicidad, como el monóxido de carbono o los hidrocarburos, puedan ser degradados, como vía de eliminación, convirtiéndolos en dióxido de carbono.

El segundo gas en orden de importancia es el metano (CH<sub>4</sub>), producto que se genera en las fermentaciones, proceso principal en los orígenes de la vida y hoy restringido a ambientes carentes de oxígeno: tracto diges-

tivo anóxico del ganado, materia orgánica en zonas húmedas y pantanos, vertederos, colonias de termitas... En apariencia, su origen es natural, pero responde a las modificaciones que los seres humanos han introducido en la actividad agropecuaria, como la ganadería intensiva. Es 20 veces más potente que el dióxido de carbono y crece un 1% anual. Sus concentraciones son las más elevadas de los últimos 420.000 años.

Le sigue el óxido nitroso ( $N_2O$ ), cuyas dos terceras partes son de origen natural pero, al igual que con el metano, la intervención intensiva del hombre en la agricultura con el empleo de fertilizantes agrícolas ha incrementado sus emisiones. Es un gas invernadero 200 veces más potente que el dióxido de carbono y aumenta en una proporción del 0,25% anual. Sus concentraciones actuales son las más elevadas del último milenio.

A excepción del ozono y del vapor de agua, el resto de los gases invernadero es de origen sintético. El ozono troposférico, actualmente uno de los contaminantes atmosféricos más importantes en el área mediterránea, tiene su propia normativa (92/72/CE transpuesta mediante RD 1494/95) y el vapor de agua, quizás el gas invernadero más importante, no suele considerarse debido a su variabilidad y a su escaso tiempo de residencia en la atmósfera (no superior a 10 días). Entre los gases sintéticos destacan los CFC, productos químicos de excelentes propiedades, empleados en más 3.000 aplicaciones como propelentes de aerosoles, refrigeración o espumas. Sin embargo el descubrimiento en 1974 de su potencial reductor del ozono estratosférico condujo a la redacción del *Protocolo de Montreal* para su eliminación en los países desarrollados a partir de 1996, por lo que debe esperarse una progresiva reducción de sus concentraciones. Su potencia como gas invernadero es 15.000 veces la del dióxido de carbono.

Entre los sustitutos de los CFC se encuentran los tres gases sintéticos regulados por el

Protocolo de Kioto: HFC, PFC y hexafluoruro de azufre. De ellos destacan sus tiempos de residencia atmosféricos: para los primeros entre 200 y 300 años. Entre los segundos los más persistentes pueden alcanzar los 50.000 años. Para el último producto 3.200 años. Aunque su proporción sea más pequeña que el resto de los gases anteriores son estos tiempos tan prolongados los que les imprimen un indiscutible riesgo.

## CAUSAS Y CONSECUENCIAS

Que se estaban produciendo anomalías en el clima y aumentos en la temperatura a lo largo del siglo XX era un hecho indiscutible. El debate se centraba sobre las causas de dichos fenómenos. Había en el centro del mismo dos aspectos conflictivos. Uno que el estudio del clima requiere amplios intervalos y series temporales largas (frente a hechos meteorológicos puntuales), por lo que siempre se necesitaba tiempo para poder llegar a conclusiones con rigor. Y sobre todo otro aspecto relacionado con que este conflicto, como todos los ambientales, lo es de intereses y en el cambio climático los hay y muy fuertes. A nadie se le escapa que grandes grupos de presión, como la industria automovilística o los sectores eléctrico o petroquímico, no ven con buenos ojos restricciones a sus negocios, que a veces convergen con los de algunos países desarrollados. Pero la realidad es contundente y se encargaría de ir despejando de dudas la responsabilidad humana en el cambio climático.

