

# Cambio climático y salud pública: escenarios después de la entrada en vigor del Protocolo de Kioto

Ferran Ballester<sup>a</sup> / Julio Díaz<sup>b</sup> / José Manuel Moreno<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Unidad de Epidemiología y Estadística. Escuela Valenciana de Estudios en Salud. Conselleria de Sanitat. Generalitat Valenciana. Valencia. España. <sup>b</sup>Facultad de Ciencias Físicas. Universidad Complutense de Madrid. Madrid. España. <sup>c</sup>Facultad de Ciencias del Medio Ambiente. Universidad de Castilla-La Mancha. Toledo. España.

(Climatic change and public health: scenarios after the coming into force of the Kyoto Protocol)

## Resumen

Según los informes del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) los humanos del presente y del futuro próximo vamos a vivir, los estamos viviendo ya, cambios importantes en el clima mundial. Conscientes de la magnitud del problema los organismos internacionales han tomado una serie de iniciativas encaminadas a frenar el cambio climático y a reducir su efecto. Esta voluntad se ha plasmado en los acuerdos establecidos en el Protocolo de Kioto en el que los países se comprometen a reducir las emisiones de gases con efecto invernadero. El 16 de febrero de 2005 el Protocolo de Kioto ha entrado en vigor con el apoyo de 141 países firmantes.

Entre las mayores preocupaciones se encuentran los efectos en salud que puede provocar el cambio del clima, como: 1) cambios en la morbilidad en relación con la temperatura; 2) efectos en la salud relacionados con eventos meteorológicos extremos (tornados, tormentas, huracanes y precipitaciones extremas); 3) contaminación atmosférica y aumento de los efectos en salud asociados; 4) enfermedades transmitidas por los alimentos y el agua, y 5) enfermedades transmitidas por vectores infecciosos y por roedores.

Incluso si todos los países del mundo cumplieran con el Protocolo de Kioto, algunas consecuencias de los cambios en el clima serán inevitables, entre ellas algunas que tendrán efecto negativo sobre la salud. La adaptación es una estrategia de respuesta clave para minimizar los efectos del cambio climático y para reducir, con el mínimo coste, los efectos adversos sobre la salud. Desde la salud pública se puede y se debe desempeñar un papel relevante en la comprensión de los riesgos para la salud de los cambios del clima, en el diseño de sistemas de vigilancia para evaluar los posibles efectos, en el establecimiento de sistemas para prevenir o reducir los daños y en la identificación y desarrollo de necesidades de investigación.

**Palabras clave:** Cambio climático. Temperatura. Contaminación atmosférica. Enfermedades infecciosas. Adaptación. Vigilancia. Salud pública.

## Abstract

According to the reports of the intergovernmental panel for climatic change (IPCC) human beings of the present and near future are going to experiment, in fact we are already experimenting, important changes in the world climate. Conscious of the magnitude of the problem, international organizations have taken a series of initiatives headed to stop the climatic change and to reduce its impact. This willingness has been shaped into the agreements established in the Kyoto protocol, where countries commit to reduce greenhouse-effect gas emissions. Kyoto protocol has come into force on February 16th 2005 with the support of 141 signing countries.

Among the major worries are the effects which climatic change may have upon health, such as: 1) changes in the morbidity-mortality related to temperature; 2) Effects on health related with extreme meteorological events (tornados, storms, hurricanes and extreme raining); 3) Air pollution and increase of associated health effects; d) Diseases transmitted by food and water and 4) Infectious diseases transmitted by vectors and by rodents.

Even if all the countries in the world committed to the Kyoto Protocol, some consequences of the climatic change will be inevitable; among them some will have a negative impact on health. It would be necessary to adapt a key response strategy to minimize the impacts of climatic change and to reduce, at minimum cost, its adverse effects on health. From the Public Health position, a relevant role can and must be played concerning the understanding of the risks for health of such climatic changes, the design of surveillance systems to evaluate possible impacts, and the establishment of systems to prevent or reduce damages as well as the identification and development of investigation needs.

**Key words:** Climatic change. Temperature. Air pollution. Communicable diseases. Adaptation. Surveillance. Public health.

*Correspondencia:* Ferran Ballester.

Escuela Valenciana de Estudios para la Salud. Juan de Garay, 21. 46017 Valencia. España.

Correo electrónico: ballester\_fer@gva.es

## Introducción

La superficie terrestre se ha calentado durante el último siglo en unos 0,8 °C (fig. 1)<sup>1</sup>. En España, se ha constatado, igualmente, un calentamiento medio acorde con la tendencia general, aunque magnificado<sup>2</sup>. Esta marcha ascendente de las temperaturas invierte la tendencia descendente que se venía observando durante los últimos siglos<sup>3</sup>. Estudios recientes<sup>4</sup> confirman la robustez de los primeros análisis. La disminución de la temperatura durante casi un milenio apenas si llegó a 0,4 C (fig. 2), mientras que, en un siglo, el incremento ha sido de casi el doble. Tal es la magnitud del cambio observado que los años de la última década han sido los más cálidos desde que se tienen registros instrumentales.

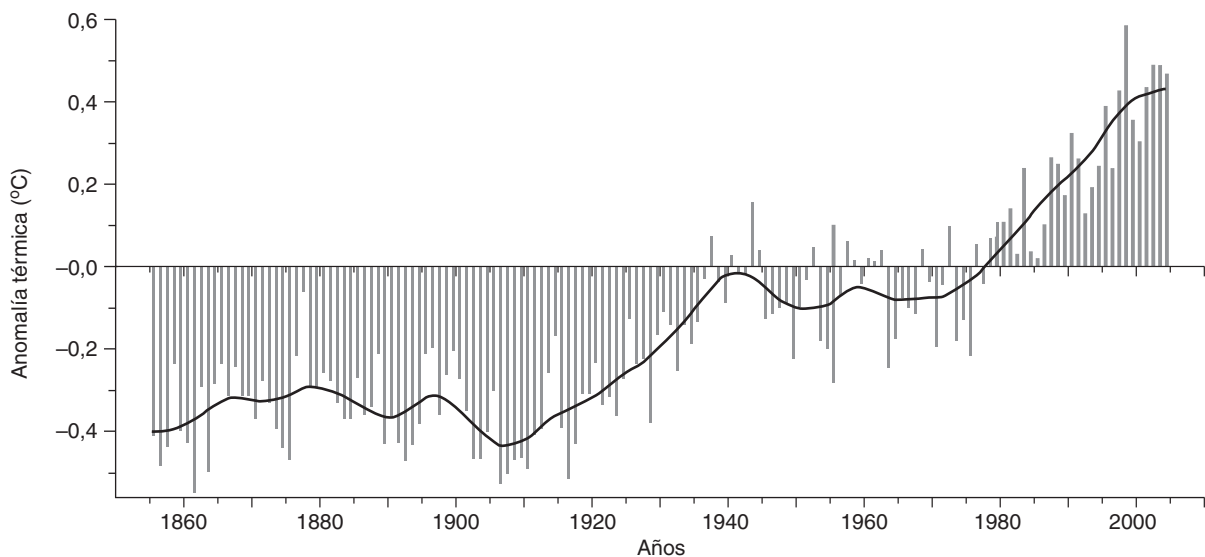
Las fluctuaciones climáticas son inherentes al sistema climático. Buena parte de tales variaciones se deben a los cambios en los parámetros de la órbita terrestre. Variaciones en la energía que llega del sol son, igualmente, importantes. Pero eso no es todo. La magnitud de estos cambios apenas permite explicar las grandes variaciones térmicas que se han detectado entre épocas glaciadas y no glaciadas. Esto es así porque, además de los factores externos al planeta, lo que ocurre dentro de él, esto es, su sistema físico-químico-biológico, amplifica notablemente las variaciones en la energía que llega a la superficie del planeta. Las tendencias observadas durante los últimos cuatro ciclos glaciares entre temperaturas, concentración de gases en la at-

mósfera y otras variables<sup>5</sup> avalan la hipótesis de que el sistema funciona de forma acoplada, y que cambios en algunos de sus componentes terminan afectando al funcionamiento de los otros y, en última instancia, a todo el sistema.

