

4

Salud, clima y cambio climático

José M. Raso Nadal

UNIVERSITAT DE BARCELONA

SALUD, CLIMA Y CAMBIO CLIMÁTICO

1. CLIMA Y SALUD HUMANA: NOTAS HISTÓRICAS

La salud humana resulta de la acción e interacción de múltiples factores. Las facultades biológicas y psicológicas de cada individuo comprenden una serie de condicionantes esenciales en el mantenimiento de su estado de salud y bienestar, pero los sistemas ecológico y global desempeñan también un papel esencial en la preservación de este estado y, conjuntamente con las disponibilidades económicas y el acceso a los cuidados médicos y sanitarios, determinan la vulnerabilidad ante los más diversos procesos patológicos (EPSTEIN, 1997). Las condiciones medioambientales y, en particular las dependientes de las variaciones atmosféricas, frecuentemente en acción conjunta con algún o algunos agentes patógenos de naturaleza biológica, pueden provocar trastornos de mayor o menor gravedad a la salud de las personas y, en casos extremos, la muerte.

El impacto de las variaciones atmosféricas en la salud fue destacado por Hipócrates, hace ya 14 siglos, en su obra *Aires, Aguas y Lugares*. De acuerdo con su opinión, era preciso conocer las variaciones climáticas estacionales y regionales y analizar los efectos del calor, el frío y los vientos en la salud y bienestar de las personas para investigar las causas de las enfermedades. El pensamiento de Hipócrates perduró a través de los siglos. Paracelso, otra de las figuras más célebres de la historia de la medicina, ya en pleno siglo XVI, trataba de analizar los impactos del tiempo y el clima en la salud humana de acuerdo con los criterios concebidos por el sabio médico griego, de manera que puede considerarse continuador suyo. La tradición hipocrática todavía mantuvo una mayor o menor influencia en la formulación de explicaciones al origen de las enfermedades, especialmente las de naturaleza epidémica, durante los dos siglos XVIII y XIX. Las elevadas tasas de mortalidad que ocasionaban, con cierta intermitencia, las enfermedades de este tipo urgían una explicación de su etiología que muchos médicos buscaron en una renovada tradición hipocrática y atribuyeron su desencadenamiento a los elementos climáticos responsables de la constitución de los tiempos. El médico inglés Thomas Sydenham sintetizó las teorías dominantes en el siglo XVII, que históricamente se conocen bajo la denominación *de constituciones epidémicas*, y definió las enfermedades epidémicas como las determinadas por una alteración secreta e inexplicable de la atmósfera (LAÍN ENTRALGO, 1978). El

papel determinante que los médicos de los siglos XVII y XVIII atribuyeron al clima y al medio local en el origen y propagación de las enfermedades epidémicas constituyó el fundamento de las concepciones ambientalistas que inspiraron o derivaron, a finales del siglo de las luces, en las teorías higienistas. Los valedores del pensamiento higienista defendieron que la etiología de las enfermedades no radicaba únicamente en el clima y en las condiciones del medio natural, sino que otorgaban a las deficiencias higiénicas de las ciudades y a la escasez de recursos y la precariedad y dureza de la situación laboral en los inicios de la revolución industrial un papel determinante en el estudio de la salud de las personas. En coherencia con su pensamiento, los higienistas propusieron diversas medidas orientadas a mejorar la salud y las condiciones de vida de la población. Con este propósito, los médicos realizaron toda una serie de investigaciones de tipo sociológico y geográfico. Estas últimas fueron las geografías y topografías médicas, consistentes en estudios de tipo geográfico en los que sus autores plasmaban su concepción acerca del origen y propagación de las epidemias y de las enfermedades en general (URTEAGA, 1980). Las topografías médicas contenían abundante información histórica y geográfica sobre la ciudad, comarca o región concreta objeto de estudio, con particular atención a sus condiciones físicas y biológicas y, especialmente, al clima. Los autores de estos trabajos otorgaban al clima un papel tan decisivo en el mantenimiento del estado de salud de las personas que, ante la escasez o falta de estaciones meteorológicas antes de mediar el siglo XIX, se vieron con frecuencia en la necesidad de proceder, ellos mismos, a la realización de observaciones termométricas y pluviométricas.

La realización de topografías médicas gozó de gran predicamento durante todo el siglo XIX. Su máxima profusión coincidió con la propagación de las primeras investigaciones microbiológicas que socavaron los fundamentos del pensamiento ambientalista e higienista que entroncaba con la tradición hipocrática. No obstante, la probada validez de las nuevas concepciones científicas, sobre todo tras el éxito de las primeras vacunas, no faltaron autores dispuestos a defender las viejas concepciones seculares y a proseguir en la realización de nuevas topografías médicas hasta casi mediados del siglo XX, cuando el descubrimiento de las sulfamidas y de los primeros antibióticos y los consiguientes e insospechados logros en el combate de los trastornos producidos por gérmenes patógenos terminaron por enterrar todo planteamiento periclitado. No faltaron responsables de la salud pública que, des-

lumbrados por los avances en la lucha contra las enfermedades infecciosas, creyeran en la posibilidad de controlar estas patologías a corto plazo. A los éxitos conseguidos, contribuyó sin duda la mejora de la alimentación, la educación y la sanidad en los países más o menos desarrollados. El mantenimiento de unas determinadas condiciones higiénicas en beneficio de la salud, uno de los cimientos de las viejas doctrinas, en ningún momento fue olvidado por los defensores de las nuevas concepciones médicas, pero con un planteamiento acorde con los principios de sus investigaciones. En cambio, durante algún tiempo, dedicaron escasa atención al estudio de los posible impactos del clima y el tiempo en la salud.