En 1988 el *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente* (PNUMA) y la *Organización Meteorológica Mundial* crearon el *Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático* (IPCC), como grupo mundial de expertos dedicados a realizar un seguimiento específico de este fenómeno. Su segundo informe (1995) *sugiere* la influencia humana en la génesis del problema y en su tercer informe (2001) se recoge

ya sin ambages la existencia de *nuevas y fuertes evidencias* de la acción humana como responsable. En realidad los informes no hacen sino reforzar lo que caía dentro de un razonamiento lógico: siempre que a lo largo de la historia ha habido mayores concentraciones de dióxido de carbono atmosférico ha habido también mayores temperaturas (lo sabemos por el análisis de los hielos polares, verdadero registro fósil atmosférico del último millón de años, dado que la nieve lleva una porción de aire que incorporará luego al hielo). Si hoy las concentraciones de CO<sub>2</sub> y otros gases invernadero están aumentando como consecuencia de nuestro modelo de desarrollo parece lógico colegir que nuestras actividades son las que están detrás del aumento de las temperaturas.

Las consecuencias del cambio climático están obviamente en el clima, un sistema complejo de variables interrelacionadas que nunca habríamos debido alterar. Una de ellas será el incremento de temperatura antes comentado y que según los diferentes escenarios previstos puede oscilar entre 1,4°C y 5,8°C en los próximos cien años (para darnos cuenta de la magnitud de estos datos, baste recordar que en la última glaciación, que sepultó de hielo el hemisferio norte, la diferencia de la temperatura media con la actual fue sólo de 5°C, naturalmente negativos). Actualmente la temperatura ha ascendido 0,6°C ± 0,2°C, originando según la Real Academia de Ciencias Sueca que la Tierra sea ahora más caliente que en cualquier otro momento de su historia. 1998 fue el año más cálido, de la década más cálida, del siglo más cálido hasta ahora registrado. En cualquier caso el calentamiento no afectará por igual a todo el planeta, variando desde valores mínimos en el ecuador hasta valores máximos en los polos.

En ese contexto podemos dividir los impactos esperados del cambio climático en cuatro grandes grupos: geológicos, meteorológicos, biológicos y, como caso particular de estos últimos, humanos. Entre los prime-

ros destaca el retroceso de los glaciares, en los que se ha producido una reducción del 10% de nieve desde 1960. Hoy prácticamente todos los glaciares del mundo y en todos los continentes han experimentado este retroceso. Señalemos también el aumento del nivel del mar como consecuencia del deshielo y del calentamiento marino, actualmente establecido en 15 cm, aunque para finales de este siglo pudiera alcanzar los 88 cm. Las consecuencias sobre el ser humano podrían ser importantes si consideramos que más del 60% de la población mundial vive en las costas, incluidas algunas de las ciudades más importantes en número de población. Finalmente, la humedad del suelo se reduciría en algunas zonas por evaporación, incrementando la aridez y propiciando fenómenos de desertización.

En cuanto a los impactos meteorológicos, destaca, en primer lugar, la mayor intensidad de esta clase de fenómenos, como vientos, precipitaciones o huracanes. La frecuencia en las precipitaciones torrenciales ha aumentado entre el 2 y el 4% a lo largo del siglo XX. La causa puede estar en una atmósfera con mayor energía junto a una mayor evaporación de agua (la incertidumbre está en el dónde, cuándo y cómo precipite). Habrá también un incremento en las olas de calor, para algunos autores la mayor causa ya de mortalidad por desastres naturales: la más reciente, la del verano de 2003, produjo más de 20.000 muertes en toda Europa. Las olas de calor actúan, además, sinérgicamente, con contaminantes atmosféricos, como el ozono troposférico, incrementando las tasas de mortalidad, como ha sido observado en varias localidades españolas y europeas. Finalmente, los impactos pueden venir también de posibles cambios en las corrientes marinas, lo que trastocaría gran parte del panorama climático mundial: si el Ártico, como se espera, experimenta un calentamiento pronunciado, la Corriente del Golfo, que lleva aguas cálidas desde el Golfo de México hasta latitudes septentrionales calentando a su paso el continente europeo,

podría verse alterada al encontrarse con unas aguas más cálidas. Si nuestro continente perdiera la regularidad de esta fuente de calor, su temperatura media podría descender hasta 10°C, originando así la paradoja de la existencia de zonas frías en un mundo globalmente más cálido.