Con estas evidencias, conociendo la sensibilidad del sistema climático a ciertos componentes de éste, teniendo en cuenta los cambios térmicos observados (y otros en los que no nos detendremos), y constatando que, una vez tenidos en cuenta todos los demás factores que pueden incidir sobre el clima, sólo la inclusión de los gases con efecto invernadero permitía reconciliar los cambios observados con las proyecciones efectuadas por los modelos, el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC), en su tercer informe<sup>6</sup> concluyó: «...a la luz de las nuevas evidencias, y teniendo en cuenta las incertidumbres, la mayoría del calentamiento observado durante los últimos 50 años es probable que haya sido causado por el aumento de los gases con efecto invernadero».

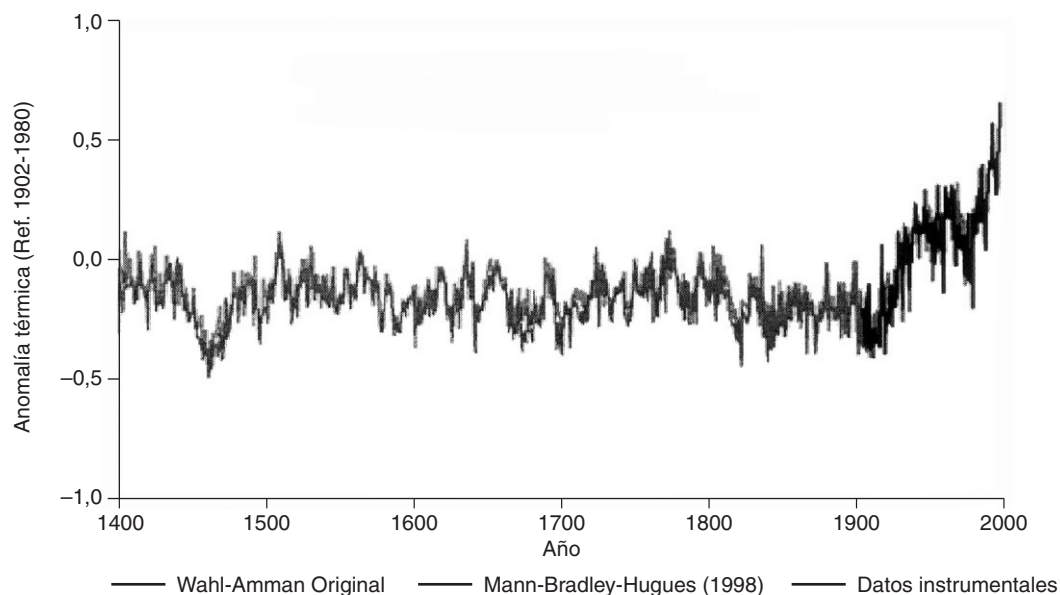
Desde entonces, las evidencias no han hecho sino aumentar y corroborar lo que se suponía. Barnett et al<sup>7</sup> y, más recientemente, Levitus y et al<sup>8</sup> constatan que la temperatura en los océanos, hasta unos 3.000 metros de profundidad, ha aumentado desde la segunda mitad del siglo xx hasta nuestros días. Estos aumentos son reproducibles por los modelos. Hansen et al<sup>9</sup> han analizado la energía procedente del Sol, la que sale de la Tierra y las variaciones térmicas observadas tanto en la superficie terrestre como en el mar, y concluyen que, actualmente, como consecuencia de los cambios

Figura 1. Anomalía térmica de la temperatura global del aire durante el último siglo y medio.



Fuente: Jones & Palutikof (CRU, University of East Anglia, East Anglia, UK)<sup>1</sup>.

Figura. 2 Anomalía térmica de la temperatura media terrestre en los últimos 600 años.



Fuente: Mann et al<sup>3</sup> y Amman y Wahl<sup>4</sup>.

ocurridos en la atmósfera y en otras partes del sistema Tierra, nuestro planeta absorbe del Sol unos  $0,85 \text{ Wm}^{-2}$  más que lo que emite al espacio. Estos autores calculan que existe un desfase entre los cambios en los forzamientos climáticos y la respuesta del clima. Según los cambios térmicos observados, y la energía acumulada en el sistema climático, estos autores calculan que hay energía almacenada en el planeta para asegurar un calentamiento adicional de unos  $0,6 \text{ }^\circ\text{C}$ .

En otras palabras, el calentamiento del planeta no es de mañana, es de ayer, y continuará. Y lo seguirá haciendo hasta, todo indica, como poco en unos  $1,4 \text{ }^\circ\text{C}$ . Eso suponiendo que volviésemos de inmediato a la situación de hace 200 años. Dado que esto no es posible, y que las concentraciones de  $\text{CO}_2$  y otros gases de efecto invernadero siguen aumentando, cabe esperar que el cambio en ciernes sea mayor. La posibilidad de que lo que se ha dado en llamar «interferencia peligrosa sobre el clima», que se calcula esté entorno a unos  $2 \text{ }^\circ\text{C}$ , termine por hacerse realidad, no es algo que quepa ignorar.

La preocupación por los posibles impactos negativos del cambio climático ha llevado a las Naciones Unidas a diversas iniciativas, entre las que destaca la aprobación en 1997 del llamado Protocolo de Kioto. En él los países se comprometen a reducir en 2012 las emisiones de gases de efecto invernadero en un 5% con respecto de las de 1990. Esto afectaría solamente a los países desarrollados, dejando fuera del ámbito del pro-

toloco a los países que se encuentran en vías de desarrollo. Esto es un primer paso, corto, pero necesario para empezar a andar. Mientras nos ponemos a detener las emisiones, aunque sea con los tímidos esfuerzos del Protocolo de Kioto, la adaptación al cambio climático es imperiosa.

### Predicciones para España

Las tendencias del clima futuro se proyectan sobre la base de modelos de circulación general (los llamados GCM), a los que se aplican o no técnicas de reescalado para tener mayor resolución espacial. Dado que el sistema es muy dependiente de las emisiones de gases de efecto invernadero, se proyectan distintos escenarios, desde los más optimistas a los más pesimistas en lo que se refiere a tasas de emisiones<sup>6</sup>. El reciente informe elaborado para el Ministerio de Medio Ambiente por un numeroso grupo de investigadores sobre los efectos previsibles del cambio climático en España<sup>10</sup> resume así los cambios esperables.

En general, y utilizando varios modelos GCM, el incremento térmico que se proyecta para la Península Ibérica es uniforme a lo largo del siglo XXI, con una tendencia media de aumento de  $0,4 \text{ }^\circ\text{C/década}$  en invierno y de  $0,7 \text{ }^\circ\text{C/década}$  en verano para el escenario menos favorable (A2 según el IPCC), y de  $0,4 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $0,6$

°C/década, respectivamente, para el escenario más favorable (B2 del IPCC). Respecto de las precipitaciones, existen notables discrepancias entre los modelos GCM, lo que resta fiabilidad al resultado. No obstante, todos ellos coinciden en una reducción significativa de las precipitaciones totales anuales, algo mayor en el escenario A2 que en el B2. Las discrepancias entre modelos se reducen conforme avanza el siglo. Las reducciones resultan máximas en la primavera y algo menores en el verano.

La aplicación de modelos regionales, como el PROMES, a uno de los GCM (el HadCM3) muestra que para el último tercio del siglo la temperatura aumentará entre 5 y 7 °C en verano y 3 a 4 °C en invierno, será algo menor en las costas que en el interior, y menor también (aproximadamente 1 °C) para el escenario B2 que el A2. Los cambios en las precipitaciones son más heterogéneos, acentuando el gradiente noroeste-sureste en invierno y otoño, con ligeros aumentos en uno y disminuciones en el otro. En primavera y, sobre todo, en verano, la disminución de las precipitaciones es generalizada. Estas variaciones son más acusadas en el escenario A2 que en el B2.

La frecuencia y amplitud de anomalías térmicas mensuales se incrementa a lo largo de todas las estaciones y en los dos escenarios, si bien existe una importante variabilidad geográfica. Los cambios en las anomalías mensuales de la precipitación no son concluyentes. La frecuencia de días con altas temperaturas aumenta en primavera y otoño, si bien en las islas no es concluyente. Los días con temperaturas mínimas tienden a disminuir. Estas tendencias y certidumbre de ellas se resumen en la tabla 1<sup>11</sup>.