2. TIEMPO, CLIMA Y SALUD EN EL MUNDO ACTUAL

Los progresos alcanzados en la lucha contra las enfermedades infecciosas, particularmente las epidémicas, que aportaron los descubrimientos médicos y farmacéuticos de finales del siglo XIX y primera mitad del XX, y la confianza, confundida por el deseo y la ilusión, de haber alcanzado un amplio o pleno dominio en la previsión y tratamiento de estas enfermedades explican que las investigaciones en las ciencias de la salud se orientaran, ya entrada la segunda mitad de la pasada centuria, hacia el estudio y el tratamiento de determinadas dolencias agudas, no infecciosas pero de suma gravedad, y de las crónicas en general, especialmente de las principales responsables de unas tasas de mortalidad crecientes en relación con las provocadas por las enfermedades infecciosas. El propio envejecimiento de la población que tuvo lugar como consecuencia de los susodichos avances, entonces todavía recientes, comportó un incremento de las afecciones crónicas, sobre todo de los padecimientos cardiovasculares, respiratorios, y de todo género de cánceres. Por otro lado, toda la serie de cambios sociales y económicos en la escala de valores y en los modos de vida y ocio que experimentaron los países más desarrollados propiciaron un incremento desmesurado de las dolencias funcionales y psiquiátricas, tan temidas algunas como los infartos de miocardio y las depresiones. Mientras tanto, el interés por el establecimiento de relaciones entre el clima y la salud, que había culminado a finales del siglo XIX, perdió su pasado protagonismo, tras la general aceptación de que los gérmenes eran los causantes de la mayor parte de las enfermedades y que podía afrontarse el tratamiento de éstas con medicamentos. Pero nuevos hechos y un mejor conocimiento de las posibilidades reales y límites en el

control de las enfermedades infecciosas, así como de la existencia de una mayor o menor, pero cierta, sensibilidad tanto de estas enfermedades como de las afecciones crónicas a los avatares atmosféricos propiciaron un renovado interés por el análisis de los efectos del clima en la salud.

La exagerada confianza en los, a todas luces, importantes descubrimientos médicos no tardó en atenuarse o ceder ante una concepción más acorde con la realidad. El uso desmedido de todo tipo de medicamentos bacteriostáticos y bacteriolíticos, sobre todo de antibióticos, pronto generó resistencias microbianas y, por consiguiente, perdieron la eficiencia que sorprendió a sus descubridores y primeros usuarios. Por otro lado, gran parte de la población mundial, particularmente la mayoría de los residentes en países del tercer mundo, participó en escasa o nula medida de los beneficios que, en los países desarrollados, alcanzaron a la casi totalidad de sus habitantes. Es por ello que enfermedades epidémicas seculares, como el paludismo o malaria, la esquistosomiasis y la filariasis afectan, anualmente, entre más de 100 millones de personas, esta última, y hasta 500 millones la primera. Junto a la persistencia de estas tres, entre otras, enfermedades epidémicas, surgieron nuevas patologías infecciosas, como el sida, descrita por primera vez en 1984, o el síndrome pulmonar por hantavirus, diagnosticado como tal en 1993, pero que algunas referencias parecen indicar existía ya en 1959, y el incremento de las afecciones crónicas, especialmente en los países que disponen de mejores condiciones médicas y sanitarias, requería no regatear esfuerzos en orden a arbitrar intervenciones eficaces en la prevención y tratamiento de todo tipo de enfermedades. La Organización Mundial de la Salud (OMS), al considerar que la salud no consiste en el simple ausencia de enfermedad o decaimiento, sino en un estado de completo bienestar físico, mental y social, reconoce, y así ha sido subrayado por BALBUS y WILSON (2000), que un conjunto de factores biofísicos, sociales, políticos y culturales contribuyen al mantenimiento de este estado. La acción de estos factores está condicionada en cada lugar por una serie de circunstancias determinantes, desde el estilo de vida, hechos culturales, movimientos migratorios y pautas de consumo, hasta las condiciones laborales, la exposición a medios contaminados y la eficacia de los sistemas sanitarios accesibles. La propia OMS, consciente tanto de la actual incapacidad para conseguir la erradicación o el control de las enfermedades epidémicas seculares y emergentes, como de la complejidad de las causas y factores que provocan o coadyuvan en el desencadena-

miento y evolución de estas afecciones y de las enfermedades crónicas, cada vez más frecuentes, particularmente en los países desarrollados, y preocupada por los impactos que podrían derivarse de un posible cambio climático, reconocido ya por algunos autores y previsto como próximo e inevitable por otros, convocó en 1993 una reunión de expertos en Ginebra para discutir y prever la hipotética o real incidencia de estos impactos en la salud. De esta forma, la OMS renovaba el interés por el estudio de los efectos del clima en la morbilidad y mortalidad humana, al que ya habían dedicado su atención, a mediados del decenio 1980-90, otros autores (WHITE y HERTZ-PICCIOTTO, 1985; KALKSTEIN y CORRIGAN, 1986; KALKSTEIN y VALIMONT, 1986), con una percepción de las posibilidades, pero también de las limitaciones, de la lucha contra las enfermedades más acorde con la realidad. Este mismo interés ha motivado la proliferación en los últimos años de trabajos dedicados a analizar la incidencia del tiempo atmosférico y el clima en la salud, principalmente en Estados Unidos, pero también en Europa, Japón y Australia. Muchos de estos trabajos tratan de prever las consecuencias para la salud que podrían ocurrir en el supuesto de que acaezcan los vaticinios anunciados mayoritariamente por los especialistas en el estudio de las variaciones climáticas, y la práctica totalidad de los restantes muestran una mayor o menor atención en el anuncio de tales consecuencias y, en unos y otros, puede apreciarse una intencionalidad práctica en tanto que aportan información y sugerencias en orden a evitar los efectos nocivos que pudieran darse e, incluso, para impedir o moderar los propios cambios, en la medida que puedan derivarse de la realización de determinadas actividades antrópicas susceptibles de ser modificadas o evitadas.