En lo que se refiere a los impactos biológicos, dependerá del ritmo de adaptación de las especies, que verán sus condiciones alteradas. Cambiará también el comportamiento, como las migraciones o la reproducción, y el riesgo será mayor para las consideradas como más vulnerables. Lógicamente, cuanto más rápido sea el cambio, las dificultades serán mayores. El ser humano también padecerá todos estos cambios ambientales, que indirectamente afectarán a sus cultivos y ganados, así como a sus hábitos y ciudades. Padecerá las consecuencias de los impactos descritos (olas de calor, aridez, precipitaciones intensas) y asistirá a la extensión de las enfermedades tropicales, hoy circunscritas a determinadas latitudes. Un aumento en la temperatura de 1,1°C podría suponer la reintroducción de la malaria en España.

Como consecuencia, se generará una nueva clase refugiados, los llamados ambientales, cuyo número se estima en 150 millones de personas para el año 2050. Pero el cambio climático no sólo significa asistir como espectadores a determinados fenómenos, sino que puede tener una implicación seria en el devenir de nuestra historia. Muy probablemente, los cambios climáticos estuvieron detrás de los cambios en las dinastías chinas y en las civilizaciones griegas, y se sospecha que pudieron estar implicados en el desencadenamiento de la revolución francesa: desde 1784 acontecieron unos años fríos y nublados que redujeron el rendimiento de las cosechas aumentando el descontento popular, lo que más tarde influiría en los sucesos de 1789 y la toma de la Bastilla. El motivo de este enfriamiento estuvo en la potente erupción de los volcanes islandeses Heckla y Shaptar Jokur y el japonés Asama, que

inyectaron una gran cantidad de cenizas en la alta atmósfera provocando el enfriamiento citado y mostrando la influencia de un cambio de clima en el devenir histórico.

¿Cuáles serán los costes del cambio climático? Sin lugar a dudas, muy elevados y, con gran probabilidad, continuarán siendo considerados externalidades, ajenos a presupuestos, sean públicos o empresariales. Para el año 2001, el PNUMA los cifró en 500.000 millones de dólares y, en cuanto a la biodiversidad, podría suponer la desaparición de hasta una tercera parte de las especies del planeta, dando lugar a una extinción sin precedentes, que sería considerada la sexta en la historia de la Tierra. Los daños en vidas humanas están aún sin cuantificar, aunque ya se van observando tras fenómenos como las olas de calor, ciclones o huracanes. Una cosa, sin embargo, sí sabemos y es que quien más lo sufrirá serán los más débiles y vulnerables, al tener menores infraestructuras y recursos para afrontar las catástrofes naturales.

## VÍAS DE ACTUACIÓN

Pese al alcance de la crisis global, podemos afirmar que existe solución para muchos de los problemas actuales. Y esto es lo que justifica la convocatoria de iniciativas como cursos, debates, publicaciones..., cuyo objetivo es encontrar vías de intervención frente a los diversos impactos. Su multiplicación, también exponencial, permite –lamentablemente– mantener el hecho ambiental de permanente actualidad cual dragón multicéfalo, sin tener todavía noción exacta de hasta donde alcanzan sus tentáculos (organismos modificados genéticamente, ondas electromagnéticas, disruptores hormonales, etc.) en una sociedad tan intensiva en consumo de materias y energía.