#### *Efectos del cambio climático en la salud*

Es previsible que el cambio climático tenga un impacto notable en la salud<sup>12</sup>. El tercer informe del IPCC<sup>6</sup> concluye que «en la actualidad existen pruebas de que los cambios regionales en el clima, especialmente los aumentos de temperatura han afectado a un conjunto diverso de sistemas físicos y psíquicos en muchas partes del mundo». En la figura 3 se muestran las posibles vías por las que se afectaría la salud y se avanzan opciones para mitigar, moderar o adaptarse a ese efecto. A continuación se presentan los riesgos que podrían afectar de manera más notable la salud de la población.

#### *Mortalidad y enfermedades debidas a temperaturas extremas*

Es claro que los extremos térmicos asociados al cambio climático tendrán un efecto directo sobre la morbimortalidad. En el caso de las olas de calor este efecto

**Tabla 1. Proyecciones más relevantes del cambio climático en España**

Certidumbre	Cambios climáticos más relevantes proyectados en España
*****	Tendencia progresiva al incremento de las temperaturas medias a lo largo del siglo
*****	La tendencia al calentamiento es más acusada en el escenario de emisiones más aceleradas (SRES-A2)
*****	Los aumentos de temperatura media son significativamente mayores en los meses de verano que en los de invierno, con valores intermedios en los demás
****	El calentamiento en verano es superior en las zonas del interior que en las cercanas a las costas o en las islas
****	Tendencia generalizada a una menor precipitación acumulada anual en ambos escenarios de emisiones a lo largo del siglo
***	Mayor amplitud y frecuencia de anomalías térmicas mensuales en relación con el clima actual
***	Más frecuencia de días con temperaturas extremas en la península, especialmente en verano
***	La mayor reducción de precipitación en la península se proyecta en los meses de primavera en ambos escenarios de emisiones
**	Aumento de precipitación en el oeste de la Península en invierno y en el noreste en otoño.
**	Los cambios de precipitación tienden a ser más significativos en el escenario de emisiones más aceleradas (SRES-A2)

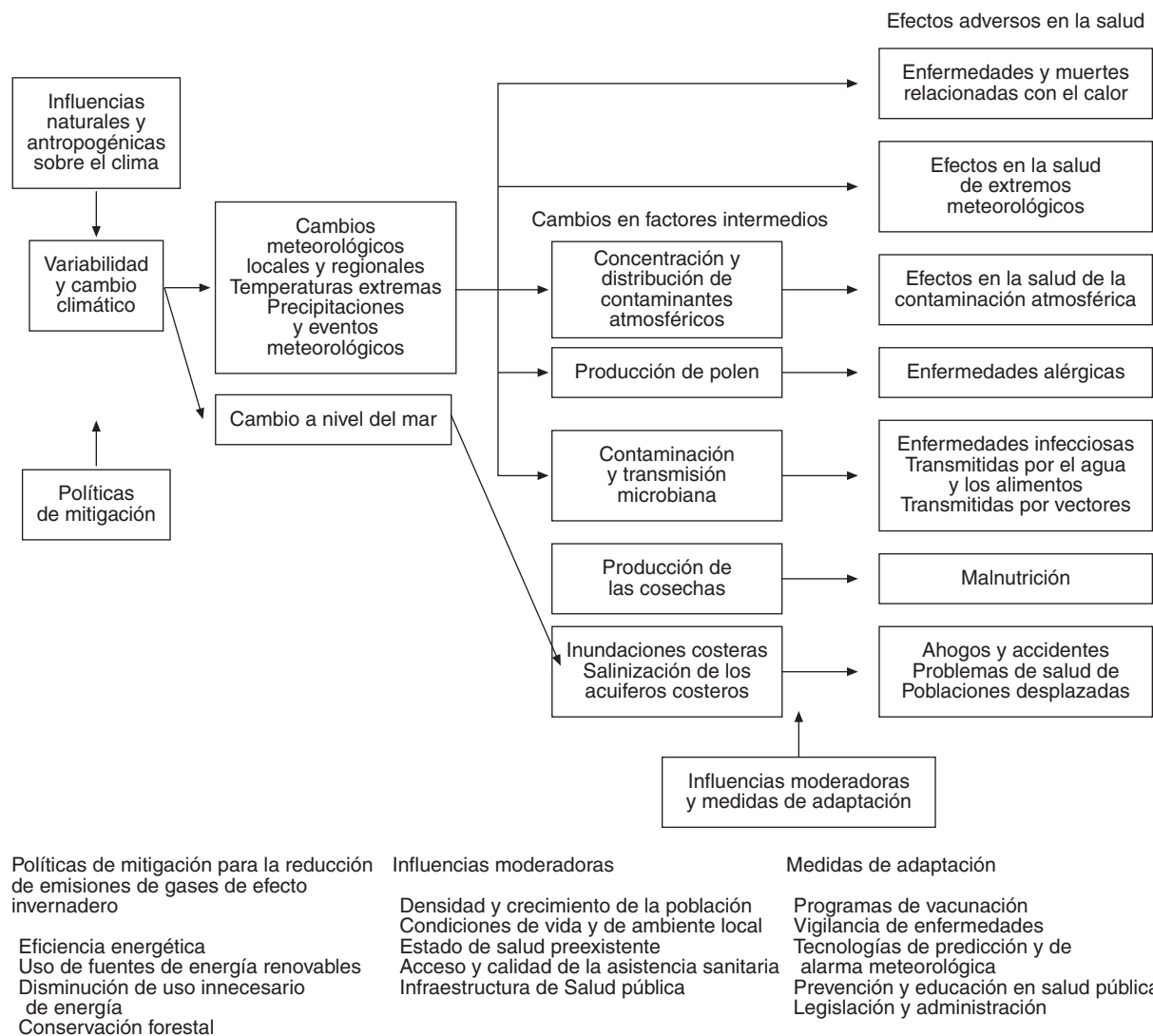
\*\*\*\*\*certeza muy alta: \*certeza muy baja.

Fuente: Castro et al<sup>11</sup>.

se traducirá en un fuerte incremento de la morbimortalidad asociada a estos eventos extremos<sup>13,14</sup>, ya que las previsiones apuntan hacia un aumento en la intensidad y en la frecuencia de aparición de las olas de calor, especialmente en los primeros meses de verano<sup>15</sup>; es en esta época del año cuando el efecto sobre la mortalidad es más acusado<sup>14</sup>. A modo de ejemplo hay que recordar que la ola de calor del año 2003 provocó un exceso de 14.800 defunciones en Francia<sup>16</sup>; 3.100 en Italia<sup>17</sup>, 6.500 en España<sup>18</sup> y 1.300 en Portugal<sup>19</sup>.

En los estudios sobre olas de calor las principales causas de defunción son las enfermedades cardiovasculares<sup>14,20,21</sup>, respiratorias<sup>14,21,22</sup> y cerebrovasculares<sup>23,24</sup>. Las altas temperaturas pueden provocar cuadros de deshidratación, «golpes de calor», calambres, lipotimias, arritmias y la agravación de enfermedades respiratorias y circulatorias ya existentes<sup>25</sup>, sobre todo en personas que tienen limitadas sus respuestas adaptativas al calor. Las personas mayores tienen limitado su proceso termorregulador<sup>26</sup> y su umbral de sudación es en general más elevado que en personas jóvenes<sup>27</sup> ya que poseen menos glándulas sudoríparas y una capacidad inferior para producir vasodilatación periférica. Además, otros grupos de riesgo son personas con problemas renales u obesas y aquellos indi-

Figura 3. Efectos probables del cambio climático en la salud y posibles respuestas.



viduos que toman drogas o alcohol o determinada medicación. Estudios realizados para nuestro país<sup>28</sup> muestran que cada persona está acostumbrada a vivir en un intervalo de temperaturas que suele coincidir con los percentiles 5 y 95 de la serie de temperaturas máximas diarias para los meses de invierno y verano (fig. 4), respectivamente; por debajo de estas temperaturas aumenta la mortalidad por frío y por encima, por calor. Esto explica que una temperatura puede ser de mínima mortalidad en un lugar y en otro puede constituir una temperatura de disparo de ola de calor<sup>29</sup>. En cuanto al efecto del frío en la mortalidad suele ser menos intenso que el del calor, y aumentar a medida que se suceden las olas de calor a lo largo del año; las afec-

ciones respiratorias y cardiovasculares son las más relacionadas<sup>30</sup>.