De acuerdo con las investigaciones realizadas, actualmente ha quedado fuera de duda la incidencia del clima en la salud humana. Por un lado, las condiciones atmosféricas medias de cada región o lugar condicionan la propia presencia o ausencia de unos u otros agentes causantes o transmisores de enfermedades y, por otro, determinados fenómenos atmosféricos excepcionales o poco frecuentes, especialmente los que provocan episodios termométricos o pluviométricos extremos y vientos fuertes, agravan afecciones crónicas y provocan lesiones de diversa importancia. La complejidad de las causas y de los factores que intervienen en todo proceso patológico, unida a la del propio organismo humano representa el primer y mayor obstáculo que debe afrontarse en todo análisis de las relaciones entre el clima y la salud. Unos

mismo episodios atmosféricos que son capaces de originar trastornos de mayor o menor gravedad o, incluso, la muerte a ciertas personas resultan absolutamente inocuos a otras. Esta aparente divergencia en los efectos provocados por un mismo evento meteorológico o climático se explica como consecuencia de las diferencias genéticas, así como las derivadas del medio familiar, social, cultural, laboral y económico en el que cada individuo desarrolla su vida. La acción conjunta de las diferentes causas y factores que concurren ordinariamente en el quebranto de la salud, aditiva unas veces, las más, aunque no siempre, y no raramente sinérgica, genera una diversidad de respuestas en las que al tiempo y al clima suele corresponder un protagonismo secundario, pero decisivo a veces en dolencias de diversa índole. Con el fin de facilitar la identificación y análisis de este protagonismo en su estudio sobre las posibles consecuencias para la salud humana del anunciado cambio climático, MCMICHAEL *et al.* (1996) propusieron una clasificación de los impactos achacables al tiempo y el clima en directos e indirectos. Los primeros comportan la acción de una o más variables atmosféricas sobre el organismo humano, mientras que los segundos comprenden los efectos inducidos por cambios provocados previamente por estas variables en otros organismos, en los sistemas geoquímicos o en las edificaciones y grandes infraestructuras. Esta distinción resultaría igualmente válida en un estudio de los efectos sobre la salud provocados por los episodios extremos de un clima supuestamente estable.

3. EFECTOS DIRECTOS DE LA VARIABILIDAD DEL CLIMA E IMPACTOS POTENCIALES DEL ANUNCIADO CAMBIO CLIMÁTICO

Los efectos directos del tiempo y el clima en el estado de bienestar físico y psíquico de las personas son en general provocados por episodios atmosféricos extremos, capaces de ocasionar esencialmente traumatismos y alteraciones fisiológicas de mayor o menor gravedad en el cuerpo humano. Su acaecimiento suele desencadenarse simultánea o inmediatamente después del evento atmosférico que los genera, salvo la mayor parte de las agresiones originadas por la radiación solar. Las temperaturas extremas, los episodios pluviométricos de excepcional intensidad y los vientos violentos compatibles con la variabilidad de un clima hipotéticamente estable y previsible en términos probabilísticos constituyen los principales fenómenos atmosféricos, compatibles con la variabilidad del clima, entendiendo como tal las os-

cilaciones en torno a unos valores medios en una escala anual o respecto a parámetros estimados sobre períodos convencionalmente fijados en tres decenios, que son susceptibles de provocar directamente una alteración del estado de salud de las personas, a los que cabría añadir determinados impactos relacionados con la radiación solar. La frecuencia e intensidad de los efectos provocados por estos mismos fenómenos puede sufrir alteraciones de mayor o menor trascendencia según el alcance de las previsiones ampliamente aceptadas de un cambio climático, que comportaría una modificación real y significativa de los parámetros climáticos.

3.1. EFECTOS PROVOCADOS POR LAS VARIACIONES DE LA TEMPERATURA DEL AIRE

El cuerpo humano, en su interior, precisa mantener una temperatura constante en torno a 37 °C, de manera que toda desviación de tan sólo medio a un grado de este umbral es indicativo de quebranto de la salud y difícilmente son compatibles con al vida ascensos o, mucho menos, descensos superiores a cinco grados. El mantenimiento de esta temperatura interna requiere la acción de determinados mecanismos o funciones fisiológicas para hacer frente a las condiciones atmosféricas cambiantes, capaces de reaccionar frente a las variaciones de la temperatura superficial del cuerpo, sensible a la que alcanza el aire en cada momento. La actividad física y la exposición a la radiación solar modifican la temperatura del cuerpo. El simple mantenimiento de las funciones metabólicas libera calor en el interior del propio organismo, incluso en estado de reposo, y el cuerpo pierde calor por radiación, convección y evaporación desde su superficie. La temperatura, el viento y la humedad condicionan esta pérdida que, en todo caso, requiere la acción de los mecanismos fisiológicos que la regulan. Pero la adaptabilidad fisiológica al medio ambiente no es ilimitada y su eficacia depende en gran medida de las particulares condiciones de cada individuo. Por este motivo, mientras unas personas soportan con facilidad determinados episodios termométricos, otras pueden sufrir, en idénticas condiciones, quebrantos en su salud de mayor o menor gravedad. Como es natural, las temperaturas atmosféricas extremas propician las alteraciones de la salud más sensibles o relacionadas con la eficacia de los procesos fisiológicos encargados de mantener constante la temperatura que garantiza el óptimo estado físico y mental de cada individuo y, en consecuencia, las alteraciones de esta naturaleza ocurren preferentemente en las estaciones extremas. En general, las personas

adultas y sanas suelen soportar las variaciones termométricas estacionales, incluso las más severas, sin mayor problema que la inevitable sensación de frío o de calor puedan acarrear. En cambio, quienes sufren determinadas afecciones crónicas, las clases marginales, además de los ancianos y los niños de corta edad son víctimas frecuentes de las temperaturas extremas, e incluso de las que tan sólo merezcan ser consideradas como relativamente altas o bajas en el lugar de residencia de dichas personas, motivo por el cual constituyen los denominados *grupos de riesgo*.