Para la resolución concreta del cambio climático, la mirada se vuelve obligada hacia el Protocolo de Montreal, convenio que per-

mitió poner los medios para frenar la reducción de lo que conocemos como capa de ozono. Entonces, las diferentes partes implicadas (Administración, industria, expertos) fueron capaces de negociar un calendario de reducción que condujo a la sustitución completa de los compuestos implicados. Por supuesto que la industria fabricante de los mismos (CFC) presentó batalla negando la responsabilidad de sus productos, pero la realidad se impuso y no quedó más que aceptarla si es que se quería proteger la vida de la fracción más penetrante de la radiación ultravioleta solar. Lo sorprendente, en todo caso, fue que esa misma industria, reticente en sus inicios, supo buscar y fabricar las alternativas en un tiempo récord de no más de cinco años, con lo que se evidenció aquello de que *si se quiere, se puede*, o en palabras del economista ambiental Frank Schumacher, que la resolución de los problemas ambientales no es hoy exclusivamente un problema de tecnología.

Como se mencionó antes, los agentes generadores del cambio climático se sitúan en el corazón mismo del sistema económico occidental, requeridos por una sociedad de consumo ávida de recursos. Plantear una alternativa rápida y contundente (aunque, por otra parte, necesaria) supondría medidas radicales por parte de los Estados, acompañadas por un alto nivel de conciencia de la población, algo que ni unos ni otros, en sospechosa complicidad, parecen desear. Los intereses económicos subyacentes son poderosos y la ciudadanía rica no quiere ver recortadas sus opciones de consumo.

Esta reflexión es importante porque sabemos, y los estudios del IPCC así lo confirman, que los escenarios del cambio climático no serán «climáticos». Vendrán en función de los modelos energéticos y de desarrollo que vayan adoptando los diferentes países.

A menudo se tiende a pensar que las medidas ambientales corresponden sólo a las

autoridades, mediante legislaciones y acuerdos. Y, en gran medida, debe ser así, no olvidemos los más de 200 actos jurídicos realizados por la Unión Europea en materia de medio ambiente, además de todos los acuerdos internacionales. Pero tan imprescindible como ellos, es una población con criterios y cultura ambiental que acompañe dichas medidas e, incluso, que con su actitud las anticipe. Piénsese, por ejemplo, qué sería de la recogida selectiva o el consumo de agua si la población no respondiese, o en las opciones voluntarias, como las etiquetas ecológicas, que permiten elegir productos ambientalmente mejores. En el cambio climático los ciudadanos también pueden hacer y decir mucho, en relación con las cuatro áreas siguientes:

- Control de la energía
- Actitud ante el transporte
- Práctica del reciclaje
- Reducción del consumo

En cuanto al primero, hay muchas posibilidades para optimizar el consumo doméstico (uno de los más importantes en el ámbito energético): electrodomésticos eficientes, lámparas de bajo consumo, empleo de energías primarias –sustituyendo el consumo eléctrico por gas en aquellos aparatos cuya finalidad sea calentar– **ahorrando energía**, en definitiva, sin olvidar la posible instalación de energías renovables.

El transporte, por su parte, es actualmente el sector de mayor crecimiento, dentro de una sociedad caracterizada por la movilidad. Utilizar el **transporte público** y reducir en todo lo posible el privado (además de elegirlo adecuadamente en el momento de su compra en función de su eficiencia y de sus emisiones), es hoy una obligación cívica, además de incorporar otros medios no contaminantes, como el caminar o la bicicleta.

En cuanto al **reciclaje**, sabemos que ahorra materias primas, pero olvidamos que también reduce el consumo energético, aspecto tan importante o más que el primero. Una tonelada de vidrio reciclada ahorra 160 kg. de petróleo. En cuanto al papel reciclado, su elaboración supone una reducción de la energía empleada entre el 55 y el 70%. Cuando el aluminio se recicla, se ahorra el 95% de la energía original, de tal modo que una tonelada de aluminio reciclado ahorra 29 barriles de petróleo (El barril de petróleo equivale aproximadamente a 160 litros). Dos toneladas de plástico o dos toneladas de tetrabrick reciclado equivalen, en ambos casos, a la conservación de una tonelada de petróleo.