Un estudio realizado en la ciudad de Lisboa<sup>31</sup> evalúa, aunque con una incertidumbre importante, el posible incremento de la tasa bruta de mortalidad para los años 2020 y 2050. Para ello utiliza las predicciones de dos modelos climáticos regionales, así como diferentes hipótesis sobre aclimatación y evolución de la población. Según este trabajo el incremento de la tasa de mortalidad relacionada con el calor habría sido entre 5,4 y 6 fallecidos por cada 100.000 habitantes en el período 1980-1998, será entre el 5,8 y 15,1 para el horizonte de 2020 y entre 7,3 y 35,6 para el 2050. Es decir, en el peor de los escenarios se multiplicará por 6 el aumento de la mortalidad por calor.

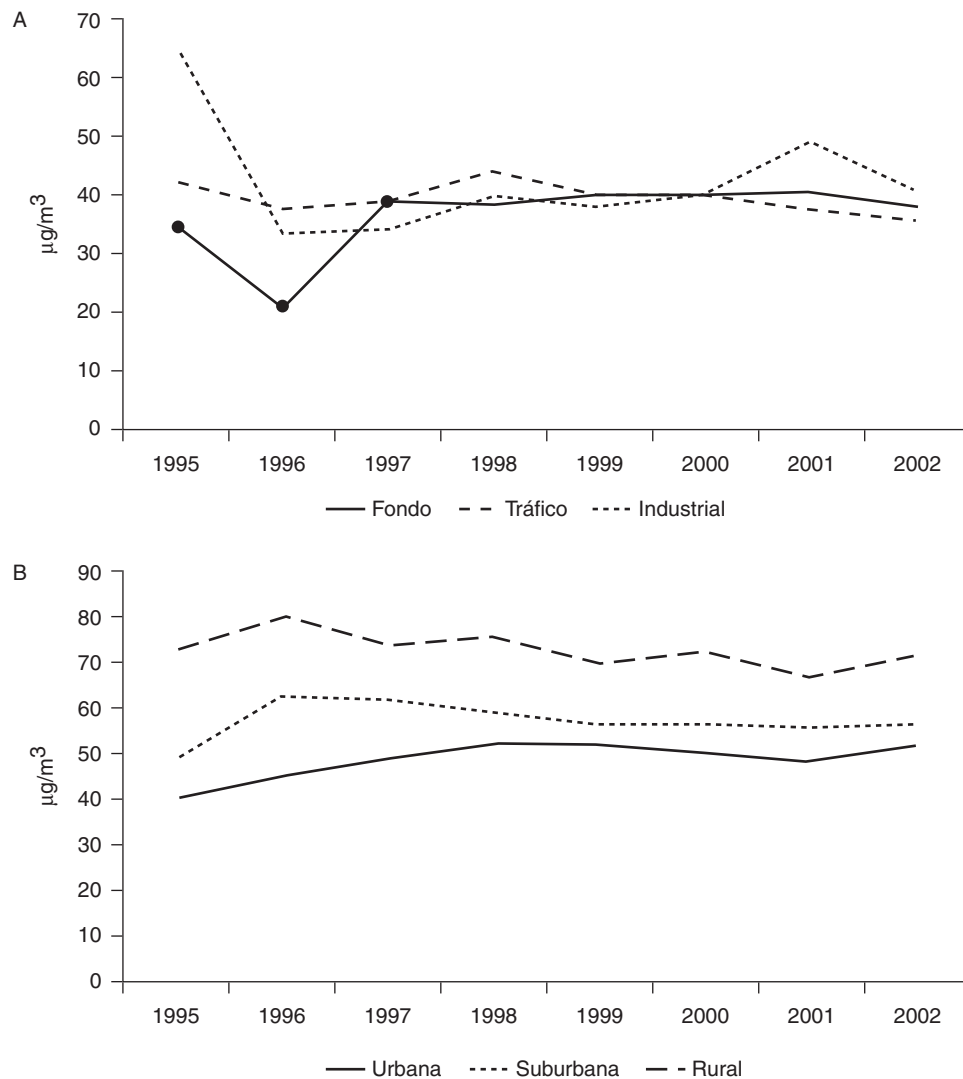


veles de partículas (humos negros o  $PM_{10}$ ) se asocia a un aumento de 0,8% en el número de defunciones diarias. Para los grupos de causas específicas la magnitud de la asociación fue mayor, especialmente para las enfermedades respiratorias<sup>35</sup>. Con datos de 3 ciudades, el ozono únicamente mostró asociación a la mortalidad cardiovascular y en el semestre cálido<sup>36</sup>. El análisis de la relación entre los incrementos de contaminantes atmosféricos y los ingresos hospitalarios por enfermedades cardiovasculares muestra un efecto significativo de las partículas, el monóxido de carbono y el ozono. El efecto es mayor para las enferme-

dades cardíacas que para el resto de las enfermedades circulatorias<sup>37</sup>.

En la figura 5 se observa la evolución de las partículas ( $PM_{10}$ ) y del ozono en España, desde que se dispone de datos suficientes. Para el  $PM_{10}$  los valores obtenidos en los distintos tipos de estaciones situados en zonas urbanas nos muestran una tendencia estable, sin grandes cambios, en los últimos años, con valores alrededor de los  $40 \mu g/m^3$ . En términos de salud pública, este dato nos da una idea de que el porcentaje de personas expuestas a concentraciones medias superiores a  $40 \mu g/m^3$  de  $PM_{10}$  (valor medio anual fijado para

**Figura 5. Evolución de los promedios de las medias anuales de los niveles diarios de  $PM_{10}$  y de ozono registrados en las Redes de Vigilancia de la Contaminación Atmosférica. España, 1995-2002.**



A: promedio de los niveles diarios de  $PM_{10}$  en las estaciones urbanas; España, 1995-2002. B: promedio de las medias anuales de los niveles horarios de ozono en las estaciones de fondo; España, 1995-2002.

Fuente: Base de Datos de Calidad del Aire, Ministerio de Medio Ambiente, 2004.

ser alcanzado en 2005 en los países de la Unión Europea) puede ser alto.

Para el ozono, al tratarse de un contaminante secundario que suele alcanzar valores mayores en zonas alejadas de los focos emisores, se representan los valores medidos en estaciones de fondo. En este caso, los valores medios más altos se sitúan en las zonas rurales. En las estaciones semiurbanas, que representan la exposición de un porcentaje importante de la población, las concentraciones medias anuales alcanzan los  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dada la alta estacionalidad anual, con valores más altos en los meses cálidos, y el patrón diario del ozono, con picos importantes durante las horas de irradiación solar, es seguro que en un número importante de estaciones se excederá, en un buen número de días al año, el valor umbral de protección de la salud de  $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para valores de la máxima diaria de 8 h. En general, se observa una estabilidad o cierta tendencia a la disminución en las concentraciones medias; sin embargo, el período considerado es corto y no permite identificar un patrón consistente.

La predicción del posible efecto de la contaminación atmosférica asociada al cambio climático en la salud está sometida a muchas incertidumbres. Entre ellas se encuentran los distintos escenarios de emisiones para el futuro, la sensibilidad y vulnerabilidad de las poblaciones y la posible interacción entre distintos fenómenos, como la temperatura y los niveles de ozono. Existen trabajos que han tratado de evaluar los posibles impactos de la contaminación atmosférica en relación con el cambio climático (tabla 2). Con este fin se han elaborado modelos predictivos de niveles de contaminantes en el futuro junto con la evaluación del riesgo a partir de los resultados de estudios epidemiológico<sup>38</sup>. En otros casos, las predicciones se han realizado a partir de las emisiones previstas en distintos escenarios climáticos o energéticos, como en el estudio llevado a cabo por el programa de la Unión Europea Clean Air For Europe (CAFE)<sup>39</sup>. Otros trabajos han hecho una aproximación cualitativa<sup>40,41</sup>. Entre los elementos cruciales para esa evaluación se encuentra la duda, aún no resuelta, de si se puede asumir la existencia de un umbral de daño para el ozono, es decir un valor por debajo del cual no existe un efecto en la salud. Este valor, de existir, podría situarse alrededor de los  $60\text{-}70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Para el caso de las partículas se asume que no existe un umbral dado que la forma de la relación concentración-respuesta es lineal<sup>42</sup>.