Las variaciones termométricas diarias pueden afectar la salud humana, pero los cambios estacionales constituyen un riesgo mayor para los grupos de riesgo, especialmente si padecen alguna enfermedad crónica de tipo cardiovascular o respiratorio, reuma, úlcera gástrica y herpes zóster. El origen de estas enfermedades suele ser complejo y no siempre bien o suficientemente conocido. El tiempo y el clima pueden coadyuvar en el agravamiento de estas enfermedades, incluso en su desencadenamiento, pero difícilmente constituyen su única causa. Por otro lado, la difusión de una enfermedad aguda epidémica, tan frecuente como la gripe, también se asocia con las temperaturas invernales. En cambio, algunos procesos patológicos típicos de la infancia son más frecuentes en verano y el cáncer no parece sensible a las oscilaciones termométricas.

La mayor mortalidad por todas las causas en los países desarrollados de las zonas templada y subtropical tiene lugar en invierno, cuando se suceden los tipos de tiempo más fríos y desciende a niveles mínimos a medida que la temperaturas ascienden hasta unos determinados umbrales situados entre 21 y 27 °C., según WHITE y HERTZ-PICCIOTTO, (1985), pero que, en criterio de KALKSTEIN (1993), son distintos según las condiciones geográficas de cada región. Por encima de estos umbrales, la mortalidad sufre un incremento creciente. En su estudio de la evolución de la mortalidad en Alemania a lo largo del año, LERCHL (1998) destacaba que, mientras las máximas tasas de defunciones ocurren entre los meses de enero y marzo, las mínimas tienen lugar entre los de julio y septiembre.

Existe, en definitiva una estacionalidad de la mortalidad total que puede explicarse por el impacto de las temperaturas en las enfermedades cardiovasculares y respiratorias, responsables en los países desarrollados de un número de defunciones superior al provocado por otras causas.

El estudio de los impactos de las temperaturas en la salud ha sido objeto de múltiples estudios en los últimos años. La mayoría se han limitado a

analizar las relaciones entre los cambios termométricos y la mortalidad. Lamentablemente son todavía escasos los que se han interesado en investigar la incidencia del frío o del calor en la morbilidad. Entre las aportaciones realizadas, parte se ocupan de los efectos achacables al frío (AIKMAN, 1997; DONALDSON *et al.*, 1998a; DONALDSON *et al.*, 1998b; EUROWINTER GROUP, 1997), mientras que otras atienden preferentemente de las acciones debidas al calor (CHESNUT *et al.*, 1998; KALKSTEIN y VALIMONT, 1986; MATZARAKIS y MAYER, 1997; NAKAI, ITOH y MORIMOTO, 1999; SMOYER, 1998).

El aumento de las enfermedades cardiovasculares en invierno puede deberse principalmente a un incremento de la formación de coágulos sanguíneos inducido por el frío y exacerbado en personas con infecciones respiratorias, tan frecuentes en invierno. Los fallecimientos por trastornos de este tipo también son más frecuentes durante la estación fría, en los que la preferencia de la población en general por la permanencia en ámbitos cerrados y escasamente ventilados propicia la transmisión de enfermedades infecciosas. Sin embargo, la relación entre las temperaturas de invierno y la mortalidad por afecciones respiratorias todavía mantiene algunas incertidumbres (MC-MICHAEL *et al.*, 1996). La constatación de la mayor incidencia de las muertes por fallos coronarios o infarto de miocardio ha sido puesta de manifiesto en distintos trabajos (MCGREGOR, 2001; DANET *et al.*, 1999; (ROBERT, KEENETH y PERRITT, 1999). El estudio de los padecimientos cardiacos crónicos ha merecido menor interés, pero su agravamiento también se intensifica en invierno (BOULAY *et al.*, 1999).

Aunque el verano sea la estación que registra unas menores tasas de mortalidad, las temperaturas manifiesta o excepcionalmente altas, lejos de mostrarse inocuas para la salud, son capaces de coadyuvar en el inicio y evolución de procesos patológicos de diversa gravedad, susceptibles, en casos extremos, de concluir con un final irremediable. Mientras que es posible establecer una correlación lineal negativa entre las temperaturas diarias y la mortalidad durante los meses fríos, el impacto del calor en el organismo humano resulta menos simple. La mortalidad por todas las causas, como ya se ha señalado, suele ser menor durante los meses de verano, pero los ascensos extremos de las temperaturas que constituyen las denominadas olas de calor provocan significativos incrementos de la mortalidad. Esto sucede, tal como se ha indicado anteriormente, cuando las temperaturas sobrepasan unos determinados umbrales propios de cada lugar. Una vez sobrepasados estos umbrales, la mortalidad aumenta significativamente. Es preciso destacar, ade-

más, que la correlación estadística de las temperaturas mínimas de los días cálidos con la mortalidad suele resultar más significativa que la existente entre los máximos ascensos termométricos diarios y el número de fallecidos, de lo que parece inferirse que el organismo humano es más sensible a las temperaturas mínimas de los días más cálidos, normalmente registradas durante la noche o al amanecer, que a los máximos ascensos termométricos generalmente alcanzados durante las primeras horas de la tarde (KALKSTEIN, 1989).