Finalmente, y en términos generales, la **reducción del consumo**. La austeridad es hoy un valor capital (y no sólo ambiental), cada vez más necesario, que nos invita a controlar nuestras compras, manteniendo un espíritu crítico frente a la moda y la publicidad, rechazando el modelo de usar y tirar y de renovación incesante de los bienes. Detrás del consumismo, en un mundo de recursos limitados, hay una injusta apropiación de recursos para las generaciones presentes y venideras, además del consumo energético que todo producto conlleva. Reducir el consumo y promover la austeridad es una necesidad para un mundo que utiliza ya el 25% de los flujos naturales y que necesitaría tres planetas (aspecto en el que coinciden economistas como Jiménez Herrero e instituciones como el Worldwatch Institute) para responder a las necesidades de un mundo cuyos ciudadanos vivieran con nuestro mismo nivel de vida. La sostenibilidad y la justicia se alían con el sentido común si queremos garantizar la supervivencia y afrontar satisfactoriamente impactos como el que venimos comentando.

Con lo importantes que pueden resultar las posiciones anteriores, las medidas internacionales han resultado imprescindibles, y éstas se articulan alrededor del Protocolo de Kioto de 1997. Responde a uno de los

encuentros de las partes que, desde diez años atrás se reunían alrededor de este problema, y la filosofía que lo inspira es la de la contención, es decir, un primer paso para estabilizar las emisiones y frenar así la locomotora desbocada del desarrollo occidental. No es un punto final y cuando se revise (alrededor de 2012) posiblemente apunte medidas más restrictivas para la próxima década.

El Protocolo de Kioto establece una reducción en la emisión de gases invernadero de un 5,2% para el periodo 2008 – 2012 en relación los niveles de 1990. Su ratificación se producirá cuando se firme por 55 países que, a su vez, supongan el 55% de las emisiones, lo que ya parece posible tras el acuerdo del Parlamento ruso para su firma. Se deja así aislado a los Estados Unidos, con su interesada apuesta por el desarrollismo frente a la sostenibilidad, junto al desprecio por la salud ambiental de un planeta contaminado por los sectores de población más minoritarios y privilegiados.

El porcentaje de reducción global se distribuye entre países y áreas geográficas en función del volumen de sus emisiones y grado de desarrollo. Así a la Unión Europea le corresponde un porcentaje de reducción del 8% para todo su territorio, distribuido desigualmente, en función de los criterios anteriores, entre los diferentes países que la conforman (y antes de la última ampliación), lo que para España se traduce en un permiso de aumento del 15% (aunque pudiera resultar paradójico, sin esta limitación nuestras emisiones alcanzarían una cifra tres veces superior).

Finalmente, en el Protocolo se definen los seis gases invernadero que deben ser regulados, y a los que nos hemos referido anteriormente.

## ESPAÑA, VÍCTIMA Y VERDUGO FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

España, como el resto de la Europa meridional, será una de las áreas que sufrirá

directamente las consecuencias del cambio climático, habiéndose pronosticado, en el último informe de la Agencia Europea de Medio Ambiente, una subida de las temperaturas para el año 2080 de 4,5°C en el centro de la península, 3,6°C en Galicia, 4°C en la cornisa cantábrica, 3,7°C en el litoral levantino y 4°C en el tercio sur peninsular. Igualmente, sequías en el sudeste (mientras que los modelos climáticos indican que en el norte las precipitaciones aumentarán entre el 1 y 2% por década, para el sur se pronostica un descenso del 1%), avance de la desertización (en 15 años se perdieron 15.000 Km<sup>2</sup> de superficie forestal), mayor frecuencia en las olas de calor, incremento de la temperatura del agua marina, elevación del nivel del mar, temporales más intensos, incendios forestales y daños agrícolas que podrían traducirse en un descenso de 3 toneladas por hectárea en algunas zonas del sur.