Como se observa en la tabla 2 las estimaciones muestran una gran variabilidad, y a veces son, incluso, contradictorias, como se ve en las estimaciones del impacto del ozono referidas al Reino Unido. En general, existe un consenso en esperar que las concentraciones medias de ozono constituirán el problema más importante a la hora de evaluar el efecto en la salud de la contaminación atmosférica asociada al cambio cli-

mático. En el contexto europeo, como consecuencia de las políticas energéticas de reducción de emisiones<sup>43</sup>, es previsible una reducción de los niveles de partículas<sup>39</sup>.

#### *Aeroalérgenos y salud respiratoria*

Se ha descrito en un número importante de estudios que las altas concentraciones de polen y esporas se asocian a epidemias de asma y otras enfermedades alérgicas como la rinitis o la fiebre del heno. En un estudio reciente en Madrid<sup>44</sup> se ha determinado una asociación significativa entre los incrementos de polen de poacea y plantago del percentil 95 al 99, con un incremento en el número de visitas a urgencias hospitalarias por asma del 17 y del 16%, respectivamente. Sin embargo, no está claramente definido el papel de los aeroalérgenos en el inicio del asma, e incluso en la exacerbación de esta enfermedad, por lo que se requiere más investigación antes de poder establecer posibles impactos del cambio climático.

A pesar de que las concentraciones de polen y esporas dependen en gran medida de las especies cultivadas y silvestres existentes, las variaciones en esas concentraciones dependen sensiblemente de los factores meteorológicos<sup>45</sup>. El cambio climático podría adelantar o alargar el período polínico para algunas especies con capacidad alérgica. Además el incremento en los niveles de  $\text{CO}_2$  podría afectar la producción de polen.

#### *Enfermedades transmitidas por vectores*

La incidencia y la distribución geográfica de las enfermedades transmitidas por vectores pueden verse afectadas por cambios en las condiciones climáticas. Cambios en la temperatura, la humedad, el patrón de precipitaciones o vientos, o las superficies de agua tienen una influencia importante en la reproducción y maduración de vectores o huéspedes intermedios de enfermedades infecciosas. Se trata de procesos ecológicos complejos, en los que intervienen otros factores ambientales y sociodemográficos, por lo que es difícil hacer predicciones. Sin embargo, la mayor parte de los modelos indican que el cambio climático podría inducir un incremento en el número de casos y la presencia estacional de enfermedades transmitidas por vectores como la malaria, el dengue o la encefalitis transmitida por garrapatas<sup>6,46</sup>.

La proximidad de nuestro país a zonas donde hay transmisión de enfermedades vectoriales y el movimiento de personas, animales y mercancías en un mundo globalizado hacen que España sea un país donde el riesgo de este tipo de enfermedades podría



**Tabla 2. Predicciones de efectos en la salud asociados a contaminación atmosférica en distintos escenarios**

Estudio	Ámbito territorial	Contaminante	Año de referencia	Efecto en salud evaluado	Método	Predicción de variación impacto en salud	
						Año 2020	Año 2050
Knowlton et al, 2004 <sup>38</sup>	Región Metropolitana de Nueva York (EE.UU.)	Ozono	1990	Mortalidad	Modelos de circulación general + evaluación impacto en salud de los gases precursores de ozono	-	Incremento medio del 4,5%
					Idem + proyección crecimiento población	-	Incremento medio del 4,4%
					Idem + proyección de emisiones en la Unión Europea	-	Incremento medio del 59,9%
Programa CAFE, 2004 <sup>*39</sup>	Unión Europea	PM <sub>2,5</sub>	2000	Esperanza de vida (EV) perdida por exposición a PM <sub>2,5</sub>	Proyecciones de emisiones en la Unión Europea	↓	-
					Se perderán 3,2 meses menos por persona (se pasaría de 8,6 a 5,4 meses de EV perdidos)	↓	-
					Se perderán 1,9 meses menos por persona (se pasaría de 5,1 a 3,2 meses de EV perdidos)	↓	-
Reino Unido	Unión Europea	Ozono	2000	Mortalidad prematura (n.º de defunciones atribuibles a ozono)	Proyecciones de emisiones en la Unión Europea	↓	-
					Se perderán 2,4 meses menos por persona (se pasaría de 6,9 a 4,5 meses de EV perdidos)	↓	-
					Se pasaría de 21.938 (2000) a 16.291 (2020)	↓	-
España	Reino Unido	Ozono	1990	Mortalidad prematura por causa respiratoria	Se pasaría de 1.369 (2000) a 1.311 (2020)	↓	-
					Se pasaría de 1.926 (2000) a 1.468 (2020)	↓	-
					Descenso notable	↑	-
Anderson et al, 2001 <sup>40</sup>	Reino Unido	Partículas (PM <sub>10</sub> )	1990	Ingresos hospitalarios por causa respiratoria	Modelos de circulación general + evaluación impacto en salud	↑	-
					Idem sin umbral	↑	-
					Se pasaría de 12.240 (1990) a 13.550 (2030)	↑	-
Reino Unido	Ozono	Mortalidad prematura	1990	Ingresos hospitalarios por causa respiratoria	Idem sin umbral	↑	-
					Idem sin umbral	↑	-
					Se pasaría de 10.450 (1990) a 11.570 (2030)	↑	-

(continúa en pág. siguiente)

**Tabla 2. Predicciones de efectos en la salud asociados a contaminación atmosférica en distintos escenarios (continuación)**

Estudio	Ámbito territorial	Contaminante	Año de referencia	Efecto en salud evaluado	Método	Predicción de variación impacto en salud	
						Año 2020	Año 2050
Casimiro y Calheiros, 2002 <sup>41</sup>	Portugal	Ozono	-	Mortalidad prematura	Ídem con umbral	↑	-
				Ingresos hospitalarios por causa respiratoria			Pequeño incremento
				Efectos en salud	Cálculo de días con ozono alto a partir de las predicciones meteorológicas de los modelos climáticos	-	-

\*Estas estimaciones se basan en las proyecciones energéticas del documento «European energy and Transport – Trends to 2030»<sup>43</sup>.  
 ↑: incremento; ↓: disminución; -: sin datos.

verse incrementado<sup>47</sup>. Por otro lado, la persistencia de leishmaniasis en el sur de Europa, incluido nuestro país, hacen probable una extensión hacia el norte del continente<sup>6,47</sup>.

*Enfermedades infecciosas transmitidas por el agua y por los alimentos*

La exposición a infecciones transmitidas por el agua o los alimentos puede ocurrir a través del agua de bebida, el agua de recreo, los alimentos procedentes del agua, salada o dulce, y los productos frescos, regados o procesados con agua contaminada. Cambios en el régimen de precipitaciones podrían influir el transporte y la diseminación de agentes infecciosos, y la temperatura puede afectar a su crecimiento y supervivencia<sup>48,49</sup>. En nuestro país es bien conocida la distribución estacional de estas enfermedades, con un aumento en su incidencia durante los meses de verano<sup>50</sup>. Predecir los impactos potenciales del cambio climático en estas enfermedades es complicado debido a que el acceso a agua y alimentos en condiciones está determinado por condiciones socioeconómicas. La escasez de agua puede llevar al uso de fuentes inapropiadas, y con ello a un incremento de la concentración de organismo patógenos en las aguas de origen de los abastecimientos<sup>6</sup>.

En la actualidad, junto al riesgo de aparición de casos importados de enfermedades como el cólera, para los países desarrollados uno de los riesgos relacionados con enfermedades de transmisión por el agua más significativos sería la criptosporidiosis<sup>51</sup>. Por otro lado, en nuestro país, la incidencia de legionelosis ha presentado una tendencia creciente en los últimos años<sup>52</sup>. Este aumento en el número de casos declarados se ha relacionado con la amplia difusión del uso del antígeno en orina como técnica diagnóstica y la progresiva sensibilización en toda la comunidad científica por un mejor diagnóstico, control y prevención de la enfermedad. Sin embargo, no se puede descartar que determinadas condiciones meteorológicas asociadas a condiciones de mayor humedad ambiental u otras, puedan desempeñar un papel favorecedor del desarrollo de la legionella neumófila.

