

16. IMPACTOS SOBRE LA SALUD HUMANA

Julio Díaz, Ferrán Ballester y Rogelio López-Vélez

Revisores

E. Alonso, F. Escorza Muñoz, J. I. Elorrieta Pérez de Diego, A. Estrada Peña, I. Galán, J. F. García García, R. García Herrera, M. E. Gómez Campoy, R. Iglesias García, C. Íñiguez, G. López-Abente, R. López Casares, R. Machado Trigo, J. V. Martí Boscà, M. Mayoral Arenas, M. Millán Muñoz, I. J. Mirón Pérez, R. Molina Moreno, J. C. Montero Rubio, J. M. Ordóñez, M. Porta, M. Sáez, A. Tobías Garcés, F. Vargas Marcos

M. Lacasaña

RESUMEN

Las interacciones entre el cambio climático y la salud humana son múltiples y complejas. No obstante con un ánimo sintetizador podrían resumirse en: a) cambios en la morbi-mortalidad en relación con la temperatura; b) Efectos en salud relacionados con eventos meteorológicos extremos (tornados, tormentas, huracanes y precipitaciones extremas); c) Contaminación atmosférica y aumento de los efectos en salud asociados; d) Enfermedades transmitidas por alimentos y el agua y e) Enfermedades transmitidas por vectores infecciosos y por roedores (Patz et al. 2000).

La limitación en extensión del capítulo hace que lo que se expone a continuación se relacione con aquellos factores que pensamos pueden tener una repercusión más acusada en nuestro país.

Las temperaturas extremadamente elevadas registradas en Centroeuropa durante el verano de 2003 y en el norte y este de España han puesto de manifiesto la importancia que sobre la morbi-mortalidad presentan las altas temperaturas. En este capítulo se analizan los principales impactos de las olas de calor, fundamentalmente, y de frío. Se contemplan los factores socioeconómicos que influyen en estos excesos de mortalidad y se plantean las medidas que deben tenerse en cuenta en los planes de prevención. Se hace hincapié en la necesidad de agilización de los registros de morbi-mortalidad en España y en las políticas necesarias para la minimización del impacto en salud de los eventos térmicos extremos.

La contaminación atmosférica representa un riesgo ambiental con consecuencias perjudiciales para la salud. Este riesgo es conocido desde hace años y es mejor comprendido con las investigaciones llevadas a cabo en los últimos años. Las emisiones a la atmósfera relacionadas con el cambio climático pueden agravar los efectos de la contaminación del aire sobre la salud de los ciudadanos, no solo directamente por el impacto en los fenómenos meteorológicos, sino, de manera inmediata, por los efectos directos de los contaminantes para la salud. Sin embargo, durante demasiados años los esfuerzos en la mayor parte del mundo se han dirigido a tratar estos dos problemas separadamente. De hecho, muy a menudo se considera que los beneficios de la protección del clima sobre la salud se obtendrían a largo plazo. Por el contrario, lo que se ha puesto de manifiesto en los últimos años es que las acciones para reducir las emisiones de gases contaminantes, redundarían en efectos beneficiosos a corto plazo debido a la reducción del impacto de los contaminantes atmosféricos sobre la salud de los ciudadanos. En el capítulo dedicado a la contaminación atmosférica se exponen sus fuentes y contaminantes principales, se revisan los resultados de estudios epidemiológicos y toxicológicos realizados en España y en el ámbito internacional y se presentan los posibles riesgos de los contaminantes más relacionados con los cambios climáticos, como el ozono o las partículas finas. Teniendo en cuenta las incertidumbres y desconocimientos actuales sobre el tema, se plantean las principales implicaciones para las políticas en España, así como las necesidades de investigación relacionadas con el posible impacto en salud del cambio climático. En este sentido, tanto desde el punto de vista de la vigilancia como de la investigación se considera necesario el establecimiento de un sistema de vigilancia epidemiológica de los efectos de la contaminación atmosférica.

Por la proximidad con el continente africano, siendo lugar de tránsito obligado de aves migratorias y personas, y por las condiciones climáticas, cercanas a las de zonas donde hay transmisión de enfermedades vectoriales, España es un país en el que este tipo de enfermedades podrían verse potenciadas por el cambio climático. El posible riesgo vendría por extensión geográfica de vectores ya establecidos o por la importación e instalación de vectores sub-tropicales adaptados a sobrevivir en climas menos cálidos y más secos. Hipotéticamente, las enfermedades vectoriales susceptibles de ser influidas por el cambio climático en España

serían aquellas transmitidas por dípteros como dengue, encefalitis del Nilo occidental, fiebre del valle del Rift, malaria y leishmaniosis; las transmitidas por garrapatas como la fiebre de Congo Crimea, encefalitis por garrapata, enfermedad de Lyme, fiebre botonosa y fiebre recurrente endémica; y las transmitidas por roedores. Pero la mayor y más factible amenaza sería la instauración del mosquito *Aedes albopictus*, que sería capaz de transmitir enfermedades virales como la del Nilo occidental o el dengue. Pero para el establecimiento de auténticas áreas de endemia se necesitaría la conjunción de otros factores, tales como el aflujo masivo y simultáneo de reservorios animales o humanos y el deterioro de las condiciones socio-sanitarias y de los servicios de Salud Pública.

16.1. INTRODUCCIÓN

16.1.1. Temperaturas extremas

16.1.1.1. *Relación entre la temperatura y la morbi-mortalidad*

Es conocido que la morbi-mortalidad presenta una dinámica estacional caracterizada por la aparición de un máximo invernal y un pico estival de menor amplitud, aunque a veces más intenso desde el punto de vista de sus efectos en salud que el propio exceso de morbi-mortalidad invernal (Mackenbach et al. 1992, Alderson 1985). El resultado de numerosas investigaciones indica que la relación entre la temperatura y la morbi-mortalidad suele tener forma de “U” o de “V” con una temperatura de mínima incidencia que varía de unos lugares a otros (Kunst et al. 1993, Sáez et al. 1995, Ballester et al. 1997, Alberdi et al. 1998) y que depende, probablemente, de la adaptación de la población al rango de temperaturas a las que se encuentra expuesta (Curreiro et al. 2002, García-Herrera et al. 2004). La sobremortalidad invernal se explica principalmente por las enfermedades respiratorias y circulatorias, mientras que son estas últimas las más relacionadas con el aumento de mortalidad estival (Alberdi y Díaz 1997). Los grupos de mas edad son los que más contribuyen a estos excesos de morbi-mortalidad (Alberdi et al. 1998, Ballester et al. 2003a). En cuanto a la distribución temporal, el efecto del calor ocurre a corto plazo (1-3 días), mientras que el del frío suele ocurrir entre una y dos semanas después del extremo térmico (Alberdi et al. 1998, Braga et al. 2001), lo que es coherente con los mecanismos biológicos que subyacen (Huynen et al. 2001, Havenit 2002). A modo de ejemplo indicar que la mortalidad media diaria por todas las causas excepto accidentes (CIE IX 1-799) registradas en la Comunidad de Madrid de 1986 a 1992, frente a la temperatura máxima diaria, presenta una relación en forma de “V” con una temperatura máxima diaria de mínima mortalidad en 30,8 °C (Díaz y López 2003).

16.1.1.2. *Definición de ola de calor y de frío*

Desde el punto de vista de los efectos en salud, no existe un criterio uniforme para la definición de ola de calor (W.H.O 2004) y de frío. En el caso del calor algunos autores definen extremos mediante un umbral en función de la temperatura del aire tanto máxima como mínima o media diaria, de un día o varios, otros autores utilizan índices (temperatura aparente, etc.) que tienen en cuenta la humedad relativa del aire (Nakai et al. 1999, Smoyer 1998, Jendritzky et al. 2000) o las situaciones meteorológicas a escala sinóptica (Kalkstein 1991).

Diversos trabajos realizados recientemente en la Península Ibérica muestran la existencia de una temperatura máxima diaria a partir de la cual se observa un incremento acusado de la mortalidad. Para el caso de Madrid esta temperatura máxima diaria de “disparo de la mortalidad” es de 36,5 °C (Díaz et al. 2002a), 41°C para Sevilla (Díaz et al. 2002b), 33,5 °C para Lisboa (García-Herrera et al. 2004) (figura 16.1) y 30,3 °C para Barcelona. En todos estos lugares esta temperatura coincide con el percentil 95 de las series de temperaturas máximas diarias durante el periodo de verano (junio-septiembre) desde 1991 a 2002. Puesto que un solo día con temperatura superior a este valor de disparo ya tiene efecto significativo sobre la mortalidad, se propone definir como ola de calor aquel periodo en que la temperatura máxima diaria supere el percentil 95 de las series de temperaturas máximas diarias en el periodo junio-septiembre. La duración de la ola de calor vendrá marcada por el número de días consecutivos que se supere dicho umbral.

En el caso del frío se observa un comportamiento análogo al del calor pero agravado por el hecho de que el efecto del frío es mucho menos intenso y a más largo plazo, por lo que resulta más complicado establecer la relación causa-efecto (Braga et al. 2001). No obstante, existe una temperatura máxima diaria por debajo de la cual se dispara la mortalidad. Para el caso de Madrid, esta temperatura máxima diaria, próxima a los 6 °C, coincide con el percentil 5 de las

series de temperaturas máximas diarias durante el periodo invernal (noviembre-marzo) (Díaz et al. 2004a).

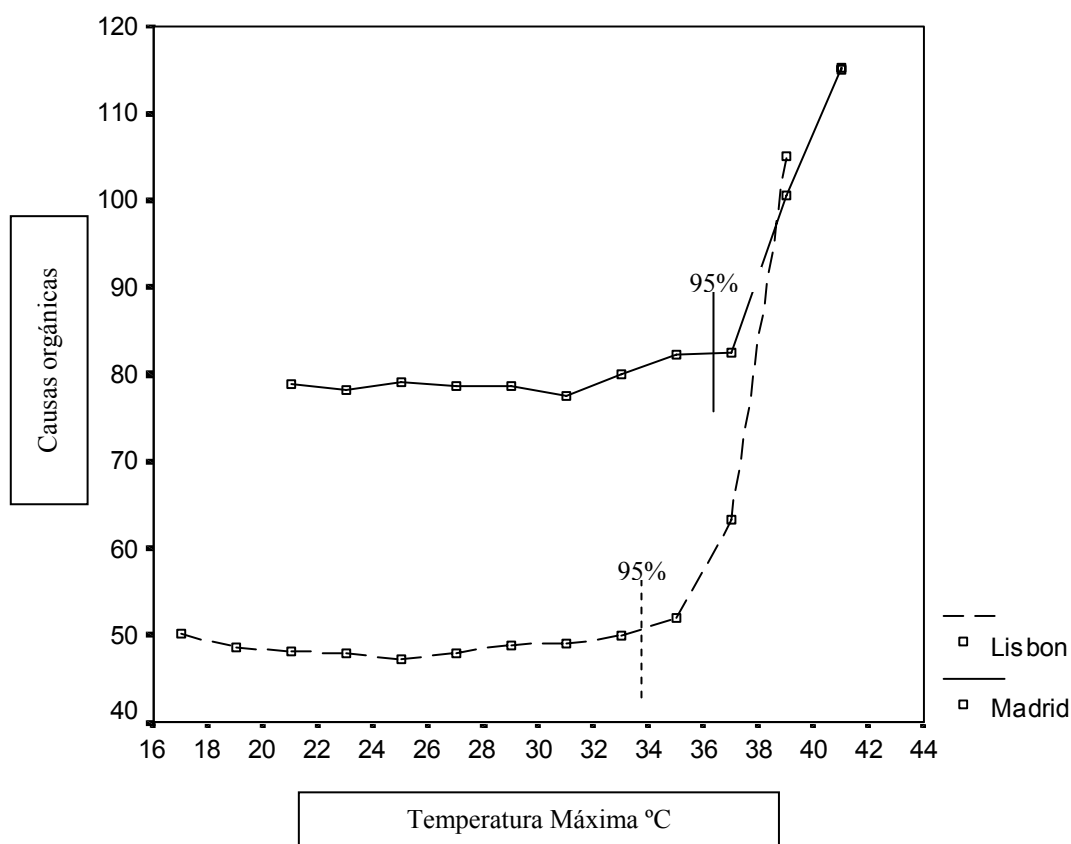


Fig. 16.1. Temperatura de disparo de la mortalidad para las ciudades de Madrid y Lisboa. Se marca la temperatura umbral del 95 % de las series de temperaturas máximas diarias en el periodo junio-septiembre.

Es decir, existe una asociación entre la mortalidad y la temperatura que se exagera en los casos de extremos térmicos, olas de frío o de calor. De hecho cuando la temperatura máxima está por encima del percentil 95 o por debajo del percentil 5 la magnitud del impacto se hace mayor.

16.1.2. Contaminación atmosférica

16.1.2.1. Contaminación atmosférica y salud humana

Por *contaminación atmosférica* se entiende la presencia en el aire de sustancias y formas de energía que alteran la calidad del mismo, de modo que implique riesgos, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza. En el campo de la salud pública la contaminación atmosférica es un fenómeno conocido y estudiado desde antiguo que en el mundo contemporáneo cobra una gran importancia a partir de una serie de episodios que tuvieron lugar en los países industrializados durante la primera mitad del siglo XX (Ware et al. 1981).

En los últimos años, un número importante de estudios realizados en distintas ciudades han encontrado que, aún por debajo de los niveles de calidad del aire considerados como seguros, los incrementos de los niveles de la contaminación atmosférica se asocian con efectos nocivos sobre la salud. Un estudio llevado a cabo en Francia, Suiza y Austria, indica que el 6% de la

mortalidad y un número muy importante de nuevos casos de enfermedades respiratorias en estos países puede ser atribuido a la contaminación atmosférica. La mitad de este impacto es debido a la contaminación emitida por los vehículos a motor (Künzli et al. 2000).

La Organización Mundial de la Salud considera la contaminación atmosférica como una de las más importantes prioridades mundiales en salud (OMS 2003). En un reciente informe se ha estimado que la contaminación atmosférica es responsable de 1,4% de todas las muertes en el mundo (Cohen et al. 2003). Por otro lado, aumenta la preocupación sobre los posibles riesgos de agentes para los que no existe una evaluación satisfactoria, como los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP). En definitiva, importantes sectores de la población se encuentran expuestos a contaminantes atmosféricos con posibles repercusiones negativas sobre su salud.

16.1.2.2. Contaminantes atmosféricos y sus fuentes

Los contaminantes atmosféricos, normalmente medidos en la atmósfera urbana, provienen de fuentes móviles (tráfico rodado) y de fuentes fijas de combustión (industrias, calefacción y procesos de eliminación de residuos). Se distingue entre contaminantes primarios y secundarios. Los primeros son los que proceden directamente de la fuente de emisión. Los contaminantes secundarios se producen como consecuencia de las transformaciones y reacciones químicas y físicas que sufren los contaminantes primarios en el seno de la atmósfera, distinguiéndose sobre todo, la contaminación fotoquímica y la acidificación del medio. Las características de los principales contaminantes químicos y sus fuentes más importantes se resumen en la tabla 16.1.

Tabla 16.1. Descripción de los principales contaminantes atmosféricos químicos

Contaminante	Formación	Estado físico	Fuentes
Partículas en suspensión (PM): PM ₁₀ , Humos negros.	Primaria y secundaria	Sólido, líquido	Vehículos Procesos industriales Humo del tabaco
Dióxido de azufre (SO ₂)	Primaria	Gas	Procesos industriales Vehículos
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	Primaria y secundaria	Gas	Vehículos Estufas y cocinas de gas
Monóxido de carbono (CO)	Primaria	Gas	Vehículos Humo de tabaco Combustiones en interiores
Compuestos orgánicos volátiles (VOCs)	Primaria, secundaria	Gas	Vehículos, industria, humo del tabaco Combustiones en interiores
Plomo (Pb)	Primaria	Sólido (partículas finas)	Vehículos, industria
Ozono (O ₃)	Secundaria	Gas	Vehículos (secundario a foto-oxidación de NO _x y compuestos orgánicos volátiles)

PM10: partículas con un diámetro aerodinámico inferior a 10 µm; NO_x: óxidos de nitrógeno

16.1.2.3. Estudios de los efectos en salud ocasionados por la contaminación atmosférica

La interpretación de las reacciones que produce la contaminación atmosférica en la salud humana se fundamenta en estudios de dos clases, toxicológicos y epidemiológicos que se consideran complementarios.

Uno de los diseños epidemiológicos más utilizados es el de *series temporales*. En estos estudios se analizan las variaciones en el tiempo de la exposición y el indicador de salud en una población (número de defunciones, ingresos hospitalarios, etc.). Al analizar a la misma población en diferentes periodos de tiempo (día a día, generalmente) muchas de aquellas variables que pueden actuar como factores de confusión individualmente (hábito tabáquico,

edad, género, ocupación, etc.) se mantienen estables en la misma población y pierden su potencial confusor (Schwartz et al. 1996).

En los últimos años se han llevado a cabo diversos proyectos multicéntricos utilizando criterios de análisis estandarizados para el estudio de diferentes aspectos de la relación contaminación atmosférica-salud. En Europa, el proyecto APHEA (Air Pollution and Health: an European Assessment) (Katsouyanni et al. 1996) y en Estados Unidos el estudio NMMAPS (Nacional Mortality and Morbidity Air Pollution Study) (Samet et al. 2000a; 2000b) se encuentran entre los que han aportado más al conocimiento del impacto agudo de la contaminación en la salud. En Francia (Quenel et al. 1999), Italia (Biggeri et al. 2001) se han llevado estudios multicéntricos nacionales que han valorado el impacto de la contaminación teniendo en cuenta las características ambientales, sanitarias y sociales. En España el proyecto EMECAS está llevando a cabo un estudio sobre el impacto de la contaminación atmosférica que incluye a 16 ciudades (EMECAM 1999, Sáez et al. 2002, Ballester et al. 2003b).

Aunque en menor número que los estudios de series temporales, existen varios *estudios de cohortes* sobre el impacto de la contaminación en la salud. El más importante es el realizado por Pope y colaboradores como parte del Estudio II para la Prevención del Cáncer. En total se recogieron datos sobre factores de riesgo y contaminación atmosférica para unos 500 000 adultos de 151 áreas metropolitanas de los Estados Unidos desde 1982. En marzo de 2002 se han publicado los resultados del seguimiento hasta el año 1998 de dicha cohorte (Pope et al. 2002). Las partículas finas (PM_{2.5}) y los óxidos de azufre mostraron una asociación con la mortalidad por todas las causas, por causas del aparato circulatorio y por cáncer de pulmón. Cada aumento de 10 µg/m³ en los niveles atmosféricos de partículas finas se asoció con aproximadamente un aumento de un 4%, 6%, y 8% del riesgo de morir por todas las causas, por causas del aparato circulatorio y por cáncer de pulmón, respectivamente.