Pero, al mismo tiempo, España se ha convertido en el principal incumplidor del Protocolo de Kioto dentro de la Unión Europea. Mientras su Producto Interior Bruto crece entre el 2 y el 3%, el consumo de energía lo hace entre un 5 y un 6%. Frente al 15% asignado de aumento permitido de las emisiones, hoy éstas se encuentran en el 40,4%, lo que ha llevado a un apercibimiento por parte de las autoridades comunitarias. A la indiferencia mostrada por el anterior gobierno se añadieron algunas voces, como la de la CEOE y algunas compañías eléctricas, que mostraban reticencias ante los compromisos de Kioto, de forma similar a las de algunas corporaciones norteamericanas.

Afortunadamente, las cosas parecen haber tomado unos nuevos derroteros al comenzar el debate sobre la Estrategia Española frente al Cambio Climático y su manifestación práctica, el Plan Nacional de Asignaciones, en el que se dan cifras a los diferentes sectores para que ajusten su cumplimiento.

La Oficina española del Cambio Climático se creó mediante Decreto 376/2001 del 6

de abril. Asimismo, el Consejo Nacional del Clima inicia su andadura el 29 de abril de 2002, con evidente retraso en relación con los acuerdos del Protocolo. En diciembre de 2003 ya se dispone de un borrador de la Estrategia, que irá siendo debatido, y progresivamente enriquecido, a lo largo de este año, con las comunicaciones de los órganos implicados.

Nada de esto sería posible, si paralelamente no se dispusiera de medidas alternativas para orientar el desarrollo de forma más sostenible. En este sentido será de utilidad la aplicación de la Directiva 2002/91, sobre aislamiento energético en la edificación, que deberá ser transpuesta antes del año 2006. Igualmente, el apoyo a proyectos de I+D, que alcance hasta el 1% del PIB, para colocarse posteriormente en un nivel similar a los de los países de nuestro entorno. Sus líneas deben converger con los del Plan de Fomento de las Energías Renovables, que espera llegar al 12% de la energía primaria renovable para el año 2010.

## LA ESTRATEGIA ESPAÑOLA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

Aprobada el 5 de febrero de 2004, sus objetivos pueden resumirse en:

- Estabilización de las emisiones en los próximos tres años, lo que se concreta en un porcentaje de reducción del 0,4%.
- Fuerte descenso de las emisiones entre el 2007 y el 2012, calculado en el 24%.
- Revisión de las políticas sectoriales, especialmente tecnología y transporte.
- Establecimiento de un Plan de Asignaciones para los sectores implicados.

En cuanto a estos últimos, la Estrategia contiene medidas específicas que, tomando las más destacadas, podrían resumirse así:



- *Energía*: Incrementar el empleo de bicomcombustibles

Promover la energía solar en centros educativos y en los edificios de la Administración.

- *Industria*: Fomento de la cogeneración

Cambio de combustibles (especialmente a gas natural)

Optimización tecnológica y energética de los procesos

Recuperación de calor y gases industriales

- *Transporte*: Mejora tecnológica de los vehículos

Mejora del rendimiento de los biocarburantes

Optimización en el uso: límites de velocidad, capacidad de carga en mercancías, logística de la distribución

Intermodalidad del sistema de transporte, con mayor oferta del transporte público.

- *Residencial y servicios*: Revisión de la Normativa básica de edificación para edificios nuevos.

Sustitución de calderas antiguas

- *Agricultura*: Reducción del empleo de abonos químicos y productos fitosanitarios.

Fomento de la agricultura ecológica

Gestión integrada de las explotaciones agrícolas y ganaderas

- *Residuos*: Recogida selectiva de materia orgánica

Apoyo al desarrollo del compostaje

Aprovechamiento del biogás de vertederos.