Tanto la mortalidad relacionada con el frío como con el calor afecta en mucha mayor medida a los grupos de riesgo, especialmente a los ancianos, que a las personas adultas sanas, provistas de recursos para adaptarse a las condiciones termométricas cambiantes.

La constatación de un moderado calentamiento del planeta durante el siglo XX, estimado en un incremento de las temperaturas medias cifrado entre 0,3 y 0,6 °C. está fuera de dudas. El origen de este calentamiento en las modificaciones de la composición de la baja y media atmósfera resultantes de la realización de determinadas actividades antrópicas, cuya actividad, lejos de moderarse, muy probablemente se verá incrementada a lo largo de la nueva centuria, ha permitido prever un incremento de las temperaturas medias que la mayor parte de la comunidad científica internacional y, particularmente, el último informe del IPCC estima entre 1,4 y 5,8 °C para el año 2100, en el supuesto de no llegar a una regulación drástica de las actividades potencialmente responsables de los cambios anunciados.

Un incremento de las temperaturas es previsible que comporte una mayor frecuencia e intensidad de las olas de calor, cuyo impacto en la mortalidad podría acarrear episodios tan graves o más que el padecido por Chicago durante cinco días el año 1995, que provocó al menos 700 defunciones (PATZ *et al.*, 2000). El posible incremento de la mortalidad por las olas de calor habría de castigar en mayor medida a las ciudades debido no sólo a la potenciación de las temperaturas por el conocido efecto de *isla de calor urbana*, sino también a la exacerbación del impacto de los contaminantes atmosféricos. De proseguir el calentamiento, es posible esperar una adaptación de organismo humano a las nuevas condiciones climáticas que, en opinión de KALKSTEIN (1993) podría moderar los presagios más pesimistas. Si, además de las temperaturas medias, se produjera un incremento de su variabilidad, sus efectos resultarían imprevisibles.

En contrapartida, cabe esperar una menor agresividad para la salud de las temperaturas invernales y, en consecuencia, un descenso de la mortali-

dad durante los meses fríos. La reducción de las máximas tasas de mortalidad se debería principalmente a una disminución del número y gravedad de las afecciones cardiovasculares, así como de la neumonía, la gripe y las enfermedades pulmonares crónicas obstructivas. El posible descenso de la mortalidad durante los meses fríos beneficiaría principalmente a las personas que integran los denominados *grupos de riesgo*, sobre todo a las personas de mayor edad, víctimas preferentes de estos trastornos patológicos. El alcance del descenso de fallecimientos que habría de comportar una suavización de las temperaturas invernales es de muy difícil previsión y motivo de desacuerdo entre especialistas. Así, mientras KALKSTEIN (1993) cree que el cambio climático no afectará a las enfermedades infecciosas y la reducción de la mortalidad en invierno será mínima, LANGFORD y BENTHAM (1995), en su trabajo dedicado al estudio de los efectos sobre la salud que pueden derivarse de un potencial cambio climático en Inglaterra y Gales, concluyen que el decrecimiento de la mortalidad será importante. BALBUS y WILSON (2000), por su parte, aluden a resultados discrepantes defendidos por los autores de diferentes estudios realizados en Estados Unidos.

3.2 EFECTOS RELACIONADOS CON LAS TEMPESTADES Y LAS PRECIPITACIONES EXTREMAS

Los vientos excepcionalmente fuertes que caracterizan las tempestades más violentas y las precipitaciones extremas, sea por su excepcional intensidad, sea por su prolongada carencia, constituyen el origen más frecuente de los desastres naturales, causantes de cuantiosos daños materiales y, lo que es más grave, de la pérdida de numerosas vidas. Los estragos desencadenados por episodios de este tipo adquieren ocasionalmente la condición de auténticas catástrofes, razón por la cual han sido calificados, no siempre con suficiente propiedad, desastres naturales. Aunque su desencadenamiento está condicionado por los avatares del tiempo y el clima, la importancia de los perjuicios humanos y económicos depende en gran medida de circunstancias resultantes de determinadas actividades antrópicas, con frecuencia consistentes en ocupaciones y usos del suelo forzados por una excesiva presión demográfica, pero inadecuados y previsibles.

Las tempestades son fenómenos originados bajo condiciones sinópticas de gran inestabilidad que se manifiestan con vientos fuertes, acompañados en muchos casos de precipitaciones intensas. Los ciclones tropicales causan las tempestades más violentas y representan un gran riesgo para la vida e

integridad física de las personas. Nacen sobre mares próximos a las costas orientales de los dominios continentales tropicales y subtropicales y generan vientos de velocidad superior a 120 kilómetros por hora. Posteriormente se desplazan hacia tierra firme donde ocasionan los mayores daños. En América son conocidas como huracanes y en Asia con el nombre de tifones. El número de fallecimientos en los episodios más mortíferos provocados por acción directa de ciclones tropicales, incluidos tanto los conocidos únicamente bajo esta denominación como los huracanes y los tifones, acaecidos durante el siglo XX, que muestra la tabla 1 pone de manifiesto la incidencia del este tipo de tempestades en la salud. A falta de datos sobre el total de personas afectadas por traumatismos provocados por los mismos episodios causantes de estos óbitos, no es difícil suponer que su cuantía fue muy superior a la de quienes perdieron su vida durante y en los primeros días posteriores a la presencia del fenómeno atmosférico causante de los males y que, posiblemente, a medio o largo plazo, acabaron por engrosar la mortalidad relacionada con cada uno de ellos. Es más, entre la enorme cantidad de personas afectadas, muchas sin duda sufrieron una merma en sus disponibilidades sanitarias, higiénicas y alimenticias, tras la destrucción de hogares e infraestructuras de todo tipo, particularmente de servicios hospitalarios y de suministro de agua, así como de cosechas y de almacenes de alimentos que hubieron de repercutir indirecta, pero drásticamente, en su salud.