**Vulnerabilidad a los efectos del cambio climático**

Los efectos que el cambio climático cause sobre la salud dependen en gran medida de una serie de condiciones que modulan la vulnerabilidad frente a las agresiones ambientales. Así, la vulnerabilidad de la población frente al cambio climático depende de 3 grupos de factores:

1. Factores individuales (tabla 3).
2. Factores comunitarios, como la existencia de sistemas de abastecimiento de agua, de distribución de alimentos, de sistemas de alerta y de servicios de salud pública.
3. Factores geográficos: poblaciones en zonas costeras bajas, poblaciones en los límites de las enfermedades transmitidas por vectores, poblaciones rurales alejadas de asistencia sanitaria, poblaciones urbanas sometidas al efecto de isla térmica, etc<sup>6</sup>.

### Elementos para la acción

Ante la amenaza que los previsible cambios en el clima mundial pueden tener para la salud humana, la calidad de vida y, en general, para el futuro del planeta, se plantea una serie de acciones que eviten o reduzcan este efecto impacto, así como las necesidades de investigación para valorar su posible impacto en salud.

#### Mitigación

La mitigación se refiere a las políticas para reducir las emisiones de los gases con efecto invernadero. En este ámbito se enmarcan las medidas planteadas en el Protocolo de Kioto, donde se establece que los países desarrollados deben reducir en el período 2008-2012 sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 5,2% respecto del nivel de 1990. Los países de la Unión Europea se han comprometido a bajarlas un 8% como media, estableciéndose objetivos nacionales en virtud

**Tabla 3. Grupos de personas con mayor vulnerabilidad a los efectos del cambio climático**

<p>Personas con peor salud: los que padecen enfermedades cardiovasculares, respiratorias o renales son más vulnerables a los efectos directos de las olas de calor o de la contaminación atmosférica; aquellos individuos con inmunidad comprometida pueden sufrir más en situaciones de temperaturas extremas o pueden contraer enfermedades infecciosas</p> <p>Los ancianos corren más riesgo de padecer enfermedades infecciosas, efectos causados por temperaturas extremas y presentan, en general, peores condiciones físicas o, incluso, menor capacidad de adaptación o respuesta</p> <p>Los niños presentan un mayor riesgo de enfermedad o muerte debido a la falta de madurez de algunos sistemas, a su mayor actividad y su menor tamaño; por ello corren más riesgo de diarreas, enfermedades ligadas a vectores y efectos directos del calor y de la contaminación atmosférica</p> <p>Grupos con menores ingresos: la pobreza aumenta el riesgo pues, entre otras razones, se tiene menos acceso a sistemas adecuados de acondicionamiento de aire, se vive en zonas urbanas más calurosas, se posee menos información para evitar exposiciones a situaciones extremas</p>
--

Fuentes: IPCC 2001<sup>6</sup>, McMichael et al<sup>49</sup>, Johns Hopkins University<sup>53</sup>.

de los niveles alcanzados en 1990 (a España, en concreto, se le permite aumentarlas en un 15%).

Además de su objetivo principal, las acciones para reducir los gases de efecto invernadero pueden tener efectos beneficiosos para la salud de la población. En la preparación de las discusiones acerca del contenido del tratado de Kioto, el Grupo de Trabajo sobre Salud Pública y Consumo de Combustibles Fósiles<sup>54</sup> realizó una evaluación de lo que ocurriría, en relación con los efectos relacionados con la exposición a partículas en suspensión, si las políticas energéticas mundiales continuaban como hasta 1997 o cambiaban a un escenario de políticas de control de las emisiones para evitar el calentamiento mundial. Desde el año 2000 al 2020, el efecto de la disminución de la exposición a partículas sería una reducción de 700.000 defunciones anuales. En otro estudio, una estimación de los beneficios que una reducción de la contaminación atmosférica tendría en cuatro ciudades americanas (Santiago de Chile, São Paulo, México y Nueva York) indica que, si se adoptaran las tecnologías disponibles para reducir la contaminación atmosférica y el calentamiento global, se podrían reducir, en estas ciudades, 65.000 defunciones y los correspondientes casos de bronquitis y actividad restringida<sup>55</sup>.

Estos resultados ilustran los beneficios que, a escala local y cercana en el tiempo, tendrían las políticas de reducción de las emisiones de gases que provocan el calentamiento global. Las cifras anteriores deben valorarse con precaución y tomarse únicamente como indicativas, dadas las asunciones y dudas existentes a la hora de realizar las estimaciones. No obstante, queda demostrado que el uso de fuentes renovables de energía puede ayudar en el proceso de reducción de las emisiones al tiempo que pueden constituir una fuente asequible de energía para un número importante de población que ahora no tiene acceso a energías limpias<sup>55</sup>.

Como es conocido, algunos países como los EE.UU. (causantes de una cuarta parte de la emisión de gases con efecto invernadero) o Australia han acordado no ratificar el Protocolo de Kioto. Con esta decisión quedan fuera del mayor esfuerzo internacional para controlar el calentamiento de la Tierra. En el futuro próximo una política efectiva de mitigación requerirá la participación de estos países y su asunción de que la adopción de alternativas a los combustibles fósiles no sólo es compatible con el desarrollo económico, sino además una medida de salud pública científicamente comprobada.

#### Adaptación y prevención

Incluso si todos los países del mundo cumplieran con el Protocolo de Kioto, algunas consecuencias de los cambios en el clima serán inevitables, entre ellas

algunas que tendrán efecto negativo en la salud. La adaptación es una estrategia de respuesta clave para minimizar los impactos del cambio climático y para reducir, con el mínimo coste, los efectos adversos sobre la salud. En la tabla 4 se resumen algunas de las opciones para la adaptación de los principales efectos del cambio climático en la salud. En el Informe de Evaluación de los Impactos del Cambio Climático en España<sup>10</sup> se puede encontrar una presentación más extensa respecto de las posibles medidas adaptativas, las implicaciones para las políticas que se derivarían y los posibles efectos en otros sectores.

Si se hubiera de destacar algunas de las medidas necesarias para prevenir o reducir los riesgos relacionados con los cambios del clima citaríamos 3:

1. La mejora o establecimiento, en su caso, de sistemas de monitorización y vigilancia de eventos relacionados con la meteorología y la contaminación.

2. La puesta en marcha de actividades para aumentar la conciencia y participación ciudadana en las materias relacionadas con el cambio climático.

3. La inversión en estudios e investigaciones para reducir las incertidumbres relevantes para la toma de decisiones.

#### *Necesidades de investigación*

Existe un acuerdo general en que los estudios sobre los posibles efectos en la salud del cambio climático deberían realizarse desde una perspectiva internacional. Por un lado, se trata de situaciones mundiales, que no conocen fronteras y, por otro, se debe garantizar al máximo el intercambio de información que permita valorar las diferencias en las situaciones ambientales, sociodemográficas y de salud entre las distintas localizaciones geográficas y poblaciones. En general, se trata de valorar los posibles efectos en la salud asociados a cada uno de los fenómenos que constituyen el cambio climático.

Además, se considera necesaria la realización de evaluaciones sobre el posible efecto en la salud del cambio climático en cada país. Estas evaluaciones debe-

**Tabla 4. Opciones adaptativas para reducir los efectos del cambio climático en la salud**

Efecto en salud/riesgo ambiental	Legislación	Acciones técnicas	Alerta-educación	Cultural y de conducta
Estrés térmico	Guías para la construcción de edificios Incentivos económicos para la construcción ecológica	Sistemas de vigilancia, prevención y programas de control Mejoras en las viviendas, edificios públicos y urbanismo para reducir el efecto de isla térmica Aclimatación de los interiores	Sistema de alerta temprana	Recomendaciones sobre ventilación y aclimatación de la casa Ropa Siesta
Eventos meteorológicos e inundaciones	Leyes de planificación urbanística Guías para la construcción de edificios	Mejoras en el planeamiento urbano Preparación de refugios ante tormentas y/o inundaciones	Sistema de alerta temprana Consejos ante inundaciones y tormentas	Conocimiento de la existencia de refugios
Calidad del aire	Control de las emisiones Restricciones al tráfico	Sistemas de vigilancia, prevención y programas de control Mejoras en el transporte público, filtros para el atrapamiento de partículas Uso de convertidores catalíticos	Sistema de alerta ante episodios de contaminación	Andar y usar la bicicleta Uso del transporte público
Enfermedades transmitidas por vectores	Aplicación de las regulaciones de inspección, certificación y cuarentena de los productos comerciales	Control de vectores Sistemas de vigilancia, prevención y programas de control Vacunación	Educación sanitaria	Prácticas de almacenamiento de agua
Enfermedades transmitidas por el agua	Leyes de protección de las fuentes de agua Regulación de la calidad del agua	Sistemas de vigilancia, prevención y programas de control Mejora del tratamiento del agua (p. ej., filtración) Mejoras en el saneamiento Vacunación/quimioterapia	Alerta para el consumo de agua (agua embotellada, hervir el agua)	Limpieza de manos e higiene