## PLAN NACIONAL DE ASIGNACIONES

Buena parte de las leyes y convenios se convierten en papel mojado por la falta de medidas concretas de acompañamiento que cuantifiquen los objetivos y líneas emprendidas. Afortunadamente no parece ser el caso de la Estrategia al haberse añadido, durante junio de 2004, un Plan de Asignaciones que concreta y distribuye las emisiones entre los sectores productivos más relevantes: Eléctrico, refinerías, siderurgia, cemento, papel y vidrio y cerámica

Aquellas empresas cuyas emisiones sean mayores que las autorizadas, deberían comprar derechos de emisión a otras empresas que no hayan alcanzado sus límites permitidos, introduciendo así el mercado de compraventa de derechos de emisión, una herramienta permitida por el Protocolo y contemplada en la Unión Europea (según Directiva del año 2003), nueva en nuestro entorno aunque muy frecuente en otras latitudes, especialmente en Estados Unidos, donde los derechos de emisión de las empresas se cotizan diariamente en la Bolsa de algunos Estados. El mercado de emisiones de la Unión europea entrará en vigor el 1 de enero de 2005.

Los límites previstos en el Plan español asignan unas emisiones totales de 161,25 millones de toneladas de dióxido de carbono al año. De ellos, 86,4 millones correspondría al sector eléctrico (lo que supondrá un recorte del 4,7%, por lo que será el que tendrá que realizar un mayor esfuerzo de contención) y 74,8 millones al resto de los sectores productivos, lo que viene a coincidir con lo que cada subsector demandaba.

A las industrias se les permitirá gestionar de forma conjunta sus derechos (*pooling*) de

forma que podrían compensar excesos y defectos en sus instalaciones. Esa posibilidad se rechaza rotundamente para las eléctricas, de manera que cada empresa tendrá que gestionar sus derechos por separado.

El Plan tampoco permitirá que los derechos no utilizados en el intervalo 2005 – 2007 se acumulen para el siguiente periodo. Pero todo el Plan de Asignación dependerá de la contaminación que se consiga reducir en los denominados «sectores difusos» (transporte y residencial), para los que el Plan, sin detallar, prevé un recorte de 52 millones de toneladas entre 2005 y 2007.

Para corregir la fuerte desviación de España del porcentaje asignado por la Unión europea en cuanto a emisiones de gases invernadero se espera una ligera disminución de las emisiones en los próximos tres años, cifrada alrededor del 0,4%, para pasar posteriormente a una decidida reducción del 24% entre los años 2007 y 2012. Para ello se espera dar un importante impulso a las fuentes de energía renovable (13.000 millones de euros se invertirán en energía eólica, sin olvidar que 32 provincias de nuestro territorio alcanzan o superan las 2.700 horas solares anuales, lo que las convierte en idóneas para cualquiera de las aplicaciones de la energía solar), introducir medidas de eficiencia y calidad ambiental en las empresas –al amparo de nuevas Directivas, como la de Prevención y Control Integrado de la Contaminación de 1996– así como aumentar los *sumideros*, desarrollando la masa forestal y promoviendo inversiones «limpias» en los países en desarrollo.

## CONCLUSIONES

El cambio climático es actualmente el problema ambiental más importante del planeta. No existe ya incertidumbre alguna en cuanto a su génesis –en la que la intervención humana es la principal responsable de la emisión de gases invernadero– aunque sí

en cuanto a sus consecuencias, complejas e imprevisibles, de las que vamos observando ya algunas de sus manifestaciones (mayor intensidad en vientos y precipitaciones, frecuencia y duración de las olas de calor, fusión de los glaciares y cubiertas polares).

Al igual que otros problemas ambientales, puede ser corregido si actuamos con rapidez y decisión, lo que supone hacerlo personal y colectivamente. En cuanto a lo primero, con buenas prácticas como consumidores responsables, sabiendo conservar los recursos, especialmente los energéticos y prestando atención a nuestros modos de movilidad que deben preferir el transporte colectivo sobre el particular. Y en cuanto a lo social, aplicando los compromisos contraídos con la firma del Protocolo de Kioto, traducido en la Estrategia Española frente al Cambio Climático y el Plan Nacional de Asignaciones que conlleva, conscientes de que la revisión, en su momento, del Protocolo exigirá nuevos compromisos para los que debemos estar preparados.