Pais o región	Fecha	Número de muertos
Bangladesh	12 noviembre 1970	300.000
Bangladesh	30 abril 1931	138866
China	27 julio 1922	100.000
Bangladesh	octubre 1942	61.000
India	? 1935	60.000
China	? agosto 1912	50.000
India	14 octubre	40.000
Bangladesh	11 mayo 1965	35.000
América central	26 octubre 1998	14.600
India	12 noviembre 1977	14.204

Tabla 1: Máximos totales de mortalidad provocada directamente por ciclones tropicales, incluidos huracanes y tifones, durante el siglo XX. Fuente: EM-DAT:OFDA/CRED. <http://www.cred.be/emdat> (octubre 2001)

Las tempestades causadas por tormentas tropicales son menos violentas que las debidas a los más intenso ciclones que se desarrollan en estas latitudes. No obstante, son capaces de provocar graves daños a la salud y, lo que es peor, mortalidades tan elevadas como la padecida por Haití en noviembre de 1994, que totalizó 1.122 muertos, las que terminaron con la vida de 1.000 personas en Filipinas cada uno de los años 1983 y 1984, o los cinco episodios sufridos por Bangladesh entre los años 1973 y 1996, que supusieron en total la pérdida de 3250 vidas humanas.

Las zonas extratropicales no están exentas de tempestades causantes de víctimas mortales y daños de la más diversa índole. Las más violentas de las tempestades que tienen lugar en estas zonas son los tornados, capaces de generar vientos de velocidad superior a 500 kilómetros por hora. A pesar de su corta duración y de la limitada longitud de su radio, los tornados están dotados de una gran capacidad destructiva capaz de provocar, en casos extremos, decenas o centenares de víctimas mortales e incontable número de lesionados. La cuenca del Mississippi es la región del mundo más castigada por los tornados, donde cada año se originan entre unos cien y varios centenares. Los acaecidos en 1925 causaron unos 700 muertos y 600 los ocurridos en 1984. Otros cinco años del siglo XX han registrado más de un centenar de muertos directamente causados por tornados en Estados Unidos. Las listas anuales de daños provocados por estas tempestades en otros países durante la última centuria también cuentan con un número de pérdidas de vidas humanas superior a cien en países como la India, en tres ocasiones, Bangladesh, en dos, Rusia, islas Comores, Senegal y Canadá, en una. No es raro, pero tampoco muy frecuente que las tempestades extratropicales, salvo los tornados, acarreen centenares de muertos. Sin embargo, el Reino Unido sufrió en 1952 un total de 4.000 muertos a consecuencia de los efectos de una de tales tempestades, según datos obtenidos de EM-DAT (<http://www.cred.be/emdat>; junio 2001).

Las precipitaciones de excepcional intensidad constituyen el origen más frecuente de las inundaciones, aunque aportaciones pluviométricas no extraordinariamente fuertes, pero persistentes durante varios días seguidos pueden dar lugar también al desbordamiento de los ríos. Ningún otro fenómeno relacionado con las variaciones atmosféricas a corto plazo ha provocado tan enorme número de fallecimientos y daños directos e indirectos a la salud y a los bienes materiales de todo tipo como las inundaciones. Sin em-

bargo, es muy difícil establecer qué parte de la responsabilidad del acaecimiento de tales daños o, al menos, de su medida, corresponde a un hecho natural o a actuaciones indebidas sobre el medio, especialmente asentamientos frágiles en áreas de evidente riesgo, condicionadas por fuertes presiones demográficas y sociales.

Por otro lado, tampoco resulta sencillo dilucidar qué porcentaje de los males son achacables exclusivamente a unas precipitaciones extremas y qué otro a los vientos de excepcional intensidad provocados por las mismas tempestades, las cuales, a su vez, originan, en la mayor parte de los casos, las precipitaciones causantes de inundaciones catastróficas. Independientemente del porcentaje de intervención de cada fenómeno en los males desencadenados y de la responsabilidad que corresponda a las ocupaciones inadecuadas del suelo, los daños acarreados por las inundaciones llegan a estimarse en cantidades exorbitantes. Sin duda merecen esta consideración los 3.700.000 de muertos ocasionados en China por las inundaciones sufridas el año 1931. Este mismo país vio perecer a 2.000.000 de sus habitantes el año 1959 por el mismo motivo y registró pérdidas de entre 100.000 y 500.000 vidas humanas cada uno de otros cinco años del siglo XX. Fueron muchos los países que padecieron muertes achacables a inundaciones durante los últimos cien años, pero los episodios de este tipo que mayor impacto tuvieron para la vida humana, tras los acaecidos en China, ocurrieron en Guatemala, Venezuela y Bangladesh. Todos estos países soportaron inundaciones portadoras de entre 10.000 y 50.000 óbitos y ninguno o pocos fueron los dominios o regiones continentales, tanto de las zonas tropicales como templadas, que no contabilizaron un mayor o menor número de pérdidas humanas y abundantes personas traumatizadas por el desbordamiento de sus ríos.