16.1.2.4. Efectos de la contaminación tipo 'verano' ('summer smog'). Impacto del ozono sobre la salud

La contaminación tipo 'verano' se refiere principalmente a la contaminación fotoquímica procedente de las reacciones de los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno, estimuladas por la luz solar intensa. El *ozono* es considerado generalmente como el componente más tóxico de esta mezcla. El ozono se forma por la acción de la radiación de ultravioleta del sol sobre el NO₂. En presencia de compuestos orgánicos volátiles, CO y metano se favorece la formación de altas concentraciones de ozono.

Estudios recientes han descrito un número importante de efectos adversos del ozono, siendo los más importantes los relacionados con efectos en el sistema respiratorio, como disminución de la función pulmonar (Galizia y Kinney 1999, Gauderman et al. 2002), agravamiento del asma (Gauderman et al. 2002, McConell et al. 1999), aumento de riesgo de visitas a urgencias (Tenias et al. 2002) y de ingresos hospitalarios (Anderson et al. 1997, Sunyer et al. 1997), y, probablemente, un aumento de riesgo de morir. (Burnett et al. 2001, Goldberg et al. 2001). Por otro lado, existen algunas evidencias de que los individuos, especialmente los jóvenes, con hiperreactividad de vías aéreas, como los asmáticos constituyen un grupo más sensible a los efectos del ozono.

16.1.2.5. Aeroalergenos y salud respiratoria

Se ha descrito en un número importante de estudios que las altas concentraciones de polen y esporas se asocian con epidemias de asma y de otras enfermedades alérgicas como la rinitis o la fiebre del heno. En un estudio reciente en Madrid (Tobías et al. 2003) 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. También se ha encontrado una asociación con el polen de urticáceas, con un 8,5% de incremento en el número de urgencias por asma. Sin embargo, no está claramente definido el papel de los aeroalergénos 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.

16.1.3. Enfermedades infecciosas

La emergencia o reemergencia de la mayor parte de enfermedades infecciosas está condicionada por cambios evolutivos y medioambientales que pueden afectar a una gran variedad de factores intrínsecos y extrínsecos. Entre los primeros se encuentra todo lo concerniente a la interacción entre el patógeno y su vector, su hospedador intermediario y su reservorio (infección, virulencia, inmunidad y transmisibilidad). Entre los segundos se agrupan todos los factores que modulan las relaciones del patógeno, vector y hospedador/es con las condiciones medioambientales (clima, condiciones meteorológicas, hábitats, ecosistemas, urbanización, contaminación).

Los cambios climáticos en concreto parecen influir sobre la distribución temporal y espacial así como sobre la dinámica estacional e interanual de patógenos, vectores, hospedadores y reservorios. El fenómeno de “El Niño/oscilación austral” (ENOA) es el ejemplo más conocido de variabilidad climática natural y se asocia a un aumento del riesgo epidemiológico de ciertas enfermedades transmitidas por mosquitos, sobre todo de la malaria. Se ha observado que durante el fenómeno de El Niño aumentan en un 30% los casos de malaria en Venezuela y Colombia, los casos se multiplican por cuatro en Sri Lanka y aparecen en el norte de Pakistán. Se han registrado incrementos de casos de dengue en las islas del Pacífico, sureste de Asia y Sudamérica. También aumentan los casos de encefalitis del valle de Murray y enfermedad por el virus del río Ross en Australia, así como los casos de fiebre del Valle del Rift en África del este (Kovats 2000; Kovats et al. 2003a). La incidencia de leishmaniosis visceral aumentó en un 39% y 33% en 1989 y 1995 respectivamente tras las oscilaciones climáticas de El Niño en el estado de Bahía (Brasil) (Franke et al. 2002).

Muy ilustrativo es lo que ocurrió en California durante el verano de 1984: coincidiendo con un exceso de lluvias y de un invierno más cálido durante los meses de enero-febrero, al que siguió una sequía y altas temperaturas (que alcanzaron los 30°C) en julio se produjo un brote de encefalitis de San Luis asociado a una proliferación de mosquitos del género *Culex* (Monath y Tsai 1987) (este tipo de climas, con inviernos lluviosos y cálidos, seguidos de veranos calurosos y secos se asemejan a las predicciones de cambio en España). Y más recientemente, la introducción por aves migratorias de la encefalitis del Nilo Occidental (West Nile) en Nueva York y su posterior diseminación a gran parte de EE.UU. nos demuestra cómo enfermedades inesperadas pueden emerger.

16.2. SENSIBILIDAD AL CLIMA ACTUAL

16.2.1. Temperaturas extremas

16.2.1.1. Diferentes umbrales por capitales de provincia para las olas de calor y de frío

Comprobada la asociación entre la temperatura máxima diaria y los excesos de mortalidad por frío y calor descritos anteriormente, se puede calcular, a partir de los registros de temperaturas de las estaciones meteorológicas de cada lugar, las diferentes temperaturas umbrales a partir de las cuales se producen los excesos de mortalidad. En la figura 16.2 se muestra estos umbrales según diferentes capitales de provincia que permiten definir las olas de calor. En el

caso del calor estos valores oscilan entre los 26,2 °C de A Coruña y los 41,2 °C de temperatura máxima diaria para Córdoba y en el del frío entre los 2,7 °C de máxima diaria en Ávila y los 15°C de Alicante.

Estos diferentes umbrales fisiológicos de adaptación indican que la mínima mortalidad ocurre a temperaturas más elevadas en las regiones más templadas (Curriero et al. 2002) con un mayor impacto del calor en las latitudes frías y un menor impacto en las más templadas (Davids et al. 2002).

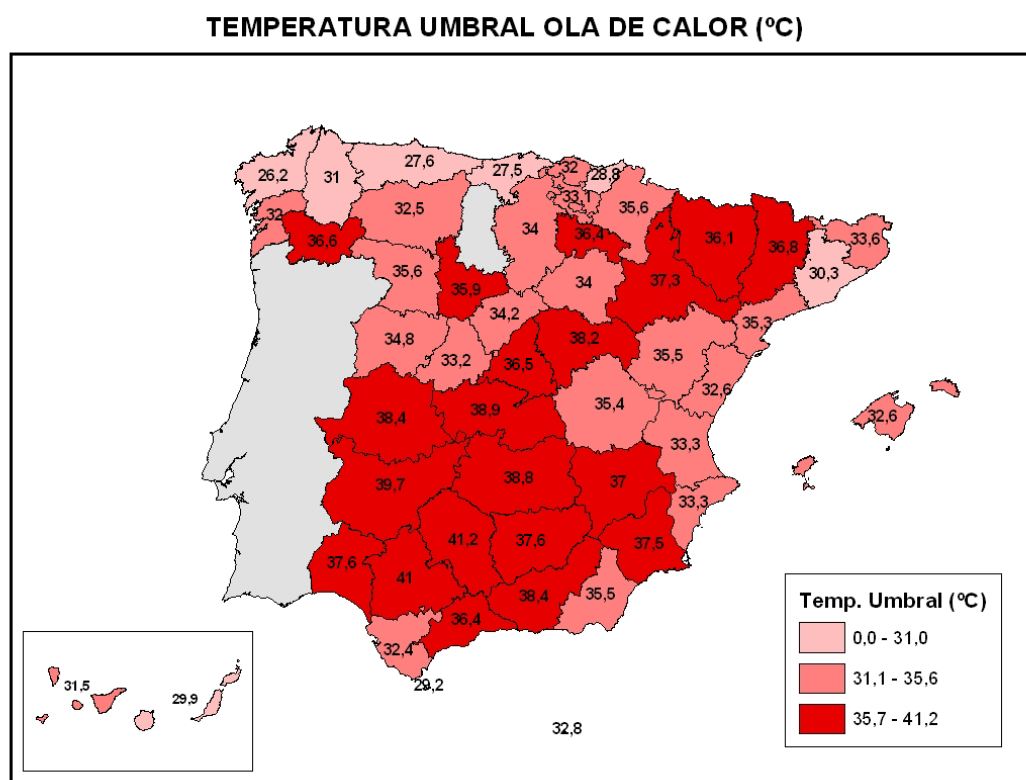


Fig. 16.2. Temperaturas umbrales de definición de ola de calor en función del percentil 95 de las series de temperaturas máximas diarias en el periodo junio-septiembre.

16.2.1.2. Definición de un índice para caracterizar la intensidad de las olas de calor y de frío.

Atendiendo a los criterios de que es necesario conjugar no sólo los excesos (defectos) de temperatura máxima diaria respecto a los umbrales anteriormente establecidos, si no también los días de duración, se puede definir un índice para caracterizar la intensidad de las olas de calor (IOC) y de frío (IOF) como se indica a continuación:

Calor:

$$IOC = \sum (T_{max} - T_{umbral}) \text{ si } T_{max} > T_{umbral}$$

$$IOC = 0 \quad \text{si } T_{max} < T_{umbral}$$

Frío:

$$IOF = \sum (T_{umbral} - T_{max}) \text{ si } T_{max} < T_{umbral}$$

$$IOF = 0 \text{ si } T_{max} > T_{umbral}$$

En las expresiones anteriores el sumatorio se extiende al periodo de tiempo que quiera caracterizarse a través del índice.

16.2.2. Contaminación atmosférica

16.2.2.1. Sensibilidad a la contaminación atmosférica

Es necesario reconocer que existe aún incertidumbres acerca de la sensibilidad (es decir, la tasa de cambio en la variable resultado por unidad de cambio en la variable exposición) de la asociación entre contaminantes atmosféricos. Sin embargo se conoce bien que los efectos de la exposición a contaminación atmosférica son múltiples y de diferente severidad, siendo los sistemas respiratorio y cardiocirculatorio los más afectados. Estos efectos mantienen una gradación tanto en la gravedad de sus consecuencias como en la población a riesgo afectada (Figura 16.3). Las partículas han sido el grupo más ampliamente estudiado (Tabla 16.2).

Tabla 16.2. Resumen de los efectos descritos para las exposiciones a partículas Cambio porcentual en indicador de salud por incremento en la concentración de partículas

Efectos	Exposición aguda	Exposición crónica
	Incremento: 10µg/m ³ de PM ₁₀	Incremento: 5µg/m ³ de PM _{2.5}
Incremento Mortalidad*	*(Estudios ecológicos, series temporales)	*(Estudios de cohortes)
Causas		
- Todas excepto las externas	0,2 ^a - 0,6 ^{b,c} - 1,0	2 ⁱ - 3
- Cardiovasculares	0,7 ^{c,d} to 1,4	3 ⁱ - 6
- Respiratorias	1,3 ^c to 3,4	
- Cáncer de pulmón		4 ⁱ
Incremento ingresos hospitalarios		
- Todas las respiratorias	0,8 to 2,4 ^e	
- EPOC	1,0 ^f to 2,5	
- Asma	1,1 ^f to 1,9	
- Cardiovasculares	0,5 ^g to 1,2 ^h	
Enfermedad: bronquitis		7
Disminución función pulmonar (VEF₁)		
- Niños	0,15	1
- Adultos	0,08	1,5

Adaptado de Pope y Dockery (1999), con adición de resultados de estudios multicéntricos recientes: a: Dominici et al. (2002); b: Katsouyanni et al. (2001); c: Stieb et al. (2002); d: Samet et al. (2000a); e: Biggeri et al. (2001); f: Atkinson et al. (2001b); g: Le Tertre et al. (2002); h: Samet et al. (2000c); i: Pope et al. (2002).

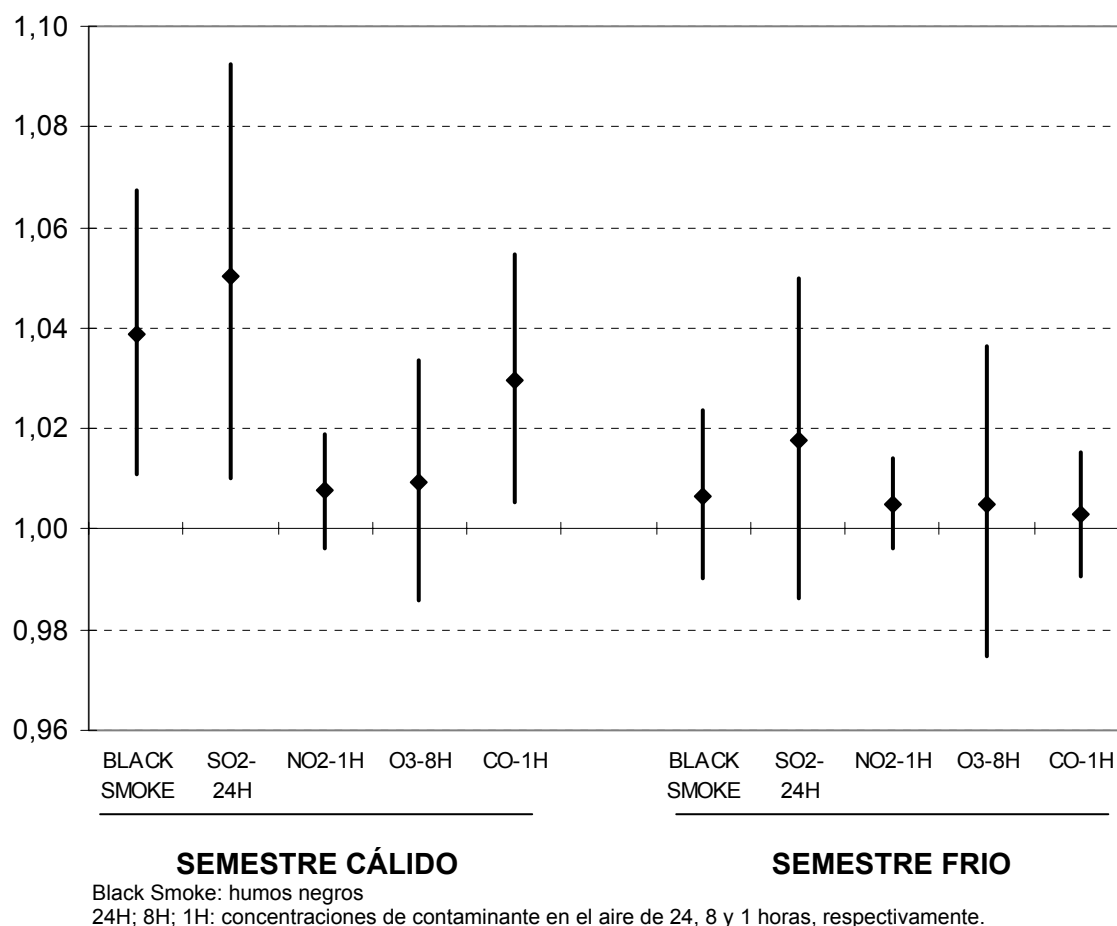


Fig. 16.3. Asociación entre contaminación atmosférica e ingresos urgentes diarios por enfermedades cardiovasculares. Análisis por semestres. Valencia 1994-1996. Los resultados se expresan como el riesgo relativo (y su intervalo de confianza al 95%) por un incremento en $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($1 \text{ mg}/\text{m}^3$ para el CO) en los niveles diarios del contaminante correspondiente. Fuente: Ballester et al. 2001

En España los resultados del análisis conjunto con los datos disponibles en 13 ciudades del proyecto EMECAS indican que un incremento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en los niveles de humos negros se asociaron con un aumento de 0,8% en el número de defunciones diarias. También se ha encontrado una asociación significativa entre la mortalidad y el resto de contaminantes. Para los grupos de causas específicas la magnitud de la asociación fue mayor, especialmente para las enfermedades respiratorias (Ballester et al. 2003a). Con datos de 3 ciudades, el ozono únicamente mostró asociación con la mortalidad cardiovascular y en el semestre cálido (Sáez et al. 2002).

Por último, y desde el punto de vista de la salud pública, es importante destacar que, aunque la magnitud del impacto en salud es de pequeña magnitud, la proporción atribuible del impacto a la contaminación es importante dado que toda la población está expuesta. Además, junto a los anteriores efectos demostrados es importante considerar el impacto potencial de las exposiciones a la contaminación atmosférica durante la gestación y la primera infancia, como muestran algunos estudios. Una reciente revisión sobre el tema (Lacasaña et al. 2005) se muestra resultados que indican de una asociación entre la exposición a la contaminación atmosférica con el bajo peso al nacer y retraso en el crecimiento intrauterino, así como el impacto de las exposiciones tempranas sobre la salud infantil, incluyendo incremento de mortalidad. Coincidiendo con la Cumbre Interministerial de Budapest de junio de 2004 se ha presentado un Informe con la evaluación de la carga en salud infantil de determinadas

exposiciones ambientales en Europa (Valent et al. 2004). Los resultados de dicho informe indican que, entre los niños europeos de 0 a 4 años entre el 1.8% al 6.4% de todas las muertes serían atribuibles a la contaminación atmosférica en exteriores, y el 4,6% a la exposición a aire contaminado en el interior de los edificios. La persistencia de situaciones de mala calidad del aire, o su posible empeoramiento, puede representar un compromiso para la salud de los más pequeños y las generaciones futuras.

16.2.2.2. Factores modificadores de efecto del impacto de las variaciones del clima y la contaminación atmosférica

Al interpretar los estudios que examinan la relación entre contaminación atmosférica y salud hay tener en cuenta varios factores que pueden confundir el estudio de su asociación con indicadores de salud. Estos factores son los siguientes: a) los determinados por los ciclos geofísicos, b) los meteorológicos y c) los socioculturales, como por ejemplo el patrón de vida determinado por la semana. Además, habría que considerar aquellas enfermedades con comportamiento estacional como la gripe.

Por otro lado, se ha observado un mayor efecto de algunos de los contaminantes atmosféricos durante los meses más cálidos. Así se ha descrito para la asociación del SO₂ (Ballester et al. 1996, Michelozzi et al. 1998) ; y las partículas (Biggeri et al. 2001, Ballester et al. 2001) sobre la mortalidad y la morbilidad cardiovascular (Figura 16.3). En el estudio APHEA 2 (Katsouyanni et al. 2001) se encontró que, tanto la temperatura media anual, como la ubicación de la ciudad en Europa (Norte, Sur, Este), es decir, componentes relacionados con el clima jugaban un papel modificador del efecto de la contaminación con la mortalidad.