En esta misma Estrategia se recomienda aumentar la formación y sensibilización de todos los sectores sociales, tanto la concienciación ciudadana como la profesional, que abarque a empresarios, técnicos y trabajadores. Es, pues, importante que todos comprendan los fundamentos y el alcance de este problema para que podamos, desde nuestra posición, colaborar a mitigarlo. Los primeros pasos legislativos ya se han dado, ahora, como ciudadanos responsables, nos toca actuar a nosotros, tanto en nuestra acción personal como exigiendo en cada momento a nuestros representantes que continúen cumpliendo y haciendo cumplir los compromisos internacionales a toda la sociedad.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Alberdi JC. y otros autores. Efecto de las temperaturas diarias extremas sobre la mortalidad en la Comunidad de Madrid entre 1986 y 1992. Santiago de Compostela: IV Congreso Nacional de Sanidad Ambiental; 1996

2. American Chemical Society. Global Climate Change. Final Report. Washington DC: American Chemical Society;1990.
3. Balairón L. El cambio climático, pronósticos e incertidumbres. Alcoy: IV Jornadas Ambientales de Alcoy; 2003.
4. Brimbecomble P. Air composition and chemistry. Cambridge: Cambridge University Press; 1996.
5. 1: Diaz J, Garcia R, Velazquez de Castro F, Hernandez E, Lopez C, Otero A. Effects of extremely hot days on people older than 65 years in Seville (Spain) from 1986 to 1997. *Int J Biometeorol.* 2002; 46(3):145-9.
6. Epstein PR. Salud y calentamiento global de la atmósfera y océanos. *Investigación y Ciencia* 2000. Núm 289.
7. FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Cambio climático, agricultura mundial y medio ambiente rural. Roma: FAO; 1992.
8. Gore A. La Tierra en juego. Buenos Aires: Emecé Editores; 1993.
9. Hohmeyer O, Gatner M.. The costs of climate change. CEE, Dirección General XII; 1992.
10. IPCC. Climate Change 1995. The science of climate change contribution of working group. Cambridge: Cambridge University Press; 1996.
11. IPCC. Summary for policymakers. The scientific, technical, environmental, economic and social aspects of the mitigation of climate change. Working Group III. Accra; 2001.
12. Katsouyanni K, Pantazopoulou A, Touloumi G, Tselepidaki I, Moustris K, Asimakopoulos D, Pouloupoulou G, Trichopoulos D. Evidence for interaction between air pollution and high temperature in the causation of excess mortality. *Arch Environ Health* 1993; 48(4):235-42.
13. Kramer F. Educación ambiental para el desarrollo sostenible. Madrid: Los libros de la Catarata; 2003.
14. N. Myers. Environmental Refugees in a globally warmed world. *BioScience* 1993;43 (11): 752-61.
15. Organización Meteorológica Mundial. Report 2002. Organización Meteorológica Mundial; 2002.
16. World health Organization. Greenhouse effect: a trigger for new epidemics of disease? Geneva: World health Organization; 1992.
17. 2: Sartor F, Snacken R, Demuth C, Walckiers D. Temperature, ambient ozone levels, and mortality during summer 1994, in Belgium. *Environ Res.* 1995 Aug;70(2):105-13
18. Schumacher EF. Lo pequeño es hermoso. Madrid: Herman Blume; 1979.
19. Velázquez de Castro F. El ozono, cuándo protege y cuándo destruye. Madrid: McGraw Hill; 2001.
20. Velázquez de Castro F, Fernández MC. La educación ambiental en las ciencias de la vida. Madrid: Narcea Ediciones; 1998.
21. Yábar Sterling A. Los mecanismos de flexibilidad de Kyoto, otros instrumentos de lucha contra el cambio climático y su aplicación a la Unión Europea. *Boletín del Observatorio medioambiental* 2001. Núm 4.