Recientes estudios han puesto de manifiesto la existencia de una estrecha relación entre el fenómeno conocido como El Niño o ENSO y los efectos acarreados por episodios atmosféricos extremos en la salud (DÖAZ *et al.*, 2001; BOUMA *et al.*, 1997; TREBERTH, 1999) y, en general, puede esperarse que el incremento general de las temperaturas del aire en los próximos decenios, que vaticinan especialistas sin otro desacuerdo que la estimación del alcance anunciado, previsiblemente comportará un incremento de las precipitaciones y del ciclo hidrológico. Los ensayos en la aplicación de modelos concebidos para anticipar la posible evolución futura del tiempo y el clima advierten que este incremento se manifestará además con una intensificación de las precipitaciones extremas (HENNESSY, GREGORY y MITCHELL, 1997;

MCGUFFIE *et al.*, 1999). De cumplirse estos presagios, cabría esperar una mayor frecuencia e intensidad de las precipitaciones extremas y, en consecuencia, de las inundaciones catastróficas, cuya gravedad, por otro lado, dependería también de la ocupación del suelo, respecto a la que no resultaría fácil corregir los presentes despropósitos, ni, posiblemente, evitar su proliferación, aunque esta tarea pueda parecer más viable que la de impedir el susodicho cambio climático. Si los asentamientos en áreas con alto riesgo de sufrir inundaciones explican en gran medida la vulnerabilidad en el pasado de la población frente a episodios de esta naturaleza, es previsible que futuras variaciones en el uso de estas áreas representen, en tiempos venideros, un papel tan importante o más que los cambios relacionados con el clima en la determinación de la magnitud de los desastres que comporten los episódicos desbordamientos de ríos. Por este motivo, será necesario que las investigaciones orientadas a anticipar modelos de cambio climático en lo que respecta a la intensidad y recurrencia de las precipitaciones extremas, se complementen con estudios sobre las relaciones entre los fenómenos naturales, esencialmente atmosféricos y topográficos, y determinadas acciones antrópicas, sobre todo las relativas a la ocupación de las áreas de mayor riesgo y la calidad de las edificaciones, si se desea prever el alcance estimativo de los impactos de los episodios atmosféricos extremos en la salud con el firme propósito de mermar su magnitud.

3.3 EL DESCENSO DE LA CONCENTRACIÓN DE OZONO EN LA ESTRATOSFERA Y LOS EFECTOS DE LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

El ozono presente en la estratosfera desempeña un papel esencial para la vida sobre la tierra al regular la proporción de radiación solar ultravioleta que alcanza la superficie de ésta con relación a la incidente en la atmósfera superior. Una exposición moderada a la acción de la radiación solar y en particular a la de la fracción ultravioleta no sólo es compatible con la salud, sino necesaria para su mantenimiento, por su intervención en la síntesis de vitamina D, esencial para el mantenimiento de la tasa de calcio en la sangre y la conservación y protección del sistema óseo. La carencia o insuficiente aportación mínima de los efectos de la radiación ultravioleta incluso se ha llegado a relacionar con el desarrollo de algunas leucemias agudas (TIMONEN, 1999). Sin embargo, son mucho más frecuentes los impactos en la salud provocados por una excesiva exposición del organismo humano a la acción

de esta fracción de la radiación solar. De las tres bandas en que se considera subdividida la radiación ultravioleta, la de menor longitud, la C, es absorbida en su casi totalidad por el ozono estratosférico, el cual impide además la llegada a la troposfera de aproximadamente tres cuartas partes de la banda B, mientras que la banda A, la potencialmente menos nociva, alcanza con facilidad la baja atmósfera ya que su paso a través de la estratosfera tan sólo se ve alterado por una absorción insignificante o nula. Todo incremento de la tasa de radiación ultravioleta de la banda B puede causar daños en los ojos, la piel y el sistema inmunológico (LONGSTRETH, 1991).

La acción de la radiación ultravioleta sobre los organismos vivos ha sido analizada experimentalmente en laboratorios. Los estudios realizados han puesto de manifiesto su impacto sobre las moléculas de ácido desoxirribonucleico, particularmente ejercido por las bandas de menor longitud de onda y, en menor medida, por la banda A. El mayor riesgo real de la exposición desmesurada a la radiación solar es el representado por la banda B, ya que la C, como se ha indicado, es prácticamente incapaz de atravesar la estratosfera.

Los impactos más frecuentes de la radiación ultravioleta sobre la salud se materializan en tres sistemas orgánicos, los ojos, el sistema inmunológico y la piel. Muchas de las enfermedades oculares no son ajenas a los efectos de la radiación. Aunque la córnea y el cristalino absorben casi toda la radiación ultravioleta de menor longitud de onda, de manera que es muy reducida la que alcanza la retina, las exposiciones agudas a la radiación ultravioleta son causa frecuente de fotoqueratitis, sobre todo entre practicantes de deportes realizados al aire libre y, en primer lugar, entre esquiadores. Estas lesiones pueden, en casos extremos, ser causa de ceguera permanente. Entre las diversas patologías sensibles a los efectos de la radiación, cabe destacar, por su gravedad, el cáncer de conjuntiva y de córnea y los melanomas intraoculares, y, por su frecuencia, las cataratas, que afecta a una importante proporción de personas mayores de 60 años y son responsables de la primera causa de ceguera en el mundo, especialmente en países carentes de recursos para atender médica y quirúrgicamente a todas las personas que padecen esta enfermedad.

La piel acoge células del sistema inmunológico que condicionan las respuestas de este sistema contra las acciones agresivas de agentes externos o contra la ejercida por las células de la propia piel alteradas por efecto de infecciones víricas o transformadas en células cancerosas. Por acción de la radiación ultravioleta, una gran parte de las proteínas de las células superfi-

ciales encargadas de discriminar entre las células propias y las extrañas al organismo sufren una alteración que compromete la función inmunológica hasta el punto de mermar su eficacia, lo cual comporta una disminución de las defensas naturales del organismo contra la mayoría de las enfermedades, tanto infecciosas como cancerosas. Sin embargo, algunos estudios sugieren un posible efecto beneficioso de la radiación solar en algunos casos de sida que contrastan con opiniones defendidas con anterioridad y precisan ser confirmados (LONGSTRETH *et al.*, 1998).