El efecto de las partículas sobre la mortalidad fue mayor en las ciudades de clima más cálido. Se han sugerido diversas hipótesis para explicar estos hallazgos. Por un lado, la medida de la contaminación atmosférica durante los meses cálidos podría ser un indicador más aproximado de la exposición total de la población, ya que la gente pasa más tiempo en la calle y las ventanas están más tiempo abiertas (Katsouyanni 1995). Por otro lado, en los meses cálidos podría aumentar la susceptibilidad individual a la contaminación, debido a procesos como el aumento del efecto de las partículas sobre el sistema de regulación de la viscosidad plasmática (Pekkanen et al. 2000). Otra razón adicional que también se ha sugerido es que podría haber una emigración selectiva de la población en las ciudades durante el periodo estival, con mayor permanencia de las personas de más edad en las ciudades (Biggeri et al. 2001).

Diversos estudios han descrito un efecto mayor del ozono durante los días de temperatura más alta (Sartor et al. 1995) o en los meses más calurosos, (Sunyer et al. 1996; Touloumi et al. 1997). En el estudio EMECAS se ha descrito un efecto del ozono sobre el número de ingresos de enfermedades circulatorias que es significativo en los meses cálidos pero no en el resto del año (proyecto EMECAS, en revisión).

16.2.3. Enfermedades infecciosas

Cambios de temperatura, precipitaciones o humedad afectan a la biología y ecología de los vectores, así como a la de los hospedadores intermediarios o la de los reservorios naturales (Githeko et al. 2000). Además, las formas de asentamiento humano también podrían influir: el dengue es una enfermedad básicamente urbana y tendrá mayor incidencia en las comunidades muy urbanizadas con un sistema deficiente de eliminación de aguas residuales y desechos sólidos.

Clásicamente, una de las expresiones matemáticas más utilizadas, inicialmente por los malariólogos, para cuantificar la capacidad vectorial C de un artrópodo se ha definido como

$$\frac{ma^2p^n}{-10g_e p}$$

sigue: $C = -\log_e p$, donde **m** es la densidad del artrópodo vector por humano, **a** la tasa diaria de picaduras sobre un hospedador vertebrado multiplicado por la probabilidad de que ese vertebrado sea un humano, **p** la tasa de supervivencia diaria de un vector y **n** el periodo latente del patógeno en el artrópodo vector (incubación extrínseca).

16.2.3.1. Efectos de la temperatura

La temperatura es un factor crítico del que depende tanto la densidad vectorial como la capacidad vectorial: aumenta o disminuye la supervivencia del vector, condiciona la tasa de crecimiento de la población de vectores, cambia la susceptibilidad del vector a los patógenos, modifica el período de incubación extrínseca del patógeno en el vector y cambia la actividad y el patrón de la transmisión estacional.

Al aumentar la temperatura del agua, las larvas de los mosquitos tardan menos tiempo en madurar y, en consecuencia, se aumenta el número de crías durante la estación de transmisión. Se acorta el período de metamorfosis huevo-adulto, reduciéndose el tamaño de las larvas y generándose adultos en un tiempo más corto, pero estos son más pequeños, por lo que las hembras tienen que tomar sangre con más frecuencia para llegar a poner huevos, lo que resulta en un aumento de la tasa de inoculación. El período de incubación extrínseco (tiempo que tarda el artrópodo desde que se infecta hasta que es infectante) guarda una relación directa con la temperatura: a mayor temperatura el tiempo es menor.

Muy probablemente, el efecto del cambio climático sobre las enfermedades transmitidas por artrópodos se observará al variarse los límites de temperatura de transmisibilidad: 14-18°C como límite inferior y 35-40°C como superior. Un mínimo aumento del límite inferior podría dar lugar a la transmisión de enfermedades, mientras que un incremento del superior podría suprimirlo (por encima de los 34°C se acorta sustancialmente la vida del mosquito). Sin embargo, en torno a los 30-32°C la capacidad vectorial puede modificarse sustancialmente, ya que pequeños incrementos de temperatura acortan el período de incubación extrínseca, aumentándose la transmisibilidad.

El clima influye de forma decisiva sobre la fenología de una gran parte de artrópodos que incluso entran en letargo (diapausa) en la estación desfavorable, comportamiento este muy generalizado en las especies de la región Paleártica. El periodo de actividad estacional de muchas especies puede ampliarse cuanto más se prolonguen las condiciones climáticas favorables.

16.2.3.2. Efectos de la pluviosidad

Un aumento de las precipitaciones podría aumentar el número y la calidad de los criaderos de vectores y la densidad de vegetación que proporcionaría ecosistemas donde posarse, donde mejor vivir al abrigo y con más alimento los roedores hospedadores intermediarios. Las inundaciones, por el contrario, eliminarían el hábitat de vectores y vertebrados, pero obligarían a los vertebrados a un contacto mas estrecho con los humanos. Las sequías en lugares húmedos enlentecerían los cursos de los ríos, creándose remansos que también aumentarían los sitios de cría y propiciarían a una mayor deshidratación del vector, lo que le obligaría a alimentarse más frecuentemente, en otras palabras, a aumentar el número de picaduras.

16.2.3.3. Otros factores

La urbanización incrementa la densidad de hospedadores humanos susceptibles, con peores condiciones de higiene en los países pobres, lo que aumenta la tasa de transmisibilidad para el mismo número de vectores. Además, el desarrollo urbano en los extrarradios cercanos a zonas rurales o boscosas puede dar lugar a un aumento de contacto entre el hombre, vectores y reservorios selváticos.

La deforestación permite la entrada de humanos en el bosque y reconvierte la superficie en terreno agrícola, lo que aumenta el número de posibles criaderos de vectores y el contacto del hombre con reservorios y vectores.

Los planes de irrigación y abastecimiento de aguas incrementan la superficie acuática y previenen inundaciones y sequías, lo que también aumenta los criaderos de vectores.

Los planes de intensificación agrícola aumentan la erosión del terreno, la superficie de agua y reducen la biodiversidad, con lo que se pueden reducir los predadores de vectores y aumentar los lugares de cría vectorial.

La contaminación química por fertilizantes, pesticidas, herbicidas y residuos industriales pueden disminuir el sistema inmune humano, haciéndolos más susceptibles a las infecciones.

El incremento del comercio internacional puede acarrear la importación de vectores desde lugares remotos.

Los movimientos de poblaciones por razones de turismo, trabajo o inmigración traen la importación de enfermedades desde zonas endémicas.

16.3. IMPACTOS PREVISIBLES DEL CAMBIO CLIMÁTICO

16.3.1. Temperaturas extremas

Es claro que los extremos térmicos asociados al cambio climático van a tener un efecto directo sobre la morbi-mortalidad. En el caso de las olas de calor este impacto se va a traducir en un aumento de la morbi-mortalidad asociada con estos eventos extremos (Díaz et al. 2002a, Smoyer 1998). Ya que las previsiones apuntan hacia un aumento en intensidad y en frecuencia de aparición de las olas de calor, especialmente en los primeros meses del verano (Hulme et al. 2002). A modo de ejemplo recordar que la ola de calor en Francia del 1 al 20 de agosto de 2003 provocó un exceso de mortalidad respecto al mismo periodo de años anteriores de 14800 personas. En Italia se estimó un incremento de 4175 defunciones en el grupo de mayores de 65 años entre el 15 de julio y el 15 de agosto. En Portugal entre el 31 de julio y el 12 de agosto se estimó un exceso de mortalidad respecto al año anterior de 1316 personas. En Gran Bretaña este incremento fue de 2045 personas entre el 4 y el 13 de agosto (Pirard 2003). En España, según datos no oficiales, se ha producido un exceso de mortalidad de más de 6000 personas respecto al mismo periodo del año anterior (W.H.O. 2004, Martínez et al. 2004).

16.3.1.1. Modelos predictivos para la mortalidad en función de la temperatura

Independientemente de los datos de este último verano, estudios realizados mediante análisis de series temporales de la mortalidad y su relación con la temperatura para el caso de diversas ciudades permiten cuantificar el impacto de los extremos térmicos por cada grado en el que la temperatura máxima diaria supera el umbral de cada una de ellas. Así se han realizado estudios para el caso de la mortalidad asociada a las olas de calor para las ciudades de Madrid

(Díaz et al. 2002a), Sevilla (Díaz et al. 2002b) y Lisboa (García-Herrera et al. 2004). A modo de ejemplo en la tabla 16.3 se muestra el incremento de la mortalidad en mayores de 65 años asociada a cada grado en el que la temperatura máxima supere la temperatura umbral para Madrid de 36,5 °C.

Tabla 16.3. Porcentaje de incremento de la mortalidad por diversas causas y grupos de edad y sexo en la Ciudad de Madrid, por cada grado que la temperatura máxima diaria supera los 36,5 °C.

Causas de mortalidad	Hombres 65-74	Mujeres 65-74	Hombres >75 años	Mujeres >75 años
Orgánicas (%)	14,7	16,2	12,6	28,4
Circulatorias (%)	9,4	11,7	6,3	34,1
Respiratorias (%)	17,2	23	26,1	17,6

Según estos modelos la ola de calor del verano de 2003 entre el 1 de julio y el 31 de agosto habría provocado un exceso de mortalidad en Madrid de 141 muertos aproximadamente IC 95%: (81 200) de los que el 96 % se habría dado en el de mayores de 65 años. Para el caso de Sevilla el exceso de mortalidad en mayores de 65 años habría sido de 43 muertos IC95%: (20, 66).

La anterior definición del índice de intensidad de la ola de calor permite identificar las provincias de nuestro país donde ha sido mayor el impacto del calor sobre la mortalidad en el año 2003. Por regla general, ha sido en los lugares donde el calor es menos frecuente donde se han alcanzado los valores más altos de este índice durante el verano. El comportamiento del índice de intensidad de la ola de calor frente a la tasa de mortalidad de las provincias españolas de mas de 750.000 habitantes muestra un carácter logarítmico (Díaz et al. 2004b) lo que viene a indicar que pequeños incrementos del índice tienen un gran impacto sobre la mortalidad y que debido en parte al efecto cosecha, existe un umbral a partir del cual el efecto se estabiliza.

Aunque a nivel global los diferentes patrones de mortalidad esperada basada en los futuros escenarios de cambio climático (McGeehin y Mirabelli 2001) hablan de un incremento de la mortalidad relacionada con olas de calor y un descenso de la relacionada con el frío, también es cierto que estudios realizados en Europa (Eurowinter Group 1997) indican que existe un impacto del frío sobre la mortalidad, superior en los lugares con inviernos más templados que en aquellos con inviernos más crudos. Esto es debido, por un lado a la adaptación fisiológica a las bajas temperaturas y, por otro, a la infraestructura de los hogares que hace que sean mejores las condiciones para luchar contra el frío en lugares habituados a las olas de frío, que en aquellos en los que son menos frecuentes (Eurowinter Group 1997). A modo de ejemplo se muestran en la tabla 16.4 los efectos que tienen sobre la mortalidad, en el grupo de mayores de 65 años, en la ciudad de Madrid, los días en los que la máxima diaria está por debajo del umbral anteriormente definido (Díaz et al. 2004a).

Tabla 16.4. Porcentaje de incremento de la mortalidad en la Ciudad de Madrid por grupos de edad y causas específicas por cada grado en que la temperatura máxima diaria no llega a 6 °C.

Causas de Mortalidad	Edad de 65 a 74 años	Mayores de 75
Orgánicas (%)	5,1	2,7
Circulatorias (%)	6,1	2,8
Respiratorias (%)	9,1	9,6

16.3.1.2. Modelos de evolución de la tasa de mortalidad en el horizonte de los años 2020 y 2050

Un estudio recientemente realizado para la ciudad de Lisboa (Dessai 2003) 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 calor habría sido de entre 5,4 y 6 por cada 100.000 habitantes en el periodo 1980-1998. Entre 5,8 y 15,1 para el horizonte de 2020 y de 7,3 a 35,6 para el de 2050.

16.3.2. Contaminación atmosférica

16.3.2.1. Tendencias anuales y variación estacional de los contaminantes atmosféricos

En el informe SESPAS 2000 se describió la tendencia descendente de los niveles de SO₂ y los humos negros, especialmente el primero, en los últimos 20 años (Fernández-Patier y Ballester 2000). Estos han sido los contaminantes tradicionalmente incluidos en los programas de monitoreo y control de la contaminación atmosférica.

En la actualidad se dispone en España de información adecuada para evaluar con cierta perspectiva la situación actual y la tendencia de otros contaminantes relevantes para la salud humana (figura 16.4).

Dado que la mayor parte de la población española vive en áreas urbanas, los datos correspondientes a PM₁₀ y NO₂ se presentan para las estaciones de tipo urbano, distinguiendo, por un lado, aquellas influenciadas directamente por el tráfico de una calle cercana (estaciones de tráfico), por otro lado, las influenciadas principalmente por fuentes industriales (estaciones industriales) y, por último, aquellas que no están tan influenciadas de manera directa por el tráfico o la industria (estaciones de fondo urbano). Para estos dos contaminantes podemos observar como los valores registrados oscilan alrededor del valor límite contemplado en la normativa europea y española, es decir 40 µg/m³ como valor medio anual, fijado para ser alcanzado en 2005 o 2010, respectivamente (European Union Council 1999). En ambos casos hemos de tener en cuenta que los valores que se muestran son los promedios de las medias anuales en cada uno de las más de 150 estaciones urbanas. Ello quiere decir que en un número importante de estas ciudades los valores anuales son superiores al valor límite establecido por la normativa española y europea.

En el caso de las PM₁₀ los valores obtenidos en los distintos tipos de estaciones nos muestran una tendencia estable, sin grandes cambios, en estos 5 años. Además, podemos observar, que en las áreas urbanas la contaminación por partículas no depende directamente de la cercanía a las fuentes emisoras, sino que se distribuye de manera bastante homogénea por las zonas urbanizadas. En términos de salud pública, este hecho es importante pues nos da una idea de que el porcentaje de personas expuestas a concentraciones medias superiores a 40 µg/m³ de PM₁₀ puede ser alto. Se ha de considerar sin embargo que la composición de las partículas puede variar sustancialmente de un lugar a otro, y que la toxicidad de las partículas parece estar relacionada, entre otros, con su composición y su tamaño. En este sentido sería necesario disponer de mayor información respecto a los valores de partículas finas (PM_{2,5}) y de su composición para valorar más adecuadamente su origen y posible impacto en salud.

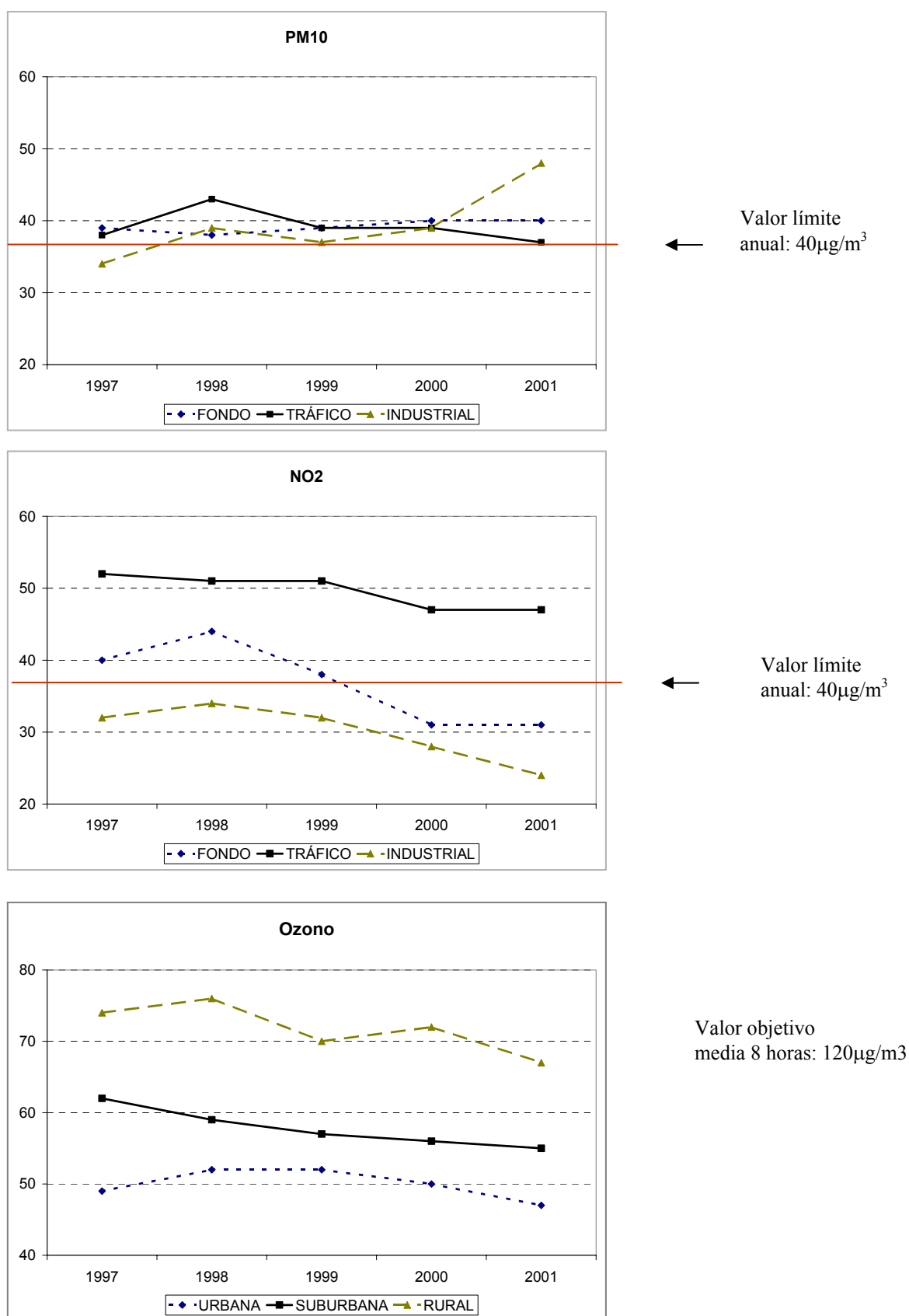


Fig. 16.4. Promedio de las medias anuales de los niveles de PM10, NO2 y Ozono (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$). España 1997-2001. Fuente: Base de Datos de Calidad del Aire, Ministerio de Medio Ambiente 2003

Los valores de NO_2 indican un patrón distinto. En este caso los valores más altos se registran claramente en las estaciones de tráfico indicando que este contaminante puede ser un buen indicador de la contaminación debida a las emisiones generadas por vehículos a motor. Por otro lado, en las estaciones de fondo e industriales se observa cierta disminución, tendencia que no se observa tan claramente en las estaciones de tráfico.