Fuente: adaptado de McMichael y Githeko, 2001<sup>45</sup>.

rían incluir la estimación cuantitativa del efecto en la salud teniendo en cuenta los distintos escenarios de cambio climático y las predicciones en la estructura demográfica en nuestro país. En este sentido, la Organización Mundial de la Salud ha desarrollado una metodología para la valoración de la vulnerabilidad en salud humana y la adaptación en salud pública al cambio climático<sup>56</sup>. Esta evaluación debería cumplir los siguientes requisitos:

1. Dar respuesta a un mandato explícito de los decisores de las políticas de salud pública y/o medio ambiente.
2. Llevarse a cabo desde una perspectiva multidisciplinaria, con utilización de nuevas técnicas de análisis e interpretación. Éstas deberían incluir, no sólo las disciplinas directamente relacionadas con el tema (salud ambiental, epidemiología, climatología, medicina clínica, toxicología), sino también considerar otras disciplinas como sociología, psicología y economía.
3. Dar prioridad a los problemas específicos en las diferentes regiones españolas, con especial atención a problemas locales concretos (p. ej., incremento de temperatura en ciertas áreas de la península, tormentas de polvo del Sahara en Canarias, etc.)
4. El propósito de la evaluación de impacto en salud debería estar orientado a la prevención de la enfermedad y a la evaluación de las consecuencias de las medidas tomadas, incluidas las acciones de salud pública.
5. La evaluación debería identificar las áreas con mayor incertidumbre, plantear necesidades de investigación y estar vinculada al sistema de vigilancia y monitorización que se establezca.

---

## Conclusión

Siete años después de acordarse, el Protocolo de Kioto ha entrado en vigor. Este acuerdo representa un esfuerzo internacional sin antecedentes para la mitigación del cambio climático. Los costos derivados del cumplimiento de Kioto son importantes, pero aún así son mucho menores que los costos que podrían derivarse de no hacer nada.

La magnitud y, en algunos casos, la naturaleza de los efectos que el cambio climático puede causar en la salud tienen un grado de incertidumbre importante. A pesar de ello ya se pueden evaluar algunos daños ocurridos en el mundo en los últimos 30 años. En los países desarrollados los daños más importantes están asociados a los eventos meteorológicos extremos, especialmente temperatura, y a cambios en la calidad del aire.

Los profesionales de la salud pública constituyen un sector estratégico en el conocimiento de estos problemas y en la preparación de acciones para la vigilancia y prevención de sus consecuencias. Los sistemas de

alerta temprana pueden reducir los efectos y asegurar la atención adecuada a las personas más vulnerables. La puesta en marcha y el mantenimiento de sistemas de vigilancia permitirá la adecuada información para detectar los efectos tempranos relacionados con los cambios climáticos. La mejora de las infraestructuras de salud pública contribuirá a minimizar los posibles efectos del cambio climático. Los profesionales de la salud pueden también participar en la educación de las comunidades acerca de los riesgos debidos al cambio climático y participar en la formulación de políticas que contribuyan a disminuir la dependencia de los combustibles fósiles.

Conocer los riesgos relacionados con el cambio climático puede ayudar a identificarlos mejor y a poner en marcha medidas para su prevención. A pesar de las incertidumbres respecto de los riesgos para la población, las ventajas de seguir el principio de precaución parece clara: la mejor manera de prevenir la enfermedad es prevenir la contaminación ambiental, incluida la alteración del clima.

---

## Agradecimientos

En la elaboración de este trabajo desempeñó un papel crucial la participación de los autores en la preparación del capítulo «Impactos sobre la salud humana» de Julio Díaz, Ferran Ballester y Rogelio López-Vélez incluido en el estudio Evaluación de los Impactos del Cambio Climático en España (ECCE), coordinado por el profesor José Manuel Moreno de la Universidad de Castilla-La Mancha y financiado por la Oficina Española de Cambio Climático del Ministerio de Medio Ambiente). Agradecemos a todos los demás autores, revisores, resto del equipo e instituciones involucradas el esfuerzo para la elaboración de ese informe que representa un hito en la valoración científica de los posibles impactos del cambio climático en nuestro país.

Las opiniones expresadas en el texto son de los autores y no significan necesariamente la posición institucional de los organismos en los que trabajan.

## Bibliografía

1. Jones PD, New M, Parker DE, Martin S, Rigor IG. Surface air temperature and its changes over the past 150 years. *Reviews of Geophysics*. 1999;37:173-99.
2. Brunet M, Aguilar E, Saladié O, Sigró J, López D. The Spanish Temperature Series. Time variations and trends over the last 150 years. *Geophysical Research*. [Abstract 3]: GRA3 5333-76.
3. Mann ME, Bradley RS, Hughes MK. Global-Scale Temperature Patterns and Climate Forcing Over the Past Six Centuries. *Nature*. 1998;392:779-87.
4. Amman C, Wahl E. 2005. The Hockey Stick Controversy: New Analysis Reproduces Graph of Late 20th Century Temperature Rise. [Accedido 30 Marzo 2005]. Disponible en <http://www.ucar.edu/news/releases/2005/ammann.shtml>.