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, ubicadas tanto en zonas urbanas, como semiurbanas y rurales. 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 límite de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para valores de la máxima diaria de 8 horas. En general, se observa una estabilidad o cierta tendencia a la disminución en las concentraciones medias; sin embargo, el periodo considerado es muy corto para poder identificar un patrón consistente.

16.3.2.2. Estacionalidad e Influencia de las condiciones meteorológicas en la emisión, transporte y formación de los contaminantes atmosféricos

La *estacionalidad* puede diferir entre las distintas localizaciones dependiendo, fundamentalmente, de las emisiones y los fenómenos meteorológicos. Sin embargo existe un patrón homogéneo en la mayor parte de ciudades de España, los contaminantes primarios procedentes de la combustión de combustibles fósiles presentan un patrón con valores más altos en invierno (por más emisiones junto a condiciones de estabilidad meteorológica) y valores más bajos los meses de verano. En cambio el ozono presenta el patrón inverso, sus valores son más altos en los meses de temperatura más alta debido a la interacción de los rayos ultravioleta con los gases precursores (NO_2 , COV) procedentes del escape de los vehículos y otras fuentes. Este patrón podría ser diferente para contaminantes que son transportados a larga distancia. En España este es el caso de los episodios de contaminación por partículas que ocurren en las Islas Canarias y en parte de la península Ibérica como consecuencia del transporte de polvo del Sahara (Viana et al. 2002; Rodríguez et al. 2001). Este hecho debe ser tenido en cuenta a la hora de valorar los niveles de partículas en nuestro país, pues en determinadas circunstancias una parte importante procede del polvo del Sahara.

Las concentraciones de los contaminantes atmosféricos dependen de su producción y también, de manera determinante, de su dispersión. El cambio climático puede afectar cualquiera de los dos procesos anteriores. Por un lado, y relacionado con la meteorología, la posible mayor frecuencia de fenómenos anticiclónicos puede hacer disminuir la dispersión de los contaminantes. Otro fenómeno meteorológico que se ha anticipado como posible consecuencia del cambio climático sería el aumento en los episodios de tormenta seca con transporte de polvo del Sahara y otros lugares. Por otro lado, como se comenta más adelante, el aumento de temperatura se correlaciona muy directamente con incremento en las concentraciones de ozono. Por último, y de manera indirecta, un aumento de la temperatura puede asociarse con un incremento de las emisiones de contaminantes por el consumo mayor de energía debido a los sistemas de acondicionamiento de aire, refrigeración y conservación de alimentos y otros productos.

Aunque sería necesario conocer las previsiones específicas para España (ver otros capítulos en este informe), dada la naturaleza de contaminante secundario del *ozono*, es previsible que el cambio climático se asocie con incrementos de los niveles de ozono.

Es incierto predecir como puede afectar el cambio climático a los niveles de otros contaminantes. Los contaminantes más relacionados con los sistemas de calefacción como el SO₂, posiblemente experimentarían un descenso en su uso y por ello en sus emisiones. Sin embargo para otros contaminantes como las partículas finas, el NO₂ o el CO muy relacionados con emisiones de los vehículos a motor no se puede asegurar cuáles serán sus tendencias. En gran medida estas vendrán marcadas por las tendencias en el consumo de combustibles fósiles. A escala local pueden ocurrir situaciones episódicas de contaminación atmosférica asociadas a fenómenos meteorológicos de altas presiones y ausencia de lluvias prolongadas. Por último, el calentamiento de la tierra puede comportar un incremento en el número e intensidad de incendios forestales. El humo producido en estos incendios se ha visto relacionado con el incremento de procesos respiratorios entre la población afectada.

16.3.2.3. Influencia de las condiciones meteorológicas en la producción y liberación de polen y esporas

A pesar de que las concentraciones de polen y esporas dependen en gran medida de las especies cultivadas y silvestres existentes, las variaciones en dichas concentraciones dependen sensiblemente de los factores meteorológicos (McMichael y Githeko 2001). El cambio climático podría adelantar o alargar el periodo polínico para algunas especies con capacidad alergénica. Además el incremento en los niveles de CO₂ podría afectar la producción de polen.

16.3.3. Enfermedades infecciosas

16.3.3.1. Malaria

16.3.3.1.1. Transmisibilidad

La transmisión natural de esta enfermedad se realiza mediante la picadura de hembras de mosquitos del género *Anopheles*. De las más de 3.000 especies de mosquitos distribuidos por todo el mundo (sobre todo por zonas templadas y tropicales), 400 son anofelinos, 70 transmiten la malaria y sólo unas 40 son de importancia médica: *Anopheles gambiae* y *Anopheles funestus* son los principales vectores en África tropical. Estos insectos sufren una metamorfosis completa, pasando por cuatro estadios bien marcados: huevo, larva, pupa y adulto; los 3 primeros acuáticos y el último aéreo. La duración de esta metamorfosis varía según la temperatura ambiental, desde siete días a 31°C hasta veinte días a 20°C. Los machos viven tan sólo unos pocos días, y al no alimentarse de sangre no juegan ningún papel en la transmisión de la enfermedad, salvo la de fecundar a las hembras, que lo hacen inmediatamente después de que ellas eclosionen. Las hembras son fecundadas una sola vez, guardando el esperma en un reservorio interno para próximas fecundaciones. La primera puesta de huevos suele ocurrir al 4º-5º día de vida del mosquito y las puestas sucesivas serán cada 2-3 días y coincidiendo con la picadura en busca de sangre (que se denomina en entomología “concordancia gonotrófica”). Una vez que el mosquito es infectado, permanece infectante durante toda su vida, precisándose unos diez días para el desarrollo de *Plasmodium falciparum* en el mismo (período de incubación extrínseca), por lo que una hembra ha de sobrevivir al menos durante cuatro o cinco ciclos gonotróficos para poder transmitir el paludismo (es decir, al menos durante 10-12 días). La longevidad de la hembra del mosquito en condiciones favorables es de unas cuatro semanas en África, aunque algunas especies de zonas templadas sobreviven hasta seis meses, al entrar en letargo invernal. La mayoría pica al anochecer, sobre todo desde las 20 a las 03 horas y los más eficaces en la transmisión son aquellos que tienen hábitos antropofílicos (pican sólo a humanos), endofágicos y endofílicos (lo hacen dentro de las viviendas). Las picaduras disminuyen notablemente si la humedad relativa

es inferior al 52%. La temperatura óptima para el desarrollo del mosquito es de 20-27°C y de 22-30°C para el parásito (22°C para *Plasmodium malariae* 25°C para *Plasmodium vivax* y 30°C para *P. falciparum*). No hay transmisión en altitudes superiores a los 3.000 metros ni en temperaturas mantenidas inferiores a 15°C, ya que la esquizogonia se paraliza (para *P. vivax* si desciende por debajo de 16°C y para *P. falciparum* por debajo de 19°C). Tampoco hay transmisión si la temperatura supera de forma mantenida los 38°C.

Se denomina “índice esporozoítico” a la proporción de anofelinos hembras infectados en una zona determinada (es decir, el porcentaje que tiene esporozoitos en sus glándulas salivares), y que en África tropical es del 2-5%, mientras que en otras áreas maláricas es del 0,2-2%.

En malariología, se denomina malaria indígena o autóctona cuando se adquiere por la picadura de un mosquito infectado en un país donde existe malaria. Se denomina malaria introducida cuando se adquiere en un país donde no hay malaria, por mosquitos locales que se han infectado desde un enfermo con malaria importada. Malaria inducida es la transmitida por sangre u órganos. Se denomina malaria de aeropuerto (o más generalmente de odisea) cuando se adquiere en un país donde no hay malaria, por mosquitos infectados transportados desde zonas endémicas en los equipajes o en aviones, barcos, autobuses, contenedores..., de la que se han descrito 75 casos en Europa en el período 1997-2000 (Mouchet 2000)

16.3.3.1.2. Malaria en Europa

En el pasado, la malaria se transmitía por toda Europa, llegando tan al norte como a Inglaterra, Escocia, Dinamarca, sur de Noruega, sur de Suecia, Finlandia y provincias Bálticas de Rusia. En estas latitudes los inviernos llegan a -20°C, y la transmisión dependía de lo cálido que fueran los veranos (limitándose a la isoterma de 15°C en julio). Pero a partir de mediados del siglo XIX la malaria desaparece del norte de Europa y declina en el centro (como ejemplo: los últimos brotes en París ocurrieron durante 1865, cuando la construcción de los grandes bulevares), para desaparecer después de la I Guerra Mundial. En el sur de Europa permaneció muy prevalente (debido a la pobreza y falta de desarrollo) hasta pasada la II Guerra Mundial, cuando se instauró un programa eficaz de control vectorial (con el advenimiento revolucionario del DDT), hasta que en 1961 la erradicación se había producido en la mayoría de los países.

En los años 90 se produjeron brotes en nuevos estados del sur de la antigua Unión Soviética, con transmisión local a partir de casos importados por las tropas desde Afganistán. En la actualidad, sólo se transmite (exclusivamente *P.vivax*) de manera estacional y en focos muy concretos de Armenia, Azerbaiyán, Federación Rusa, Turkmenistán, Uzbekistán y en la zona asiática de Turquía.

Ocasionalmente, se describe algún caso autóctono en Europa, sin transmisión secundaria, pero preocupante como para la vecina Italia, donde se han registrado casos de transmisión local de *P.vivax* y donde la densidad anofelina ha crecido espectacularmente en zonas tales como Toscana y Calabria (Baldari et al. 1998).

16.3.3.1.3. Malaria en España

Las fiebres tercianas benignas por *P. vivax*, y en menor grado las tercianas malignas por *P. falciparum* y las cuartanas por *P. malariae*, eran endémicas en España hasta hace relativamente poco tiempo. El último caso de paludismo autóctono se registró en mayo de 1961 y en 1964 fue expedido el certificado oficial de erradicación. Desde entonces, todos los casos declarados han sido importados, a excepción de los inducidos por transfusiones o por intercambio de jeringuillas en adictos a drogas por vía parenteral o de los paludismos de aeropuerto, aunque recientemente se ha descrito un posible caso autóctono por *P. ovale*

adquirido en Alcalá de Henares (Madrid), aunque no se puede descartar que sea de aeropuerto por la proximidad del aeródromo de Torrejón de Ardoz (Cuadros et al. 2002).

El único vector potencial aún presente en España es *Anopheles atroparvus* cuyas poblaciones permanecen ampliamente distribuidas por extensas áreas. Afortunadamente es refractario a las cepas tropicales de *P. falciparum*, lo que limita la transmisión autóctona a partir de casos adquiridos en África subsahariana (Ramsdale y Coluzzi 1975). *Anopheles labranchiae*, el otro vector implicado en la transmisión del paludismo, desapareció del sureste de la península en los años 70. Cada año se declaran en nuestro país más de 400 casos de malaria, sin que esto haya determinado, hasta la fecha, la reintroducción de la enfermedad a pesar del incremento de turistas e inmigrantes potencialmente infectados.

El potencial malariogénico de España es muy bajo y el restablecimiento de la enfermedad es muy improbable a no ser que las condiciones sociales y económicas se deterioraran drásticamente y rápidamente. La posible transmisión local quedaría circunscrita a un número muy reducido de personas y tendría un carácter esporádico. Además, los parásitos que con más probabilidad podrían producir estos casos serían las formas benignas por *P. vivax* / *P. ovale*, ya que puede desarrollarse a temperaturas más bajas y en los vectores peninsulares.

Las predicciones más cuidadosas para el año 2050 no reflejan a la Península Ibérica como escenario de transmisión palúdica, pero sí a lo largo de toda la costa marroquí (Rodgers y Randolph 2000). No obstante, cabría la posibilidad de que vectores africanos susceptibles a cepas de *Plasmodium* tropicales pudieran invadir la parte sur la península Ibérica (López-Vélez y García 1998), aunque también se reduciría la exposición al aumentar la vida bajo el aire acondicionado (Reiter 2001).

16.3.3.2. Virus transmitidos por mosquitos

Se han identificado más de 520 de estos virus, de los que un centenar son patógenos para el hombre. Los más importantes son los que producen fiebres hemorrágicas o encefalitis. Se denominan arbovirus (arthropod-borne-virus) a aquellos transmitidos por la picadura de artrópodos, fundamentalmente por mosquitos de los géneros *Aedes* y *Culex*.

Aedes aegypti, vector de la fiebre amarilla y del dengue en los trópicos, parece haber desaparecido de Europa y en la actualidad no se encuentra por encima de 35° latitud Norte. Por el contrario, ha irrumpido en este continente *Aedes albopictus*, vector del dengue (los 4 serotipos) y fiebre amarilla, originario del sudeste asiático y subcontinente indio (y vector potencial de otros virus como encefalitis japonesa, encefalitis equina del este, fiebre de Ross, La Crosse, Chikungunya, fiebre del valle del Rift y West Nile. También es un buen vector de *Dirofilaria immitis* y *Dirofilaria repens*. En teoría sobrevive hasta latitudes tan al norte como 42°N (casi las 2/3 partes inferiores de la península Ibérica), pero como es capaz de entrar en diapausa, cuando las condiciones climáticas le son muy desfavorables, el factor limitante real sería la isoterma de -5°C de enero lo que posibilitaría su establecimiento hasta el sur de Suecia. Por otro lado, se alimenta tanto en entornos urbanos como rurales, de sangre de mamíferos y aves como de humanos, lo que le convierte en un excelente vector puente entre ciclos selváticos y urbanos y entre animales y humanos. Una vez infectado por dengue puede pasar este virus verticalmente transovariamente a sus larvas. En los años 80 se introdujo en América con un cargamento de ruedas usadas desde Japón. En Europa se detectó por primera vez en 1979 en Albania al parecer procedente de China, llegó a Italia desde USA en 1990 y en la década del año 2000 apareció en Francia, Bélgica, Montenegro, Suiza y Hungría, y lo que se temía se ha hecho realidad pues se acaba de detectar su presencia en España (Aranda, comunicación personal).

16.3.3.2.1. Dengue

16.3.3.2.1.1. Transmisibilidad

El virus del dengue es un flavivirus, del que existen 4 serotipos, y que produce un abanico clínico que comprende desde infecciones asintomáticas hasta cuadros hemorrágicos potencialmente letales. Cada año se producen entre 250.000-500.000 casos de formas graves (dengue-hemorrágico y dengue-shock) que acarrearán una mortalidad del 1-5% y que alcanza hasta el 40% sin tratamiento. No existe una vacuna eficaz contra esta enfermedad.

Es una enfermedad de ámbito urbano, con epidemias explosivas que alcanzan hasta el 70-80% de la población. La transmisión se realiza por la picadura del mosquito *A. aegypti* y en menor grado de *A. albopictus* y tiene lugar entre los paralelos 30°N y 20°S. Desde los años 50 se ha observado un resurgir evidente en el sureste de Asia, y desde los años 70 en el continente americano.

El período de incubación extrínseco en el mosquito es de 12 días a 30°C, pero si la temperatura se eleva a 32-35°C este período se reduce a tan solo 7 días. A 30°C, un ser humano con dengue debe infectar a 6 mosquitos para que se produzca un caso secundario, mientras que a 32-35°C tan solo necesita infectar a 2 mosquitos para que esto se produzca, es decir, se multiplica por 3 veces la capacidad vectorial del mosquito (Rogers y Packer 1993).

16.3.3.2.1.2. Dengue en Europa

En el pasado hubo dengue en Europa. La primera epidemia documentada serológicamente (de manera retrospectiva) fue en Grecia durante los años 1927-1928, con más de 1 millón de infectados y de los que más de 1000 fallecieron de dengue hemorrágico. Después de la segunda guerra mundial la transmisión de dengue cesó en Europa, probablemente como consecuencia de las campañas de erradicación de la malaria con DDT.

En la actualidad no hay transmisión documentada de dengue en Europa, pero se teme lo peor, ya que *A. albopictus* se encuentra bien implantado en Albania e Italia y, como se ha mencionado con anterioridad, se ha detectado su presencia en Bélgica, Francia, Montenegro, Suiza, Hungría y España.

16.3.3.2.1.3. Dengue en España

Desde el siglo XVII se han descrito epidemias que bien podrían haber sido de dengue, incluyendo la desatada en Cádiz y Sevilla desde 1784 hasta 1788 (Rigau 1998). A mediados del mes de junio de 1801 la reina de España sufrió un cuadro de presunto dengue hemorrágico, y durante el siglo XIX se produjeron epidemias en Canarias, Cádiz y otros puntos del Mediterráneo asociadas a casos importados por mar.

No hay casos documentados de transmisión local de dengue, pero el riesgo parece evidente, ya que en España se dan unas características apropiadas para la transmisión: temperaturas altas en verano y grandes núcleos urbanos en los que las ventanas se mantienen abiertas y el uso de aire acondicionado es infrecuente, con gran actividad en las calles y parques (ideal para el contacto con el vector). Aunque en la actualidad *A. aegypti*, uno de los vectores más importantes de esta enfermedad, parece haber desaparecido hace décadas de España, se acaba de confirmar la presencia de *A. albopictus*, el segundo vector en importancia, en Cataluña (Sant Cugat del Vallès) (Aranda, comunicación personal). Las condiciones climáticas idóneas para el desarrollo de este mosquito son: más de 500 mm³ de precipitaciones anuales, más de 60 días de lluvia al año, temperatura media del mes frío superior a 0°C, temperatura

media del mes cálido superior a 20°C y temperatura media anual superior a 11°C. Las zonas supuestamente más adecuadas climáticamente para el desarrollo de este vector en España serían Galicia, toda la cornisa del Cantábrico, región subpirenaica, Cataluña, delta del Ebro, cuenca del Tajo, cuenca del Guadiana y desembocadura del Guadalquivir (Eritja, comunicación personal).

16.3.3.2.2. *Encefalitis virales. Virus del Nilo Occidental*

16.3.3.2.2.1. *Transmisibilidad*

Representan un amplio grupo de enfermedades virales (encefalitis de San Luis, encefalitis equina del este y del oeste, encefalitis equina venezolana, del Nilo occidental...) que se transmiten por las picaduras de distintas especies de mosquitos, sobre todo del género *Culex* (*C. quinquefasciatus*, *C. pipiens*...) y de garrapatas, donde las aves constituyen el principal reservorio de la enfermedad. La transmisión no es posible en isothermas inferiores a 20°C en verano. Producen un cuadro de meningitis o meningoencefalitis que puede dejar secuelas neurológicas permanentes. Aunque primordialmente circula entre aves, también pueden resultar infectadas muchas especies de mamíferos así como anfibios y reptiles.

Se han detectado brotes asociados a cambios climáticos de encefalitis de San Luis en California durante 1984 y de encefalitis equina venezolana en Venezuela y Colombia durante 1995. El virus del Nilo occidental es endémico en África y lo más llamativo ha sido el importante brote acontecido en Nueva York en 1999, con diseminación explosiva posterior a 44 Estados y a 6 provincias canadienses en tan solo cinco años, transmitido por mosquitos del género *Culex* a partir de aves migratorias infectadas.

16.3.3.2.2.2. *Encefalitis virales en Europa*

Se han registrado brotes epidémicos del Nilo occidental en el Mediterráneo oriental, en la Camarga francesa en los años 60 y en los alrededores de Bucarest (Rumania) en 1996. Durante los meses de agosto-septiembre de 2003 se detectó un pequeño brote en la comarca francesa del Var (donde hubo un brote de encéfalo-mielitis equina en el 2000) que afectó a dos humanos (que por cierto, estuvieron de vacaciones en el levante español) y a tres equinos. Durante este brote se estudiaron en España unos 80 líquidos cefalorraquídeos de pacientes con meningitis y más de 900 lotes de mosquitos sin encontrar ninguno positivo. También se han descrito otros brotes en Italia, República Checa, sur de Rusia y Georgia. En el verano de 2004 ha aparecido otro brote reducido en el Algarbe (Portugal) que parece haber afectado a dos turistas irlandeses, aunque este brote aún está pendiente de confirmación.

16.3.3.2.2.3. *Encefalitis virales en España*

La cuenca del Mediterráneo y el sur de la península ibérica en particular, que acogen a las aves migratorias procedentes de África, constituyen áreas de alto riesgo para la transmisión. Estudios de seroprevalencia realizados en España entre los años 1960-1980 demostraron la presencia de anticuerpos en la sangre de los habitantes de Valencia, Galicia, Coto de Doñana y delta del Ebro, lo que significa que el virus circuló en nuestro país por entonces (Lozano y Felipe 1998). El impacto actual que este virus pudiera tener en la salud de los españoles se desconoce, ya que no se investiga de forma rutinaria en los casos de meningitis virales. La asociación con el cambio climático no ha sido establecida, pero es de suponer que un aumento de la migratorias procedentes de África, constituyen áreas de alto riesgo para la transmisión. Estudios de seroprevalencia realizados en España entre los años 1960-1980 demostraron la presencia de anticuerpos en la sangre de los habitantes de Valencia, Galicia, Coto de Doñana

y delta del Ebro, lo que significa que el virus circuló en nuestro país por entonces temperatura produciría un aumento vectorial y se incrementaría, por tanto, el riesgo de transmisión, lo que desencadenaría casos de meningitis y encefalitis víricas en las poblaciones de áreas de riesgo del territorio español.

16.3.3.2.3. Fiebre amarilla

16.3.3.2.3.1. Transmisibilidad

Enfermedad encuadrada dentro de las fiebres virales hemorrágicas y que tiene una mortalidad >40%. Afortunadamente se dispone de una vacuna eficaz para prevenirla. Endémica en el continente africano y en la amazonía suramericana y transmitida por la picadura del mosquito *A. Aegypti*.

16.3.3.2.3.2. Fiebre amarilla en Europa y en España

España, con sus colonias de ultramar, era especialmente vulnerable a esta enfermedad, registrándose brotes epidémicos asociados a casos importados por mar: en 1856 se produjeron más de 50.000 muertes en Barcelona, Cádiz, Cartagena y Jerez (ese mismo año fallecieron 18.000 personas en Lisboa y se produjeron otros muchos casos en ciudades portuarias del norte de Italia y del sur de Francia) (Eager 1902). *Aedes aegypti* desapareció del Mediterráneo después de la II Guerra Mundial, muy probablemente a consecuencia indirecta de los programas de erradicación de la malaria, y desde entonces no existe riesgo de esta enfermedad.

16.3.3.2.4. Leishmaniosis

La leishmaniosis reemergió en Europa en la década de los 60, una vez finalizados los programas de control que culminaron con la erradicación del paludismo. Enfermedad parasitaria producida por *Leishmania infantum* en España, endémica en nuestro país y transmitida desde los perros a los humanos por dípteros del género *Phlebotomus* (*P. perniciosus* y *P. ariasi*). Da lugar a formas clínicas cutáneas y a formas viscerales graves.

Aumentos de la temperatura podrían acortar la maduración parasitaria dentro del vector (incrementándose el riesgo de transmisión), reducir el periodo de letargo invernal de los vectores, con el consiguiente aumento en el número de generaciones anuales, y cambiar su distribución geográfica, desplazándose las especies más peligrosas hacia la zona norte de la península, actualmente libre de la enfermedad.

Es altamente probable que la distribución de la leishmaniosis en el continente europeo se amplíe hacia el norte, como consecuencia del calentamiento global del clima, a partir de los límites de distribución actuales de la enfermedad. Por otro lado, existe también un alto riesgo de que la leishmaniosis cutánea antroponótica causada por *Leishmania tropica*, en la actualidad solo presente en el norte de África y Oriente Medio, pueda emerger en cualquier momento por el sur de Europa.

16.3.3.3. Enfermedades transmitidas por garrapatas

16.3.3.3.1. Transmisibilidad

Las garrapatas sufren una metamorfosis desde la fase de huevo que incluye tres estadios de desarrollo que chupan sangre (larvas, ninfas y adultos). Sin embargo, son las ninfas las que contribuyen en mayor medida a la transmisión de enfermedades a los humanos desde los

reservorios animales. Son muchas las enfermedades y de variada gravedad: borreliosis (fiebre recurrente endémica, enfermedad de Lyme), rickettsiosis (fiebre botonosa, fiebres maculadas), babesiosis, anaplasmosis, ehrlichiosis, tularemia y viriasis (encefalitis por picadura de garrapata o centroeuropea, enfermedad de Congo-Crimea, fiebre de Kyasanur..).

En España, las enfermedades más importantes son la fiebre botonosa y la borreliosis de Lyme y las garrapatas más difundidas son *Rhipicephalus sanguineus*, la "garrapata común del perro" implicada en la transmisión de la Fiebre Botonosa Mediterránea e *Ixodes ricinus* implicada en la transmisión de la enfermedad de Lyme.

La vida media de una garrapata puede exceder los 3 años, dependiendo de las condiciones climáticas. Los tres estadios del vector pueden estar infectados y lo más peligroso, pueden transmitir la infección a sus crías por vía transovárica.

Pueden sobrevivir a temperaturas de hasta -7°C, recuperando la actividad vital a los 4-5°C. Son muy sensibles a mínimos cambios de temperatura, como lo demuestra que tan sólo una isoterma de 2°C condicione la transmisión en África del sur y este. La disminución de la humedad reduce notablemente la viabilidad de los huevos. Un leve cambio climático podría aumentar la población de garrapatas, extender el período estacional de transmisión y desplazarse la distribución hacia zonas más septentrionales (Randolph 2001). Afortunadamente, para ciertas enfermedades como la encefalitis transmitida por garrapatas, el cambio climático proyectado mantendría aún más alejados los focos de esta enfermedad en España.

Ixodes ricinus (en la Cornisa Cantábrica, la sierra de Cameros en La Rioja y algunas poblaciones aisladas en Guadarrama y norte de Cáceres) es muy sensible al calentamiento climático, y los modelos proyectan que la especie seguramente desaparecería del país aunque podrían quedar poblaciones relictas en las zonas más frías de Asturias y Cantabria. *Rhipicephalus sanguineus* no depende directamente del clima, sino de la existencia de urbanizaciones y tipos de construcciones periurbanas-rurales que favorecen su desarrollo y colonización. Es de temer que las garrapatas africanas (*Hyalomma marginatum*, *Hyalomma anatolicum*) puedan invadirnos y podrían estar implicadas en la transmisión de la fiebre viral hemorrágica de Congo-Crimea.

16.3.3.3.2. Encefalitis. Enfermedad de Lyme. Rickettsiosis

La incidencia de encefalitis por garrapata en Suecia se ha incrementado sustancialmente desde mediados de 1980, y los límites de la extensión de las garrapatas *I. ricinus* se han extendido más al norte, debido a un aumento de la temperatura (Lindaren y Gustafson 2001).

El aumento de temperatura podría dar lugar a que garrapatas importadas se adaptaran al nuevo clima y transmitieran enfermedades. Desde los años 90 se han establecido garrapatas de la especie *R. sanguineus* en el sur de Suiza, habiéndose demostrado que están infectadas por rickettsias causantes de fiebre botonosa mediterránea y fiebre Q (Bernasconi et al. 2002).

16.3.3.4. Enfermedades transmitidas por roedores

16.3.3.4.1. Transmisibilidad

Los roedores pueden abrigar a otros vectores como garrapatas y pulgas (*Xenopsylla cheopis*, *Ctenocephalides felis*.) que transmiten la peste y el tifus murino. Además, pueden ser hospedadores intermediarios o reservorios de varias enfermedades como leptospirosis, fiebres virales hemorrágicas (Junin, Machupo, Guaranito, Sabia, Lassa), hantavirosis, himenolepiasis....

Tanto la población de roedores silvestres como la posibilidad de contacto entre roedor- humano en las zonas urbanas están muy influenciados por los cambios ambientales. Tras años de sequía que podrían disminuir el número de predadores naturales de roedores, vendrían lluvias que aumentarían el alimento disponible (semillas, nueces, insectos) y terminaría en un aumento de la población de roedores.

16.3.3.4.2. *Hantavirus*

En el sur de EE.UU. se desató una epidemia muy grave de hantavirosis humana a principios de los años 90, asociada a un incremento inusual (de hasta 10 veces) de la población de roedores reservorio natural de hantavirus (*Peromyscus* sp). La causa fue el cambio climático antes descrito (Wenzel 2004).

En España se han detectado hantavirus en zorros y en roedores y en sueros de humanos.

16.4. ZONAS MÁS VULNERABLES

16.4.1. Temperaturas extremas

Las zonas más vulnerables a los extremos térmicos esperados deberán identificarse basándose en diferentes parámetros. Por un lado se deberán considerar los lugares donde, según los diferentes escenarios, se espera una mayor incidencia tanto en frecuencia como en intensidad de los extremos térmicos (ver capítulo 1). Se conoce, además, que el mayor impacto se produce en los grupos de edad más avanzada (W.H.O. 2004), por tanto, será en los lugares con mayor porcentaje de población mayor de 65 años donde el efecto será más importante, normalmente esta proporción es menor en las grandes ciudades. A modo de ejemplo indicar que en la provincia de Soria el 26,9 % son mayores de 65 años, mientras que en Madrid este porcentaje sólo alcanza el 14,2%. Por último habrá que tener en cuenta la adaptación al calor y los diferentes patrones socioeconómicos e infraestructuras disponibles en cada lugar (García-Herrera et al. 2004)

16.4.2. Contaminación atmosférica

Diferentes estudios han mostrado que los ancianos, las personas de salud comprometida que padecen de bronquitis crónica, asma, enfermedades cardiovasculares, diabetes (Bateson & Schwartz 2004) y los niños se encuentran entre los grupos más vulnerables (Tamburlini et al. 2002). En el caso de la contaminación atmosférica por ozono, el grupo de personas a riesgo serían los niños, los jóvenes y los adultos, por pasar más tiempo en el exterior de los edificios. Si además estas personas se encuentran realizando un ejercicio intenso (deporte, trabajo, juego) la frecuencia e intensidad respiratoria se incrementan y, por consiguiente, también el riesgo. Los niños constituyen un grupo de riesgo especial porque su sistema respiratorio no se encuentra desarrollado completamente, porque pasan más tiempo en el exterior y porque respiran más aire por unidad de peso que los adultos.

Por otro lado se ha relacionado el nivel socioeconómico con el grado del impacto de la contaminación atmosférica en la salud. Así se ha descrito recientemente un mayor número de defunciones por causas respiratorias en Sao Paulo, Brasil (Martins et al. 2004), y en Hamilton, Canadá (Jerret et al. 2004) entre las personas con peores condiciones socioeconómicas. Estas diferencias en el impacto en salud podrían deberse a diferencias en la exposición (las personas de clases menos favorecidas viven en lugares más contaminados), a diferencias en el estado de salud (la pobreza se asocia con enfermedad, bronquitis crónica por ejemplo), y a diferencias en la susceptibilidad o vulnerabilidad (peor alimentación, peores condiciones de la vivienda). Sin embargo los resultados anteriores se han relacionado más con contaminantes primarios

como el CO y el SO₂. En el caso del ozono al ser un contaminante secundario las zonas más expuestas pueden estar alejadas de los focos de emisión (Lipfert 2004).

16.4.3. Enfermedades infecciosas

Por la proximidad con el continente africano, siendo lugar de tránsito obligado de aves migratorias y personas, y por las condiciones climáticas, cercanas a las de zonas donde hay transmisión de enfermedades vectoriales, España es un país en el que estas enfermedades podrían verse potenciadas por el cambio climático. Pero para el establecimiento de auténticas áreas de endemia se necesitaría la conjunción de otros factores, tales como el aflujo masivo y simultáneo de reservorios animales o humanos y el deterioro de las condiciones socio-sanitarias y de los servicios de Salud Pública.

Hipotéticamente, las enfermedades vectoriales susceptibles de ser influidas por el cambio climático y emerger o reemerger en España se muestran en la tabla 16.5:

Tabla 16.5. Enfermedades vectoriales susceptibles de ser influidas por el cambio climático

Enfermedad	Agente	Vector	Clínica
Dengue	Flavivirus	mosquito	Fiebre viral hemorrágica
Nilo Occidental (West Nile)	<i>Flavivirus</i>	mosquito	encefalitis
Fiebre de Congo Crimea	<i>Nairovirus</i>	garrapata	fiebre viral hemorrágica
Encefalitis por Garrapata	<i>Flavivirus</i>	garrapata	encefalitis
Fiebre del valle del Rift	<i>Phlebovirus</i>	mosquito	fiebre viral hemorrágica
Fiebre botonosa	<i>Rickettsia conorii</i>	garrapata	fiebre maculada
Tifus murino	<i>Rickettsia typhi</i>	pulga	fiebre tífica
Enfermedad de Lyme	<i>Borrelia burgdorferi</i>	garrapata	artritis, meningitis, carditis
Fiebre recurrente endémica	<i>Borrelia hispanica</i>	garrapata	fiebre recurrente
Malaria	<i>Plasmodium sp.</i>	mosquito	fiebres palúdicas
Leishmaniosis	<i>Leishmania sp</i>	flebotomo	kala-azar

Europa se ha recalentado unos 0,8°C en los últimos 100 años, pero no de forma uniforme, ya que el mayor incremento se ha producido en los inviernos y en el norte del continente. De continuar esta tendencia es posible que la elevada mortalidad vectorial durante los inviernos disminuya. Respecto a las precipitaciones es más difícil la predicción, aunque probablemente los inviernos serán más húmedos y los veranos más secos. Si el sur fuera más seco, disminuirían los humedales y con ellos los criaderos de mosquitos; sin embargo, aparecerían otros lugares de cría, al aumentar las aguas estancadas que quedarían al secarse el lecho de las corrientes o los depósitos de agua utilizados por los horticultores para conservar el agua de lluvia.

Las predicciones de cambio en España apuntan hacia unos inviernos más lluviosos y calidos, seguidos de veranos calurosos y secos, condiciones climáticas favorables para el establecimiento y proliferación vectorial. El posible riesgo vendría por la importación e instalación de vectores tropicales y subtropicales adaptados a sobrevivir en climas menos cálidos y más secos (como es el ejemplo de *A. albopictus*).

16.5. PRINCIPALES OPCIONES ADAPTATIVAS

16.5.1. Temperaturas extremas

Son numerosos los factores que pueden influir en el impacto de los extremos térmicos sobre la población y, por tanto, en su adaptación a los eventos extremos. En primer lugar son de gran importancia los factores meteorológicos a escala local a la hora de predecir la ocurrencia de un determinado extremo térmico. Así, por ejemplo, las situaciones sinópticas que produjeron la ola de calor en Madrid y Lisboa durante el verano de 2003 fueron diferentes en uno y otro lugar (García-Herrera et al. 2004).

Puesto que parece que el grupo más afectado ante los extremos térmicos es el de mayores de 65 años, habrá que articular las medidas de adaptación en función de la población de cada lugar. Además influyen factores asociados al desarrollo económico y cultural que pueden condicionar el impacto de los extremos térmicos. Por ejemplo, y pese al aumento de emisiones de gases de efecto invernadero asociados, ha quedado clara la influencia de los sistemas de calefacción en la mitigación de las olas de frío (Wilkinson et al. 2001) o de los aparatos de aire acondicionado en el caso de las olas de calor (Curriero et al. 2002).

Aunque la población envejecida es, sin lugar a dudas, el colectivo más afectado, existen otros grupos como personas con diversas patologías de base que pueden ver agravadas sus dolencias. La experiencia de 2003 nos ha enseñado que personas aparentemente sanas han fallecido por causa del calor al realizar prácticas tales como hacer deporte al aire libre en horas de gran calor.

A lo anterior habría que añadir la necesidad de información a la población sobre medidas básicas a seguir ante extremos térmicos y la correcta formación y adecuación de los servicios sanitarios ante posibles aumentos de las patologías relacionadas con las olas de calor y frío. Se trata de articular sistemas de alerta in situ ante posibles extremos térmicos. Cada ciudad necesita desarrollar un sistema diferente basado en sus condiciones meteorológicas específicas, en la respuesta de su propia pirámide de población, de su infraestructura, del entramado social y de sus recursos hospitalarios.

Al contrario de lo que ocurre en las ciudades de Norte América, las ciudades europeas no están aún preparadas para las olas de calor. En algunas ciudades de Europa el plan de alerta consiste en información meteorológica y no incluye más que información pasiva al público en general y a las agencias locales de salud pública. Únicamente Lisboa y Roma han implementado un verdadero sistema de alerta en el caso de olas de calor (Pirard 2003, W.H.O. 2004). Estos sistemas se basan en que la predicción meteorológica tiene una alta fiabilidad en 24-48 horas antes del extremo térmico y existe tiempo suficiente para una movilización de toda la red montada previamente. Así, por ejemplo, en el caso de Philadelphia esta actividad se basa en el anuncio de la situación de alerta a través de los medios, la puesta en marcha de una "línea caliente", la implicación de los vecinos y las visitas de los servicios sociales, así como las medidas dirigidas a reforzar los servicios médicos de urgencias y facilitar a los ancianos el acceso a lugares con aire acondicionado. Estos sistemas han demostrado ser eficaces a corto plazo y que puede ser una medida adecuada de adaptación de la población a largo plazo (Keatinge 2003).