5. Petit JR, Jouzel J, Raynaud D, Barkov NI, Barnola JM, Basile I, et al. Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature*. 1999;399:429-436.
6. International Panel for Climate Change (IPCC). Climate Change 2001. En: Houghton JT, Ding J, Griggs DJ, Noguer M, Van der Linden PJ, Xiaosu D, editors. *The Scientific Basis*. Cambridge University Press: Cambridge; 2001.
7. Barnett TP, Pierce DW, Schnur R. Detection of Anthropogenic Climate Change in the World's Oceans. *Science*. 2001;292:270-4.
8. Levitus S, Antonov J, Boyer T. Warming of the world oceans: 1955-2003. *Geophysical Research Letters*. 2005;32:L02604.
9. Hansen J, Nazarenko L, Ruedy R, Sato M, Willis J, Del Genio A, et al. Earth's Energy Imbalance: Confirmation and Implications. *Science* DOI. 2005;10.1126/science.1110252.
10. Moreno JM, editor. *Evaluación Preliminar General de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid: Universidad de Castilla-La Mancha; 2005. Disponible en <http://www.mma.es/oecc> y en <http://ecce.uclm.es>
11. De Castro M, Martín-Vide J, Alonso S. El Clima de España: Pasado, presente y escenarios de clima para el siglo XXI. En: Moreno JM, editor. *Evaluación Preliminar General de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid; Universidad de Castilla-La Mancha; 2005. Disponible en <http://www.mma.es/oecc> y en <http://ecce.uclm.es>.
12. Haines A, Patz JA. Health effects of Climate Change. *JAMA*. 2004;291:99-103.
13. Smoyer KE. Putting risk in its place: methodological considerations for investigating extreme event health risk. *Soc Sci Med*. 1998;47:1809-24.
14. Díaz J, Jordán A, García R, López C, Alberdi JC, Hernández E, Otero A. Heat Waves in Madrid 1986-1997: effects on the health of the elderly. *Int Arch Occup Environ Health*. 2002a;75:163-70.
15. Hulme M, Jenkins GJ, Lu X, Turnpenny JR, Mitchell TD, Jones RG, et al. Climate change scenarios for the United Kingdom: the UKCIP02 scientific report. Tyndall Centre for Climate Change Research, School of Environmental Sciences, University of East Anglia, Norwich, 2002. [Accedido 30 de Sept 2005]. Disponible en: <http://www.ukcip.org.uk/scenarios/index.html>.
16. Ledrans M, Pirard P, Tillaut H, Pascal M, Vandentorren S, Suzan F, et al. The heat wave of August 2003: what happened? *Rev Prat*. 2004;54:1289-97.
17. Conti S, Meli P, Minelli G. Epidemiologic study of mortality during summer 2003 heat wave in Italy. *Environ Res*. 2005;98:380-9.
18. Martínez F, Simón-Soria F, López-Abente G. Valoración del impacto de la ola de calor de 2003 sobre la mortalidad. *Gac Sanit*. 2004;18:250-8.
19. Pirard P. Heat wave: a climatic deadly phenomena that can be prevented. *Enf Emergentes*. 2003;5:145-6.
20. Saez M, Sunyer J, Castellsagué J, Murillo C, Antó JM. Relationship between weather temperature and mortality: a time series analysis approach in Barcelona. *Int J Epidemiol*. 1995;24:576-82.
21. Díaz J, García R, Velázquez F, Hernández E, López C, Otero A. Effects of extremely hot days on people older than 65 in Seville (Spain) from 1986 to 1997. *Int J Biometeorol*. 2002;46:145-9.
22. Ballester F, Corella D, Pérez-Hoyos S, Sáez M, Hervás A. Mortality as a function of temperature; a study in Valencia, Spain 1991-1993. *Int J Epidemiol*. 1997;26:551-61.
23. Pan WH, Li TA, Tsai MJ. Temperature extremes and mortality from coronary heart disease and cerebral infarction in elderly Chinese. *Lancet*. 1995;345:353-5.
24. Montero JC, Mirón IJ, Díaz J. Influencia de las variables atmosféricas sobre la mortalidad por enfermedades respiratorias y cardiovasculares en mayores de 65 años en la Comunidad de Madrid. *Gac Sanit*. 1997;11:164-70.
25. Kunst AE, Looman CW, Mackenbach JP. Outdoor air temperature and mortality in the Netherlands: a time series analysis. *Am J Epidemiol*. 1993;137:331-41
26. Kenney WL, Hodgson JL. Heat tolerance, thermoregulation and ageing. *Sports Med*. 1987;4:446-56.
27. Foster KG, Ellis FP, Dore C, Extan-Smith AN, Weiner JS. Sweat responses in the aged. *Age Ageing*. 1976; 5:91-101.
28. Díaz J, García R, Trigo R, Linares C, Valente A, De Miguel JM, et al. The impact of summer 2003 heat wave in Iberia: how should measure it? *Int J Biometeorol*. 2006;50:159-66.
29. Díaz J, Linares C, García-Herrera R. Impacto de las temperaturas extremas en la salud pública: futuras actuaciones. *Rev Esp Salud Pública*. 2005;79:145-57.
30. Díaz J, García-Herrera R, Prieto L, López C, Linares C. Mortality impact of extreme winter temperatures. *Int J Epidemiol*. 2005;49:179-83.
31. Dessai S. Heat stress and mortality in Lisbon. Part II: an assessment of the potential impacts of climate change. *Int J Biometeorol*. 2003;48:37-44.
33. McCarthy J, Canziani O, Leary N. *Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability*. New York: Cambridge University Press; 2001.
34. Beniston M. Climate change: possible impacts on human health. *Swiss Med Wkly*. 2002;132:332-7
35. Ballester F, Iñíguez C, Saez M, Pérez-Hoyos S, Daponte A, Ordóñez JM, et al. Relación a corto plazo de la contaminación atmosférica y la mortalidad en trece ciudades españolas. *Med Clin (Barc)*. 2003;121:684-9.
36. Saez M, Ballester F, Barceló MA, Pérez-Hoyos S, Tenías JM, Bellido J, et al. A combined analysis of the short-term effects of photochemical air pollutants on mortality within the EME-CAM project. *Environ Health Perspect*. 2002;110:221-8.
37. Ballester F, Rodríguez MP, Pérez-Hoyos S, Bellido J, Arribas F, Saurina C, et al. Relationship between gaseous air pollutants and cardiovascular admissions: a study in 14 spanish cities. *Epidemiology*. 2004;15:S25-S6.
38. Knowlton K, Rosenthal JE, Hogrefe C, Lynn B, Gaffin S, Goldberg, et al. Assessing Ozone-Related Health Impacts under a Changing Climate. *Environ Health Perspect*. 2004;112:1557-63.
39. Amann M, Bertok I, Cofala J, Gyarfás F, Heyes C, Klimont Z, et al. Baseline Scenarios for the Clean Air for Europe (CAFE) Programme. Final Report. [Accedido 20 Marzo 2005]. Disponible en: <http://europa.eu.eu.int/comm/environment/air/café/index.htm>.
40. Anderson HR, Derwent RG, Stedman J. Air pollution and climate change. En: *Health effects of climate change in the UK. Report of the Institute for Environmental and Health*. [Accedido 22 Ene 2005]. Londres: Departamento de Salud del Reino Unido; 2001. p. 219-49. Disponible en: <http://www.doh.gov.uk/airpollution/climatechange02>
41. Casimiro E, Calheiros JM. Human health. En: Santos FD, Forbes K, Moita R, editors. *Climate change in Portugal: scenarios, impacts, and adaptation measures –SIAM project*. Lisboa: Gradiva; 2002. p. 241-300.
42. Schwartz J, Ballester F, Saez M, Perez-Hoyos S, Bellido J, Cambra K et al. The Concentration-Response Relation between Air Pollution and Daily Deaths. *Environ Health Perspect*. 2001;109:1001-6.

43. CEC. European energy and transport. Trends to 2030. KO-AC-02-001-EN-C. European Commission, Directorate General for Energy and Transport, Luxemburg; 2003.
44. Tobías A, Galan I, Banegas JR, Aranguéz E. Short term effects of airborne pollen concentrations in asthma epidemic. *Thorax*. 2003;58:708-10.
45. McMichael AJ, Githeko AK. Human health. En: McCarthy JJ, editor. *Climate change. IPCC, WG II, TAR, 9.7.1*; IPCC. Ginebra: Gradiva; 2001. p. 453-85.
46. Sutherst RW. Global change and human vulnerability to vector-borne diseases. *Clin Microbiol Rev*. 17:136-73.
47. López-Vélez R. Cambio climático en España y riesgo por enfermedades infecciosas y parasitarias transmitidas por artrópodos y roedores. *Rev Esp Salud Pública*. 2005;79:177-90.
48. Rose JB, Epstein PR, Lipp EK, Sherman BH, Bernard SM, Patz JA. Climate Variability and Change in the United States: Potential Impacts on Water and Foodborne Diseases Caused by Microbiologic Agents. *Environ Health Perspect*. 2001;109 Suppl 2:211-21.
49. McMichael AJ, editor. *Climate change and health: risks and responses*. Geneva: World Health Organization; 2003.
50. Palau M, Tello O. Objetivo 20. Calidad del agua. En: Alvarez-Dardet C, Peiró S, editores. *Informe SESPAS 2000*, Barcelona: Doyma; 2000. p. 270-8.
51. Ballester F, Sunyer J. Drinking water and gastrointestinal disease: need of better understanding and an improvement in public health surveillance. *J Epidemiol Community Health*. 2000;54:3-5.
52. Centro Nacional de Epidemiología. *Vigilancia Epidemiológica de la legionelosis en España*. [Accedido 29 Marzo 2005]. Disponible en: <http://193.146.50.130/htdocs/ve/legionela-web.PDF>.
53. Johns Hopkins University Program On Health Effects of Global Environmental Change. [Accedido 9 Oct 2004]. Disponible en: <http://www.jhsph.edu/globalchange/>
54. Working Group on Public Health and Fossil-Fuel Combustion (1997). Short-term improvements in public health on fossil-fuel combustion: an interim report. *Lancet*. 1997;350:1341-9.
55. Cifuentes L, Borja-Aburto VH, Gouveia N, Thurston G, Davis DL. Assessing the health benefits of urban air pollution reductions associated with climate change mitigation (2000-2020): Santiago, São Paulo, Mexico city, and New York City. *Environ Health Perspec*. 2001;109 Suppl 3: 419-25.
56. Kovats S, Ebi KL, Menne B. *Methods of assessing human health vulnerability and public health adaptation to climate change*. Copenhagen: World Health Organization; 2003.