En esta línea aparece como una importante opción adaptativa la adecuada planificación urbana para mitigar los efectos de isla térmica y la existencia de construcciones bioclimáticas que aseguren el confort de sus habitantes con el mínimo consumo energético.

16.5.2. Contaminación atmosférica

Como establece la Comisión de Economía de Naciones Unidas para Europa (UNECE 2003) los científicos y los políticos no deberían seguir tratando la contaminación atmosférica y el cambio

climático como problemas distintos, dado que los dos están muy estrechamente relacionados y son, en gran parte debidos al incremento en el uso de combustibles fósiles.

Una de las primeras medidas a llevar a cabo debería ser el establecimiento de un sistema de monitoreo de calidad del aire (incluyendo información meteorológica y de polen y esporas) y de alerta del público ante situaciones de incremento de los niveles. Al mismo tiempo se deben llevar a cabo las medidas legislativas que establezcan unos estándares de calidad el aire y restricciones en las emisiones para proteger la salud de los ciudadanos. El marco europeo facilita la implementación de ambas medidas en nuestro país, pero son precisas políticas efectivas para conseguir un sistema integral e integrado por los diferentes sectores implicados: medio ambiente, salud pública, transporte, industria, etc.

La medida más importante es la disminución de las emisiones de gases contaminantes. Esto comporta la puesta en marcha de estrategias en el sector transporte, urbanístico, industrial con el uso eficiente de la energía y la utilización progresiva de energías renovables. Otra medida sería poner en marcha programas encaminados a reducir los riesgos producidos por los incendios forestales y la exposición a polen alergénico (Casimiro y Calheiros 2002).

Las medidas anteriores deberían se complementadas (McMichael y Githeko 2001) con actuaciones encaminadas a la educación de la salud y a la promoción de hábitos saludables, entre los que se incluirían el uso eficiente y responsable de la energía y los consejos para aumentar la protección de los ciudadanos (por ejemplo en los días con altos niveles de ozono).

Un último aspecto a destacar, es la necesidad de poner más énfasis en la participación ciudadana para la solución de muchos de estos problemas. Se debería fomentar el desarrollo de una conciencia en salud y medio ambiente entre la población y asegurar una participación comunitaria activa en la determinación de los problemas y necesidades, así como en los procesos de planificación y acción. Los problemas de salud ambiental están conectados con el patrón de desarrollo en nuestro país, al igual que en otros países de nuestro entorno (como por ejemplo el uso de incontrolado de energía eléctrica, de agua potable, la urbanización de la población, el uso de coches privados como manera principal de transporte, etc.). Como consecuencia, su solución depende de cambios importantes de estilo de vida que afectan a grandes sectores de la población.

En definitiva, los cambios futuros deben venir por la contribución de todos los sectores, es decir las decisiones de los políticos, los cambios legislativos, la actuación de los técnicos, la educación e información, las decisiones de los consumidores, etc. que deben fomentar las tecnologías limpias, la reducción del consumo de combustibles fósiles y los productos que sean menos contaminantes.

16.5.3. Enfermedades infecciosas

El reconocimiento del riesgo a nivel oficial es fundamental. Hay que estar vigilantes al problema y no desdeñar el riesgo, aconsejándose la colección de datos climáticos y de estadísticas de enfermedades infecciosas, con el objeto de poder instaurar precozmente, en casos de alerta, campañas adecuadas de Salud Pública que disminuyan la vulnerabilidad de la población a las enfermedades infecciosas, mediante estrategias de vacunación, control de vectores y tratamiento de las aguas (McCarthy 2001, Hunter 2003).

16.6. REPERCUSIONES SOBRE OTROS SECTORES

16.6.1. Temperaturas extremas

Las opciones adaptativas mencionadas anteriormente implican de forma clara a varios sectores. En primer lugar la información meteorológica ha de ser lo suficientemente fiable a escala local para que los planes de intervención sean efectivos tanto en la detección de olas de calor y frío como en la determinación de su intensidad y duración. El sector seguros, sobre todo el relacionado con la sanidad y decesos, se va a ver afectado por un aumento en el número de ingresos hospitalarios y en los costes asociados al aumento de la mortalidad.

La demanda energética, clave en los sistemas de acondicionamiento, va a venir marcada por un incremento en las necesidades de la población y de los centros asistenciales, como ya se ha expuesto en otro capítulo.

Pese al coste económico imputable a los planes de actuación descritos, en el sentido estricto de coste-beneficio y siguiendo el ejemplo del Plan de Philadelphia estos son altamente rentables ya que a unos costes de 250000 dólares anuales se le imputan unos beneficios en mortalidad evitada de 117 millones de dólares por año (Kalkstein 2002).

16.6.2. Contaminación atmosférica

Las medidas de adaptación comentadas en el punto anterior tendrían una repercusión sobre diferentes sectores.

16.6.2.1. Sector clima

La reducción de emisiones de gases contaminantes, al tener un origen común al de los gases con efecto invernadero, tendría un efecto beneficioso sobre la emisión de CO₂ y otros gases a la atmósfera. Ello redundaría en una ralentización del calentamiento global.

16.6.2.2. Sector energía

El uso más eficiente de la energía y la introducción progresiva de energías limpias comportará una reducción en la utilización de combustibles fósiles y, por consiguiente, una reducción en la emisión de SO₂, CO y NO₂.

16.6.2.3. Sector agricultura

Se deberá valorar la introducción de especies con gran capacidad alergénica en la agricultura, así como el tratamiento de las mismas, especialmente en los campos de cultivo cercanos a la población. El posible uso de plaguicidas para la eliminación de especies con capacidad alergénica y su posible repercusión sobre la salud de las personas, por aplicación directa, exposición ambiental o vía alimentaria, deberá ser tenido en cuenta.

La hipótesis de que el consumo de alimentos antioxidantes, con contenido en vitamina C, vitamina E, beta-caroteno, como los cítricos, las zanahorias o los frutos secos, y, en general todas las frutas y verduras, tienen un efecto protector frente a los efectos de la contaminación fotoquímica (en especial el ozono) puede llevar a recomendar un aumento en su consumo. Esto tendría una influencia sobre las políticas agrícolas.

16.6.2.4. Sector forestal

La evidencia de riesgos para la salud por la emisión de partículas y gases por combustión, debe llevar a incrementar la protección de los bosques para evitar incendios forestales.

16.6.2.5. Sector turismo

Las intervenciones encaminadas a conseguir un aire más limpio y un ambiente más sano, junto con modelos de buena práctica ambiental, puede ser un atractivo para un turismo de calidad y ecológicamente sostenible.

16.6.2.6. Sector salud

Una cuestión importante es la de los efectos secundarios beneficiosos de las políticas de mitigación. Las acciones para reducir las emisiones gases con efecto invernadero pueden conducir muy probablemente a mejoras en la salud de la población (McMichael y Githeko 2001).

En un artículo que apareció en la revista Lancet durante las discusiones acerca del contenido del tratado de Kyoto (Working Group on Public Health and Fossil-Fuel Combustión 1997) se realizó una evaluación del impacto en salud que tendría la adopción de políticas de control de las emisiones sobre la salud de las poblaciones, en el corto plazo, es decir, sin esperar a ver las consecuencias de la mitigación del cambio climático. En dicho trabajo se comparaba lo que ocurriría, por lo que respecta a 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 impacto relacionado con la diferencia de exposición a partículas podría ser de una reducción de 700.000 muertes anuales. Únicamente en lo que respecta a los Estados Unidos, el número de muertes evitables equivaldría en magnitud a las muertes asociadas al SIDA o a todas las causadas por las enfermedades hepáticas.

En otro estudio, una estimación de los beneficios que una reducción de la contaminación atmosférica tendría en cuatro ciudades americanas (Santiago de Chile, Sao 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 dichas, ciudades 65.000 defunciones y los correspondientes casos de bronquitis y actividad restringida. (Cifuentes et al. 2001).

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. Estas cifras, sin embargo, deben ser valoradas con precaución y tomadas 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 (McMichael y Githeko 2001).

Las estrategias de transporte, medio ambiente y salud con la promoción del uso de la bicicleta y caminar como medio de transporte comportará un incremento del ejercicio físico moderado en un gran segmento de la población con hábitos de vida sedentarios, que tendrá una repercusión favorable sobre su salud. (Haines et al. 2000)

16.6.3. Enfermedades infecciosas

La repercusión fundamental de la reintroducción o diseminación de las enfermedades transmitidas por vectores sería en el sector del Turismo. Un aumento de estas enfermedades en las zonas de turismo podría disuadir al viajero de elegir tales destinos, con las repercusiones que esto acarrearía. Los sectores Agricultura y Forestal se correlacionan muy estrechamente con el hábitat y ecosistema de cría de vectores

16.7. PRINCIPALES INCERTIDUMBRES Y DESCONOCIMIENTOS

16.7.1. Temperaturas extremas

Quizá sea este sector de efectos en salud, y en particular el relacionado con los extremos térmicos uno de los que presentan mayores incertidumbres.

En primer lugar están las relacionadas con los propios modelos climáticos que se han expuesto en el correspondiente capítulo. A esto hay que añadir el carácter marcadamente local que tiene el comportamiento de las temperaturas extremas en la Península como ha quedado de manifiesto en estudios realizados recientemente (Prieto et al. 2004). Otro de los factores clave es la determinación de los posibles escenarios demográficos y, sobre todo, de la evolución de la pirámide de población en el grupo de mayores de 65 años, grupo diana de los efectos de las olas de calor y frío (W.H.O. 2004). Por otro lado, los posibles impactos tratados en este capítulo se ven modulados por la adaptación al clima que a su vez depende de factores sociales, económicos, tecnológicos, culturales, políticos y biofísicos de los que se desconoce su evolución. La puesta en marcha de planes de prevención como los descritos anteriormente, los recursos implicados y, en suma, su efectividad, van a ser decisivos en las repercusiones directas sobre la salud de la población.

El sector salud muestra además un inconveniente añadido motivado, fundamentalmente, por la escasez de datos en lo relativo a los efectos de los extremos térmicos en morbi-mortalidad. Los sistemas de registro actuales no permiten actuaciones en tiempo real y deben transcurrir varios meses (incluso años) hasta que estos datos están disponibles para los investigadores. Sin un sistema de registro e información ágil y fiable cualquier investigación se hace especialmente complicada y cualquier modelo dosis-respuesta elaborado a partir de esta información vendrá sesgado por este hecho.

La lectura de este apartado no debe servir para que los actores implicados se escuden en las incertidumbres a la hora de la adopción de medidas dirigidas a minimizar los efectos de los extremos térmicos. La lógica incertidumbre en los futuros escenarios climáticos y sus efectos en salud no cuestiona que estos efectos vayan a producirse, sirva el ejemplo de los efectos de la temperatura sobre el exceso de mortalidad registrada en Europa durante el verano 2003 y que se ha descrito someramente en el apartado 3 de ese capítulo.

16.7.2. Contaminación atmosférica

Existen una serie de incertidumbres generales a cerca del proceso de *cambio climático* y sus predicciones que han sido comentadas en otros lugares de este informe. Respecto a los efectos en salud de la contaminación atmosférica y su relación con el cambio climático existen una serie de incertidumbres específicas. Dos elementos importantes que pueden determinar dicho impacto en el futuro son:

- Los escenarios de *emisiones* para el futuro. Estas se podrían basar en las estimaciones del crecimiento económico o poblacional pero también en el de las restricciones establecidas por la legislación a los acuerdos. En ambos casos es muy complejo hacer estimaciones

pues la propia realidad, como la evolución de las emisiones de gases con efecto invernadero en España, en que se ha sobrepasado, de largo, lo acordado por el gobierno español en relación al cumplimiento del tratado de Kyoto.

- La *sensibilidad y vulnerabilidad de las poblaciones*. La tendencia en nuestro país es a un envejecimiento de la población lo que redundaría en un mayor impacto por la mayor susceptibilidad de las personas de edad avanzada y estado de salud comprometido. Por otro lado, aún existen muchas lagunas respecto a la estimación cuantitativa del riesgo relacionado con la mayoría de contaminantes. Para partículas se ha definido una relación concentración respuesta de forma lineal, pero se conoce menos la forma de la relación con otros contaminantes. Especialmente necesarias serán las evidencias sobre el impacto del ozono sobre la salud, dado el previsible aumento, al menos en forma episódica, de este contaminante con el cambio climático.

16.7.3. Enfermedades infecciosas

Aparte de las observaciones asociadas a las oscilaciones periódicas naturales, hasta ahora no se ha podido probar de manera fehaciente que el leve cambio climático experimentado en las últimas décadas haya aumentado el riesgo global de transmisión de las enfermedades transmitidas por artrópodos, pero sí que hay suficiente evidencia científica para sospecharlo. Las predicciones matemáticas realizadas auguran un aumento del riesgo siempre y cuando el cambio climático continúe produciéndose, algo que para casi todos parece evidente. Sin embargo, algunos expertos se han mostrado escépticos acerca de estas predicciones, ya que la historia natural de las enfermedades transmitidas por artrópodos es compleja, interfiriendo otros factores además del clima, lo que hace huir del análisis simplista.

Además del cambio climático muchos otros son los factores que pueden influenciar en la epidemiología de las enfermedades vectoriales: composición atmosférica, urbanización, desarrollo económico y social, comercio internacional, migraciones humanas, desarrollo industrial, uso de la tierra-regadíos-desarrollo agrícola (Suthers 2004). El resurgir reciente de muchas de estas enfermedades en el mundo podría más bien atribuirse a cambios políticos, económicos y de actividad humana más que a cambios climáticos.

Por tanto, el clima, por si solo no sería un requisito suficiente para la instauración de focos endémicos en España. Se necesitaría un número suficiente de individuos simultáneamente infectados para constituir un reservorio de la infección. Los inmigrantes semiinmunes pueden albergar parásitos durante muchos meses de forma paucisintomática, pudiendo ser reservorios eficaces de enfermedades. Aunque el incremento del turismo e inmigración de zonas endémicas puedan importar casos, éstos no serían lo suficiente en número como para iniciar una epidemia, pudiendo, a lo más, originar focos muy locales de transmisión autolimitada y casos de infecciones de aeropuerto (Hunter 2003).

16.8. DETECCIÓN DEL CAMBIO

16.8.1. Temperaturas extremas

Es esencial disponer de modelos de evolución de la morbi-mortalidad basados en series temporales lo suficientemente extensas en el tiempo que permitan detectar precozmente los posibles cambios en sus patrones de comportamiento. No se pueden detectar evoluciones anómalas de una serie temporal si no se conoce el comportamiento esperado y, lo que es más importante, si no se comparan esos datos esperados con los datos reales. Es preciso insistir en la necesidad de agilizar y aumentar la fiabilidad de los registros de morbi-mortalidad no sólo como indicador de sus posibles extremos sino también como base de cualquier posterior

investigación. Así estos registros podrían utilizarse incluso para detectar si la intervención realizada ante una previsión de ola de calor-frío ha sido eficaz.

16.8.2. Contaminación atmosférica, salud y cambio climático

La detección y atribución de los efectos del cambio climático sobre la salud requieren el establecimiento de un sistema de monitorización para detectar los efectos tempranos (Kovats et al. 2000). Este sistema debe proporcionar datos meteorológicos, ambientales, de salud y demográficos de buena calidad. Los datos de salud candidatos a formar parte de dichos sistemas deberían cumplir los siguientes principios (McMichael 2003):

- Evidencia de sensibilidad a los cambios climáticos
- Relevancia para la salud pública por la carga de enfermedad que representa
- Factibilidad en la recogida de la información

En nuestro país no existe un *sistema de vigilancia epidemiológica de los efectos de la contaminación atmosférica*. En la actualidad se dispone de diversos programas de monitorización de calidad del aire gestionados a nivel central y, mayoritariamente, en las comunidades autónomas por los departamentos encargados del medio ambiente. Dichos sistemas no están, en general, integrados con los sistemas de alerta y los servicios de salud pública. Esta debería ser una acción prioritaria para el futuro cercano en nuestro país, y no solo por la detección de efectos ligados al cambio climático. Dicho sistema de vigilancia debería incluir información diaria de los niveles de contaminación atmosférica, de las variables meteorológicas y de variables de salud como defunciones (total y por causa específica), el número de ingresos hospitalarios por causas cardiovasculares y respiratorias y si fuera posible información sobre las urgencias hospitalarias. Caso de no ser posible disponer de esta última información se podría seleccionar una serie de servicios de urgencias como centinela. Al mismo tiempo se debería obtener de la correspondiente información sobre estructura demográfica, nivel socioeconómico y calidad del hábitat y calidad de la atención sanitaria.

Para cumplir con los objetivos de un sistema de vigilancia este debería generar un registro mantenido y, muy especialmente, debería producir información oportuna y representativa que permitiera su uso en la planificación, desarrollo y la evaluación de las acciones de salud pública.

Una alternativa, que puede ser complementaria a la anterior, consiste en llevar a cabo *evaluaciones periódicas del impacto en salud* de la contaminación atmosférica y su posible relación con el cambio climático (W.H.O. 2000). En Europa, el programa APHEIS (2001 2002) ha realizado la evaluación de impacto en salud de la contaminación atmosférica en 26 ciudades de 12 países europeos. La población total cubierta por esta evaluación del impacto en salud incluye cerca de 39 millones de habitantes europeos. Para el conjunto de las 19 ciudades en las que se dispuso de información sobre PM₁₀, una reducción de 5µg/m³ de los niveles de PM₁₀ conllevaría una disminución en la mortalidad a largo plazo de 5000 muertes anuales, de las cuales 800 serían fallecimientos a corto plazo. Esta evaluación proporciona una estimación cuantitativa de los beneficios potenciales de la disminución de los niveles de los contaminantes.

16.8.3. Cambio climático y enfermedades infecciosas transmitidas por artrópodos y roedores

Como se ha mencionado, no existe una evidencia inequívoca de que el cambio climático acontecido hasta la fecha haya modificado sustancialmente la epidemiología de las enfermedades infecciosas transmitidas por vectores.

La colección de datos de forma prospectiva y la investigación de manera precoz en el triángulo de interacción “cambio climático-vectores-población” tendría el beneficio de la creación de un banco de datos que sería de extrema utilidad. Estos sistemas deberían incluir, además, variables como cambios demográficos, económicos y ambientales, pues los cambios en la epidemiología de las enfermedades infecciosas más puede deberse a estos últimos factores más que al cambio climático en sí.

Se deberían realizar estudios de prevalencia de ciertas enfermedades, como las flaviviriasis, mediante estudios de seroprevalencia en las poblaciones de riesgo. Además, se deberían estudiar las poblaciones de vectores para la detección precoz de nuevas especies y para la determinación de la dispersión geográfica de las poblaciones de especies foráneas recientemente detectadas (como es el caso de *A. albopictus*).

Estos estudios deberían ser lo suficientemente eficientes y exactos para detectar mínimos cambios en la salud. Desafortunadamente, los sistemas actuales de monitorización vectorial no responden a estas premisas.

En esencia, la detección del cambio pasa por la detección de microorganismos patógenos: -en los vectores (virus del dengue o de la encefalitis del Nilo Occidental en mosquitos); -en los reservorios naturales (roedores, aves o équidos) y; -en los humanos (tanto de habitantes asintomáticos de áreas de riesgo como de pacientes ingresados con patologías compatibles, mediante análisis de sangres, sueros, líquidos cefalorraquídeos...etc.).

16.9. IMPLICACIONES PARA LAS POLÍTICAS

16.9.1. Temperaturas extremas

Aunque a lo largo de este capítulo se ha insistido en el carácter local de los planes de prevención y actuación, éstos han de obedecer a políticas generales que sirvan de marco para el desarrollo de estas actividades.

Siguiendo el posicionamiento de la OMS frente al cambio climático (W.H.O. 2003) se considera necesario el desarrollo de las siguientes medidas de intervención a medio plazo:

1. Facilitar la organización de foros interdisciplinarios entre políticos y técnicos para identificar las necesidades y los mecanismos de actuación.
2. Facilitar el desarrollo de equipos multidisciplinares que hagan llegar a la población los potenciales riesgos sobre la salud relacionados con los extremos térmicos y la puesta en marcha de medidas para mitigar sus efectos.
3. Facilitar el desarrollo de mecanismos que permitan la pronta evaluación de los planes de intervención con el objeto de su mejora y aumento de eficacia.

A corto plazo, en nuestro país, serían precisos planes de actuación en salud pública basados en sistemas de alerta temprana que permitan la identificación de las situaciones de riesgo antes de que se produzcan. En este sentido, es básica la información meteorológica. Se trata de predecir los excesos de morbi-mortalidad, en un plazo que haga posible articular una respuesta rápida. Los registros de morbi-mortalidad, como primer elemento en una cadena de actuaciones, han de ser ágiles y fiables. No se puede implementar ningún plan de alerta basado en incrementos reales de morbi-mortalidad si sólo se tiene acceso a esos datos semanas e incluso meses después de que se hayan producido estos excesos. Por otro lado, la puesta en marcha de actuaciones en gestión hospitalaria que permitan la adecuación de los servicios sanitarios cuando la situación lo requiera se muestra como otro elemento

imprescindible en las políticas de actuación. Por último, es imprescindible una coordinación total con los servicios sociales, fundamentalmente los destinados a los estratos sociales menos favorecidos, que haga posible la articulación de los planes de actuación descritos anteriormente.

En este sentido la Comunidad de Madrid, pretende instaurar para el verano de 2004 un “Plan de alerta y prevención de los efectos de olas de calor”. Este Plan comprendería un sistema de alerta y vigilancia meteorológica para asegurar la alerta varios días antes de la ocurrencia del suceso, lo que permitirá alertar de manera precoz a la población y a los dispositivos sociosanitarios. Las actuaciones en sí comprenden un plan de atención a la población de especial riesgo, con vigilancia especial a la población anciana para asegurar su accesibilidad a los servicios sanitarios y un plan de apoyo social para las necesidades de alimentación, cuidado, movilidad y confort climático.

16.9.2. Contaminación atmosférica

1. Aplicación y seguimiento de las Directivas Europeas en Calidad del Aire, incluyendo la puesta en marcha de los procedimientos y las técnicas para la correcta medición y registro continuado de los contaminantes.
2. Coordinación entre los distintos Departamentos implicados (Medio Ambiente, Sanidad, Transporte, Urbanismo, Obras Públicas, Agricultura.).
3. Integración y coordinación interterritorial entre Gobierno Central y las Comunidades Autónomas.
4. Establecimiento de políticas integradas de vigilancia y protección de la salud pública, incluyendo la información sobre riesgos ambientales.
5. Acciones encaminadas a la reducción de emisiones relacionadas con los combustibles fósiles.
6. Puesta en marcha de actividades para aumentar la conciencia y participación ciudadana en las materias relacionadas con el cambio climático, esto conlleva una estrategia de comunicación encaminada a asegurar la información y a presentar la información de una manera entendible y con una orientación a como debe ser utilizada (McMichael 2003).
7. Por último es necesaria, la inversión en estudios e investigaciones para reducir las incertidumbres relevantes para la toma de decisiones (McMichael 2003).

16.9.3. Enfermedades infecciosas

En España no existe una legislación específica adaptada a las necesidades actuales para el control vectorial. Además de los programas de control de mosquitos en España han de aplicarse las regulaciones de inspección, certificación y cuarentena de los productos de comercio procedentes de zonas endémicas que puedan transportar vectores, tales como ruedas usadas o plantas exóticas como el bambú de la suerte.

Muy sucintamente, las implicaciones para las políticas las podríamos resumir en:-Fomentar y desarrollar los Programas de Vigilancia y Control de las Enfermedades de Transmisión Vectorial, con una financiación suficiente y estable. -Que estos programas estén a su vez coordinados con otros programas de vigilancia a nivel nacional. -Aunar la investigación entre los distintos grupos de investigación que trabajen en campos diferentes pertenezcan a las distintas áreas, tales como veterinaria, epidemiología, entomología, zoología y medicina. -Dotar de forma adecuada a los laboratorios de referencia y a los laboratorios asistenciales de los hospitales para el diagnóstico seguro de las enfermedades vectoriales. -Difundir el conocimiento existente mediante cursos de formación específicos en las Universidades españolas.

16.10. PRINCIPALES NECESIDADES DE INVESTIGACIÓN

16.10.1. Temperaturas extremas

Las principales necesidades de investigación deberán dirigirse fundamentalmente a eliminar en lo posible las incertidumbres anteriormente descritas.

Así será necesario el análisis de las condiciones atmosféricas a la menor escala meteorológica posible que permitan establecer con la suficiente antelación la producción, intensidad y duración de un evento térmico extremo, al menos en cada provincia.

Se debería profundizar en el estudio de los mecanismos de adaptación fisiológica y el papel que juegan las variables socioeconómicas en los procesos adaptativos. Los estudios de evolución temporal, según distintos periodos de tiempo, del comportamiento de la morbi-mortalidad en los últimos años en función de los extremos térmicos se perfilan como adecuados para inferir este tipo de tendencias.

Por otro lado, es esencial la investigación a escala local del comportamiento de la morbi-mortalidad asociada a las temperaturas extremas, con especial atención a la incidencia de estos extremos en los ingresos hospitalarios según causas específicas y grupos de edad que permita discernir, si es posible, el comportamiento de cada grupo de población frente a la temperatura. Por último, se debería evaluar la efectividad y funcionamiento de los planes de actuación ante extremos térmicos en aquellos lugares donde se hayan instaurado y utilizar estas experiencias en los de nueva implementación. Todas estas iniciativas deberían estar encuadradas en un marco Europeo, de tal forma que sus objetivos, calidad y efectividad puedan ser comparados con unas referencias comunes para todos los países del mismo entorno.

16.10.21. Contaminación atmosférica

Hay un acuerdo general en que la investigación sobre los posibles impactos en salud del cambio climático debería ser llevada a cabo desde una perspectiva internacional mediante una red internacional de científicos. Por un lado, se trata de situaciones a escala mundial, 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 impactos en salud asociados a cada uno de los fenómenos que constituyen el cambio climático. En el campo concreto de los *posibles efectos de la contaminación atmosférica relacionados con el campo climático* las necesidades fundamentales son:

- Establecer sistemas de vigilancia y monitoreo que incluyan información meteorológica, ambiental, de salud y sociodemográfica adecuadas con el fin de detectar cambios tempranos y poder obtener datos para otros estudios.
- Llevar a cabo estudios epidemiológicos para valorar el impacto del ozono, partículas finas y otros contaminantes relacionados con la variabilidad climática y sus tendencias sobre la salud. Dichos estudios deberían aportar pruebas sobre los efectos de dichos contaminantes incluyendo la relación dosis-respuesta y los factores que pueden modificar su efecto (mayor susceptibilidad en unos grupos de personas-, factores protectores, como por ejemplo el aumento de la capacidad antioxidante por medio de la dieta)
- También sería necesario llevar a cabo estudios epidemiológicos que valoraran los posibles beneficios de las acciones para mitigar el cambio climático.

- Desarrollar modelos para la predicción de los posibles efectos en salud de los cambios previstos en cuanto al clima y la calidad del aire. Dichos modelos deberían incluir previsiones en cuanto a las tendencias futuras en contaminación atmosférica, cambios en las características de la población y variaciones en los fenómenos meteorológicos y climáticos. Estas predicciones deberían ser validadas de manera continuada, mediante su confrontación con los datos del sistema de vigilancia.

16.10.3. Enfermedades infecciosas

Las principales líneas de investigación deberían centrarse en: -Diseño de modelos que correlacionen los parámetros climáticos con la incidencia de enfermedades infecciosas (más que modelos basados en áreas y poblaciones de riesgo). -Diseño de modelos de validación entre los datos climáticos pasados y los presentes con la frecuencia de enfermedades infecciosas transmitidas por vectores. -Realización de muestreos de poblaciones, vectores y reservorios. -Estudios de cambios en la distribución o alteración en la frecuencia de transmisión de las enfermedades más susceptibles de ser influenciadas: dengue y otros flavivirus, malaria, leishmaniosis, rickettsiosis....-Desarrollo de nuevas pruebas de diagnóstico rápido.

En relación con esto una primera iniciativa europea está empezando a dar sus primeros pasos. El Sexto Programa Marco, auspiciado por la Unión Europea, incluye entre sus temas de investigación prioritarios las enfermedades emergentes y en particular con sus relaciones con el "Cambio Global y Ecosistemas". Tras el llamamiento realizado por la Comisión Europea de Investigación en este sentido, en el que se solicitaban expresiones de interés, se ha aceptado en 2004 una propuesta sobre Enfermedades Emergentes en un Medioambiente Europeo Cambiante (red EDEN). Esta red de excelencia está integrada por un consorcio de investigadores europeos pertenecientes a 33 países, entre los que se encuentra España, cuya finalidad es anticiparse a los efectos que los cambios medioambientales puedan ejercer sobre la salud pública en Europa, coordinando las investigaciones pertinentes en un marco científico común agrupado en estas 5 áreas principales: Paisajes, Biotopos y Hábitats; Bionómica de Vectores y Parásitos y competencia; Salud Pública y actividades Humanas; Reservorios Animales; e Integración y manejo de bases de datos. El espíritu de esta red en los próximos 5 años será identificar, evaluar y catalogar los ecosistemas y condiciones medioambientales europeos ligados al cambio global que puedan influir en la distribución espacial y temporal así como en las dinámicas de los agentes patógenos. Para ello se desarrollarán modelos predictivos de emergencia y dispersión que incluyan prevención global y regional, sistemas de alerta temprana, vigilancia, monitorización de herramientas y descripción de escenarios. Las enfermedades seleccionadas para estas investigaciones son encefalitis del Nilo occidental, enfermedad de Lyme, encefalitis transmitidas por garrapatas, fiebre del valle del Rift, Dengue, Malaria y leishmaniosis.

10.4. En resumen

Tras lo expuesto en este capítulo los autores implicados en su elaboración recomendamos encarecidamente la realización de *evaluación del posible impacto en salud del cambio climático en España*, al igual que se ha realizado en otros países como Estados Unidos (Bernard et al. 2001) el Reino Unido (Anderson et al. 2001) o Portugal (Casimiro y Calheiros 2002). Esta evaluación debería incluir la estimación cuantitativa del impacto en 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 (Kovats et al. 2003b).

Esta evaluación cumpliría los siguientes *requisitos*:

- Dar respuesta a un mandato explícito de los decisores de las políticas de salud pública y/o medio ambiente. De hecho los gobiernos nacionales tienen la responsabilidad de llevarlos a cabo, según los acuerdos de Naciones Unidas en la Cumbre del Cambio Climático.
- Perspectiva multidisciplinar, con utilización de nuevas técnicas de análisis e interpretación. Estas deberían incluir no solo las disciplinas directamente relacionadas con el tema (salud ambiental, epidemiología, climatología, medicina clínica, toxicología) sino también considerar otras disciplinas como sociología, psicología y economía.
- Prioridad a los problemas específicos en las diferentes regiones españolas, con especial atención a problemas locales concretos (por ejemplo, incremento de temperatura en ciertas áreas de la península, tormentas de polvo del Sahara en Canarias, etc.)
- 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, incluyendo las acciones de salud pública.

La evaluación debería identificar las áreas con mayor incertidumbre, plantear necesidades de investigación y estar vinculada al sistema de vigilancia y monitoreo que se establezca (McMichael 2003).

16.11. BIBLIOGRAFÍA

- Alberdi JC y Díaz J. 1997. Modelización de la mortalidad diaria en la Comunidad de Madrid 1986-1991. *Gaceta Sanitaria* 11:9-15.
- Alberdi JC, Díaz J, Montero JC y Mirón IJ. 1998. Daily mortality in Madrid community 1986-1992: Relationship with meteorological variables. *European Journal of Epidemiology* 14:571-578.
- Alderson MR. 1985. Season and mortality. *Health Trends* 17: 87-96.
- Anderson HR, Derwent RG y Stedman J. 2001. Air pollution and climate change, En: *Health effects of climate change in the UK. Report of the Institute for Environmental and Health*, London, UK, 219-249. disponible en <http://www.doh.gov.uk/airpollution/climatechange02> consultado 5 de enero de 2004.
- Anderson HR, Spix C, Medina S, Schouten JP, Castellsague J, Rossi G et al. 1997. Air pollution and daily admissions for chronic obstructive pulmonary disease in 6 European cities: results from the APHEA project. *European Respiratory Journal* 10: 1064-1071.
- APHEIS. Air Pollution and Health: a European Information System. 2001. *Monitoring the Effects of Air Pollution on Public Health in Europe. Scientific report 1999-2000*. Institut de Veille Sanitaire, Saint Maurice; disponible en <http://airnet.org>.
- APHEIS. Air Pollution and Health: a European Information System. 2002. *Health Impact Assessment of Air Pollution in 26 European Cities. Second year report 2000-2001*. Institut de Veille Sanitaire, Saint Maurice; disponible en <http://airnet.org>.
- Atkinson, R. W., Ross, A. H., Sunyer, J., Ayres, J., Baccini, M., Vonk, et al. 2001. Acute Effects of Particulate Air Pollution on Respiratory Admissions. Results from APHEA2 project, *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 164 1860-1866.
- Ballester F, Corella D, Pérez-Hoyos S y Hervás A. 1996. Air Pollution and Mortality in Valencia, Spain: a Study using the APHEA Methodology. *Journal of Epidemiology and Community Health* 50:527-533.
- Ballester F, Corella D, Pérez-Hoyos S, Sáez M y Hervás A. 1997. Mortality as a function of temperature. A Study in Valencia, Spain 1991-1993. *International Journal of Epidemiology*. 26:551-561.

- Ballester F, Tenías JM y Perez-Hoyos S. 2001. Air pollution and emergency hospital admissions for cardiovascular diseases in Valencia, Spain. *Journal of Epidemiology and Community Health* 55:57-65.
- Ballester F, Michelozzi P e Iñiguez C. 2003a. Weather, climate and public health. *Journal Epidemiology Community Health* 57:759-760.
- Ballester F, Iñiguez C, Saez M, Pérez-Hoyos S, Daponte A, Ordóñez JM. et al. 2003b. Relación a corto plazo de la contaminación atmosférica y la mortalidad en trece ciudades españolas. *Med Clin*. 121:684-9.
- Bateson TF y Schwartz J. 2004. W.H.O. is sensitive to the Effects of Particulate Air Pollution on Mortality? A case-crossover analysisi of the effect modifiers. *Epidemiology* 15: 143-149.
- Bernard SM, Samet JM, Grambsch A, Ebi KL y Romieu I. 2001. The potential impacts of climate variability and change on air pollution-related effects in the United States. *Envorinmental Health Perspectives* 109(suppl 2): 177-184.
- Bernasconi MV, Casati S, Péter O y Piffaretti JV. 2002. Rhipicephalus ticks infected with Rickettsia and Coxiella in Southern Switzerland (Canton Ticino). *Infection, Genetis and Evolution* 2: 111-120.
- Biggeri, A., Bellini, P. y Terracini, B. (eds.). 2001. Meta-analysis of the Italian Studies on Short-term Effects of Air Pollution. *Epidemiologia & Prevenzione* 25(2).
- Baldari M, Tamburro A, Sabatinelli G, Romi R, Severini C, Cuccagna G, Fiorilli G, Allegri MP, Buriani C y Toti M. 1998. Malaria in Maremma, Italy. *Lancet* 351(9111): 1246-7.
- Braga AL, Zanobetti A y Schwartz J. 2001. The time course of weather-related deaths. *Epidemiology* 12: 662-667.
- Burnett RT, Smith-Doiron M, Stieb D, Raizenne ME, Brook JR, Dales RE et al. 2001. Association between ozone and hospitalization for acute respiratory diseases in children less than 2 years of age. *American Journal of Epidemiology* 153:444-452.
- Casimiro E y Calheiros JM. 2002. Human health. En: Santos FD, Forbes K y Moita R. (eds.). *Climate change in Portugal: escenarios, impacts, and adaptation measures – SIAM project*. Lisboa, Gradiva. Pgs. 241–300.
- Cifuentes L, Borja-Aburto VH, Gouveia N, Thurston G y Davis DL. 2001, Assessing the health benefits of urban air pollution reductions associated with climate change mitigation (2000-2020): Santiago, Sao Paulo, Mexico city, and New York city. *Environmetal Health Perspectives*, vol. 109 Suppl 3. pgs. 419-425.
- Cohen AJ, Anderson HR, Ostro B, Pandey KD, Kryzanowsky M, Kuenzly N. et al. 2003. Mortality impacts of Urban Air Pollution. En: Ezzat M, Lopez AD, Rodgers A y Murray CJL (eds.). *Comparative Quantification of Health Risks: Global and Regional Burden of Disease Attributable to Selected Major Risk Factors*. Organización Mundial de la Salud. Ginebra.
- Cuadros J, Calvente MJ, Benito A, Arevalo J, Calero MA, Segura J, y Rubio JM. 2002. *Plasmodium ovale* malaria acquired in central Spain. *Emerging Infectious Diseases* 8: 1506-8.
- Curreiro FC, Heiner KS, Samet JM, Zeger SL, Strug L y Patz JA. 2002. Temperature and mortality in 11 cities of the Eastern of the United States. *American Journal of Epidemiology* 155: 80-87.
- Dauids RE, Knappenberg PC, Novicoff MM y Michaels PJ. 2002. Decadal changes in heat-related human mortality in the Eastern United States. *Climate Research* 22:175-184.
- Dessai S. 2003. Heat stress and mortality in Lisbon. Part II: an assessment of the potential impacts of climate change. *International Journal of Biometeorology*. 48:37-44.
- Díaz J, Jordán A, García R, López C, Alberdi JC, Hernández E y Otero A. 2002a. Heat waves in Madrid 1986-1997: effects on the health of the elderly. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 75: 163-170.
- Díaz J, García R, Velázquez de Castro F, Hernández E, López C y Otero A. 2002b. Effects of extremely hot days on people older than 65 years in Seville (Spain) from 1986 to 1997. *International Journal of Biometeorology* 46:145-149.
- Díaz J, López C. 2003. Health impact of thermal extremes in Iberia: analysis and trends. cCASH Workshop on Vulnerability to Thermal Stresses, 5-7 May. Freiburg. Germany.

- Díaz J, García R, Prieto L, López C y Linares C. 2004a. Mortality impact of extreme winter temperatures. *International Journal of Biometeorology* (enviado)
- Díaz J, García R, Trigo R, Linares C, Valente A y Hernández E. 2004b. The impact of summer 2003 heat wave in Iberia: how should we measure it?. *Climate Research* (enviado).
- Eager JM. 1902. Yellow fever in France, Italy, Great Briatain and Austria and bibliography of yellow fever in Europe. *Yellow Fever Institute Bulletin* 8:25-35.
- Dominici F, Zeger SL, Zanobetti A, Schwartz J y Samet JM. 2002. Health effects of particulate matter in 10 U.S. cities: a combined analysis of morbidity and mortality outcomes. *Biostatistics* 1:1-17.
- EMECAM. 1999. El proyecto EMECAM: Estudio español sobre la relación entre la contaminación atmosférica y la mortalidad. *Revista Española de Salud Pública*; 73: 165-314.
- European Union Council. 1999. Council Directive 1999/30/EC of 22 April 1999 relating to limite values for sulphur dioxide, nitrogen dioxide and oxides of nitrogen, particulate matter and lead in ambient air. *Official Journal of the European Communities* L163, 41-60. 29-6-
- Eurowinter Group. 1997. Cold exposure and winter mortality from ischaemic heart disease, cerebrovascular disease, respiratory disease, and all causes in warm and cold regions of Europe. *Lancet* 349: 1341-1346.
- Fernández-Patier, R. Y Ballester, F. 2000. Objetivo 21. Mejorar la calidad del aire. En: DOYMA (ed.). *Informe SESPAS 2000*. Barcelona. pgs. 279-289.
- Franke CR, Ziller M, Staubach C y Latif M. 2002. Impact of the Niño/Southern oscilation on visceral leishmaiasis, Brazil. *Emerg Infect Dis.* 8: 914-917.
- García-Herrera R, Díaz J, Trigo RM, Hernández E y Dessai S. 2004. Extreme summer temperatures in Iberia: health impacts and associated synoptic conditions. *International Journal of Climatology* (enviado)
- Galizia A y Kinney PL. 1999. Long-term residence in areas of high ozone: associations with respiratory health in a nationwide sample of nonsmoking young adults [dsee comments]. *Environmental Health Perspectives* 107(8): 675-679.
- Gauderman WJ, Gilliland GF, Vora H, Avol E, Stram D, McConnell R. et al. 2002. Association between air pollution and lung function growth in southern California children: results from a second cohort. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 166(1): 76-84.
- Githeko AK, Lindsay SW, Confalonieri UE y Patz JA. 2000. Climate change and vector-borne diseases: a regional analysis. *Bulletin of the World Health Organization* 78: 1136-1147.
- Goldberg MS, Burnett RT, Brook J, Bailar JC, Valois MF y Vincent R. 2001. Associations between daily cause-specific mortality and concentrations of ground-level ozone in Montreal, Quebec. *American Journal of Epidemiology* 154(9): 817-826.
- Haines A, McMichael T, Anderson R y Houghton J. 2000 Fossil fuels, transport, and public health. Policy goals for physical activity and emission controls point the same way. *British Medical Journal* 321: 1168-1169.
- Havenit G. 2002. Interaction of clothing and thermoregulation (review). *Exog Dermatology* 1:221-268.
- Hulme M et al. 2002. Climate change scenarios for the United Kindom: the UKCIP02 scientific report. Norwich, Tyndall Centre for Climate Change Research, School of Environmental Sciences, University of East Anglia.
- Hunter PR. 2003. Climate change and waterborne and vector-borne disease. *Journal of Applied Microbiology* 94(Suppl): 37S-46S
- Huynen MM, Martens P, Scram D et al. 2001. The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in Dutch population. *Environmental Health Perspectives* 109: 463-470.
- Jerrett M, Burnett RT, Brook J, Kanaroglou P, Giovis C, Finkelstein N, et al. 2004 Do socioeconomic characteristics modify the short term association between air pollution and mortality? Evidence from a zonal time series in Hamilton, Canada. *Journal of Epidemiology and Community Health* 58(1): 31-40

- Jendritzky G, Staiger H, Bucher K, Graetz A y Laschewski G. 2000. The Percived Temperature. Internet workshorp on windchill. April 3-7, 2000.
- Kalkstein LS. 1991. A New approach to evaluate the impact of climate on human health. *Environmental Health Perspectives* 96:145-150.
- Kalkstein LS. 2002. Description of our Heat Health Watch-Warning Systems: their nature and extend required resources. cCASH Workshop on Vulnerability to Thermal Stresses, 5-7 May. Freiburg. Germany.
- Katsouyanni K. 1995. Health effects of air pollution in southern Europe: are there interacting factors?, *Environmental Health Perspectives* 103 Suppl 2: 23-27.
- Katsouyanni K, Schwartz J, Spix C, Touloumi G, Zmirou D, Zanobetti A et al. 1996. Short term effects of air pollution on health: a European approach using epidemiologic time series data: the APHEA protocol. *Journal of Epidemiology and Community Health* 50 Suppl 1: S12-8.
- Katsouyanni K, Touloumi G, Samoli E, Gryparis A, Le Tertre A, Monopolis Y. et al. 2001. Confounding and Effect Modification in the Short-Term Effects of Ambient Particles on Total Mortality: Results from 29 European Cities within the APHEA2 Project. *Epidemiology* 12: 521-531.
- Keatinge WR. 2003. Death in heat waves. *British Medical Journal* 327: 512-513.
- Kovats S, Menne B, McMichael A, Berollini R y Soskolne C. (eds.). 2000. Climate change and stratospheric ozone depletion. Early effects on our health in Europe. W.H.O. Copenhagen:
- Kovats RS. 2000. El Niño and human health. *Bulletin of the World Health Organization* 78:1127-35.
- Kovats RS, Bouma MJ, Hajat S, Worrall E y Haines A. 2003a. El Nino and health. *Lancet* 362: 1481-9.
- Kovats S, Ebi KL y Menne B. 2003b. Methods of assessing human health vulnerability and public health adaptation to climate change. W.H.O. Copenhagen.
- Kunst AE, Looman CWN y Mackenbach JP. 1993. Outdoor air temperature and mortality in The Netherlands: a time series analysis. *American Journal of Epidemiology* 137: 331-341
- Künzli N, Kaiser J, Medina S, Studnicka M, Chanel O, Filliger P, et al. 2000. Public Health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *Lancet* 356: 795-801.
- Lacasaña M, Esplugues A y Ballester F. 2005. Exposure to ambient air pollution and prenatal and early childhood health effects. *European Journal of Epidemiology* (en prensa)
- Le Tertre A, Medina S, Samoli E, Forsberg B, Michelozzi P, Boumghar A. et al. 2002 Short-term effects of particulate air pollution on cardiovascular diseases in eight European cities, *Journal of Epidemiology and Community Health* 56: 773-779.
- Lindaren E y Gustafson R. 2001. Tick-borne encephalitis in Sweden and climate change. *Lancet* 358: 16-18.
- Lipfert FW. 2004. Air pollution and poverty: does the sword cut both ways? *Journal of Epidemiology and Community Health* 58(1): 2-3.
- López-Vélez R y García Camacho A. 1998. Malaria, África y viajes: un triángulo de riesgo. *Rev Clin Esp* 198: 494-5.
- Lozano A y Filipe AR. 1998. Anticuerpos a virus West Nile y otros flavivirus transmitidos por artrópodos en la población del Delta del Ebro. *Rev Esp Salud Publica* 72: 245-250.
- Mackenbach JP, Kunst AE y Looman CWN. 1992. Seasonal variation in mortality in The Netherlands. *Journal of Epidemiology and Community Health* 46: 261-265.
- Martínez F, Simón-Soria F y López-Abente G. 2004. Valoración del impacto de la ola de calor del verano de 2003 sobre la mortalidad. *Gaceta Sanitaria* 18: 250-258.
- Martins MC, Fatigati FL, Vespoli TC, Martins LC, Pereira LA, Martins MA. et al. 2004. Influence of socioeconomic conditions on air pollution adverse health effects in elderly people: an analysis of six regions in Sao Paulo, Brazil. *Journal of Epidemiology and Community Health* 58:41-6.

- McConnell R, Berhane K, Gilliland F, London SJ, Vora H, Avol E. et al. 1999. Air pollution and bronchitic symptoms in Southern California children with asthma. *Environmental Health Perspectives* 107: 757-760.
- McGeehin MA y Mirabelli M. 2001. The potential impacts of climate variability and change on temperature related morbidity and mortality in the United States. *Environmental Health Perspectives* 109 (suppl 2): 185-189.
- McCarthy M. 2001. Uncertain impact of global warming on disease. *Lancet* 357:1183.
- McMichael AJ y Githeko AK. 2001. Human health. En: McCarthy JJ et al. (eds.). *Climate change*.
- McMichael AJ (ed.). 2003. *Climate change and health: risks and responses*. W.H.O., Geneva.
- Michelozzi P, Forastiere F, Fusco D, Perucci CA, Ostro B, Ancona C. et al. 1998. Air pollution and daily mortality in Rome, Italy. *Occupational and Environmental Medicine* 55: 605-610.
- Monath TP y Tsai TF. 1987. St. Louis encephalitis: lessons from the last decade. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 1.37(Suppl): 40S-59S
- Mouchet J. 2000. Airport malaria: a rare disease still poorly understood. *Euro Surveill* 5: 75-76.
- Nakai S, Itoh T y Morimoto T. 1999. Deaths from heat-stroke in Japan 1968-1994. *International Journal of Biometeorology* 43: 124-127.
- OMS. 2003. Estado de la salud en el mundo 2002. Accesible en <http://www.W.H.O.int/whr/2002/chapter4/en/index7.html>
- Patz JA, McGeehin MA, Bernard SM, Ebi KL y Epstein PR. 2000. The potential health impacts of climate variability and change for the United States: Executive summary of the Report Report of the Health Sector of the U.S. National Assessment. *Environmental Health Perspectives* 108: 367-376.
- Pekkanen J, Brunner EJ, Anderson HR, Tiittanen P y Atkinson RW. 2000 Daily concentrations of air pollution and plasma fibrinogen in London. *Occupational and Environmental Medicine* 57: 818-822.
- Pirard P. 2003. Heat wave: a climatic deadly phenomena that can be prevented. *Enfermedades Emergentes* 5:145-146.
- Pope CA, Burnett RT, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, Ito K. et al. 2002. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Journal of the American Medical Association* 287: 1132-1141.
- Pope CA y Dockery DW. 1999. Epidemiology of Particles Effects. En: Holgate ST, Samet JM, Koren H y Maynard RL. (ed.). *Air Pollution and Health*. Academic Press, San Diego, California. Pgs. 673-705
- Prieto L, García R, Díaz J, Hernández E y Teso MT. 2004. Minimum extreme temperatures over Peninsular Spain. *Journal of Planetary Climate* (En prensa).
- Quenel P, Cassadou S, Declercq C, Eilstein D, Filleu L, Le Goaster C. et al. 1999. Rapport Surveillance épidémiologique 'Air & Santé'. Surveillance des effets sur la santé liés à la pollution atmosphérique en milieu urbain. Paris.
- Ramsdale CD y Coluzzi M. 1975. Studies on the infectivity of tropical African strains of *Plasmodium falciparum* to some southern European vectors of malaria. *Parassitologia* 17: 39-48.
- Randolph S. 2001. Tick-borne encephalitis in Europe. *Lancet* 358:1731-2.
- Reiter P. 2001. Climate change and mosquito-borne disease. *Environmental Health Perspectives* 109(suppl 1): 141-161.
- Rigau Perez JG. 1998 The early use of break-bone fever (quebranta Huesos, 1771) and dengue (1801) in Spanish. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 59: 272-274.
- Rogers DJ y Packer MJ. 1993. Vector-borne diseases, models and global climate change. *Lancet* 342: 1282-1284.
- Rodgers DJ y Randolph SE. 2000. The global spread of malaria in a future, warmer world. *Science* 289: 1763-1765

- Rodriguez S, Querol X, Alastuey A, Kallos G y Kakaliagou O. 2001 Saharan dust contributions to PM10 and TSP levels in Southern and Eastern Spain. *Atmospheric Environment* 35: 2433-2447.
- Sáez M, Sunyer J, Castellsagué J, Murillo C y Antó JM. 1995. Relationship between weather temperature and mortality: a time series analysis aproach in Barcelona. *International Journal of Epidemiology* 24:576-582.
- Saez M, Ballester F, Barceló MA, Perez-Hoyos S, Tenías JM, Bellido J. et al. 2002. A combined analysis of the short-term effects of photochemical air pollutants on mortality within the EMECAM project. *Environmental Health Perspectives* 110: 221-228.
- Samet JM, Dominici F, Zeger S, Schwartz J y Dockery DW. 2000a. The National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study. Part I: Methods and Methodologic Issues. *Health Effects Institute* 94, Part I.
- Samet JM, Zeger SL, Dominici F, Curriero F, Coursac I, Dockery DW. et al. 2000b. The National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study. Part II: Morbidity and mortality from air pollution in the United States. *Res Rep Health Eff Inst*; 94(Pt 2): 5-70.
- Samet JM, Dominici F, Curriero FC, Coursac I y Zeger S. 2000c. Fine Particulate Air Pollution and Mortality in 20 U.S. Cities, 1987-1994. *New England Journal of Medicine* 343(24): 1742-1749.
- Sartor F, Snacken R, Demuth C y Walckiers D. 1995 Temperature, ambient ozone levels, and mortality during summer 1994, in Belgium, *Environmental Research* 70: 105-113.
- Schwartz J, Spix C, Touloumi G, Bacharova L, Barumandzadeh T, Le Tertre A. et al. 1996. Methodological issues in studies of air pollution and daily counts of deaths or hospital admissions. *Journal of Epidemiology and Community Health* 50(Suppl 1): S3-S11.
- Smoyer KE 1998. A comparative analysis of heat-wave associated mortality in St. Louis, Missouri – 1980 and 1995. *International Journal of Biometeorology* 42: 44-50.
- Stieb DM, Judek S y Burnett RT. 2002. Meta-analysis of time-series studies of air pollution and mortality: effects of gases and particles and the influence of cause of death, age, and season. *Journal of the Air and Waste Management Association* 52(4):470-484.
- Sunyer J, Castellsague J, Sáez M, Tobías A y Antó JM. 1996. Air pollution and mortality in Barcelona. *J Epidemiol Community Health* 50 Suppl 1:s76-s80.
- Sunyer J, Spix C, Quenel P, Ponce A, Barumandzadeh T, Touloumi G. et al. 1997. Urban air pollution and emergency admissions for asthma in four European cities: the APHEA Project. *Thorax* 52:760-765
- Sutherst RW. 2004. Global change and human vulnerability to vector-borbe diseases. *Clinical Microbiology Reviews* 17:136-173
- Tamburlini G., von Ehrenstein S y Bertollini R. 2002. Children's health and environment: A review of evidence. Environmental issue report N°29 EEA-W.H.O. Copenhagen.
- Tobias A, Galan I, Banegas JR, Aranguéz E. 2003. Short term effects of airborne pollen concentrations on asthma epidemic. *Thorax* 58(8): 708-10.
- Touloumi G, Katsouyanni K, Zmirou D, Schwartz J, Spix C, Ponce A et al. 1997. Short-term Effects of Ambient Oxidant Exposure on Mortality: A Combined Analysis within the APHEA Project. *American Journal of Epidemiology* 146(2): 177-185.
- UNECE (Comisión de Economía de Naciones Unidas para Europa) 2003 Air pollution and climate change – tackling both problems in tandem, Ginebra: nota de prensa, 31 de enero de 2003.
- Valent F, Little D, Bertollini R, Nemer LE, Barbone F y Tamburlini G. 2004. Burden of disease attributable to selected environmental factors and injury among children and adolescents in Europe. *Lancet* 363 (9426): 2032-9.
- Viana M, Querol X, Alastuey A, Cuevas E y Rodríguez S. 2002. Influence of African dust on the levels of atmospheric particulates in the Canary Islands air quality network. *Atmospheric Environment* 36: 5861–5875.
- Ware JH, Thibodeau LA, Speizer FE, Colome S y Ferris BGJ. 1981. Assessment of the health effects of atmospheric sulphur oxides and particulate matter: evidence from observational studies. *Environmental Health Perspectives* 41: 255-276.

- Wenzel RP. 1994. A new hantavirus infection in North America. *New England Journal of Medicine* 330:1004-1005.
- W.H.O. 2000 Evaluation and use of epidemiological evidence for environmental health risk assessment. European Centre for Environment and Health, Bilthoven.
- W.H.O. 2003. Methods of assessing human health vulnerability and public health adaptation to climate change. Health and Global Environmental Change. Series No.1.
- W.H.O. 2004. Heat-Waves: risks and responses. Health and Global Environmental Change. Series No.2.
- Wilkinson P, Landon M, Armstrong B et al. 2001. Cold comfort: the social and environmental determinants of excess winter mortality in England, 1986-1996. London: The Policy Press.
- Working Group on Public Health and Fossil-Fuel Combustion. 1997. Short-term improvements in public health on fossil-fuel combustion: an interim report. *Lancet* 350: 1341-49.