Las quemaduras constituyen sin duda las lesiones agudas más frecuentes provocadas por acción de la radiación solar en la piel. El pronóstico de la mayoría de estas quemaduras suele ser benigno, pero exposiciones prolongadas pueden, no raramente, acarrear serias complicaciones y, en casos extremos, provocar lesiones graves y, excepcionalmente, incluso la muerte. El envejecimiento precoz de la piel es manifiesto en personas expuestas repetidamente durante años a los rayos solares por razones profesionales, como es el caso de los agricultores y pescadores, o por razones sociales, particularmente quienes voluntariamente optan en su tiempo de ocio por permanecer en lugares soleados, a veces incluso durante las horas en que la acción de la radiación resulta potencialmente más peligrosa. Pero los impactos a largo plazo más temibles radican en la capacidad de la radiación ultravioleta de intervenir en la transformación maligna de determinadas células cutáneas que sucede en el desarrollo de tres tipos de cáncer, los carcinomas basales, los esquistomatosos y los melanomas cutáneos. Los dos primeros son el resultado de la transformación maligna de los queratocitos, la mayor estructura celular de la piel y, con mucho los más frecuentes, sobre todo el carcinoma basal. El melanoma cutáneo únicamente representa en torno al tres por ciento de los cánceres relacionados con la radiación solar, pero es responsable de la mayor parte de muertes debidas a estas enfermedades.

En definitiva, los impactos en la salud humana relacionados con la exposición a la radiación solar son suficientemente preocupantes como para que la constatación de un progresivo debilitamiento de la concentración de ozono en la estratosfera durante los últimos decenios y la probable continuidad de esta tendencia decreciente en los próximos años constituyan una nueva amenaza para la salud que ha sido puesta de manifiesto en múltiples estudios (JEEVAN y KRIPKE, 1993; LAST, 1993; LLOYD 1993; GRUIJL, 2000). El establecimiento de la relación existente entre la proliferación del uso de los

halocarburos como propelentes de aerosoles e integrantes principales de los equipos de refrigeración, en la segunda mitad del pasado siglo, con el debilitamiento de la proporción de ozono presente en la estratosfera supuso un señal de alarma y motivo de discusión en diferentes reuniones internacionales antes de 1985, cuando el Convenio de Viena adoptó medidas encaminadas a frenar este debilitamiento. Posteriores acuerdos internacionales como el protocolo de Montreal, en 1987, y las enmiendas de Copenhague, en 1992 y Viena, en 1995, reforzaron las medidas orientadas al mismo objetivo, lograron un recorte substancial y acordaron interrumpir la producción de los más peligrosos de esta familia de gases, que no se hallan en la naturaleza y fueron sintetizados por primera vez el tercer decenio del siglo XX, y prever el fin de la producción de los menos temibles, pero no inocuos, en los primeros decenios de la actual centuria.

4. EFECTOS INDIRECTOS

Uno de los rasgos identificativos más característicos de los impactos directos y nocivos del tiempo y el clima en el organismo humano es la inmediatez o escaso espacio de tiempo transcurrido entre el acaecimiento de los fenómenos atmosféricos susceptibles de dañar el estado de bienestar físico y psíquico de las personas y el advenimiento de los efectos provocados. Si no es fácil, y así se ha señalado anteriormente, precisar en qué medida los males achacables a avatares atmosféricos son debidos exclusivamente a hechos meteorológicos o climáticos y cuál es la responsabilidad atribuible a determinadas acciones antrópicas relacionadas con el uso del suelo y la ocupación del espacio, mucho más complejo resulta el establecimiento y análisis de los efectos indirectos. La acción de estos últimos implica múltiples variables y suele manifestarse con un mayor o menor retraso respecto a los fenómenos atmosféricos causantes, que generalmente contrasta con la inmediatez de los efectos directos. La propia delimitación entre efectos directos e indirectos resulta, en determinados casos, imprecisa, de manera que parecería vano todo intento de establecer una clasificación precisa, máxime si se tiene en cuenta que unos mismos acontecimientos meteorológicos o climáticos son capaces de provocar tanto efectos directos como indirectos. Así las variaciones termométricas y los episodios relacionados con la intensidad y frecuencia de las precipitaciones, causa de la mayoría los impactos directos más violentos, pueden situarse en el origen del desencadenamiento de efectos indirectos tan

graves como los acarreados por las sequías prolongadas, portadoras de alteraciones en los sistemas ecológicos y en el suministro de alimentos y agua, la exacerbación de la contaminación atmosférica urbana y la propagación de enfermedades contagiosas por medio de vectores.

4.1 CLIMA Y DISPONIBILIDAD DE ALIMENTOS Y AGUA

Es obvio que el acceso a una alimentación sana y suficiente condiciona la salud humana y que la producción de alimentos depende de las condiciones atmosféricas. Desgraciadamente, existe una carencia crónica de alimentos para satisfacer la demanda y necesidades vitales de amplios sectores de la población mundial. Entre aproximadamente 500 y 1.000 millones de personas no tiene acceso a una nutrición suficiente y el número de hambrientos aumenta cuando suceden determinados episodios atmosféricos. La producción agrícola y ganadera es sensible a las temperaturas, pero, sobre todo, a las precipitaciones, especialmente a su escasez o carencia.

Las precipitaciones de excepcional intensidad aludidas anteriormente como causantes de daños directos a la salud humana también provocan la destrucción frecuente de cosechas en países carentes de medios para suplir su pérdida y, en consecuencia, provocan indirectamente deficiencias alimenticias, principalmente en comunidades asentadas en las superficies más castigadas por las inundaciones. Pero las carencias alimenticias origen de mayores daños indirectos para la salud suelen estar relacionadas con la falta persistente de precipitaciones. Las sequías resultantes de la escasez prolongada de aportaciones pluviométricas castigan preferentemente a una serie de países faltos de recursos, donde amplios sectores poblacionales son víctimas de una alimentación insuficiente. Las carencias nutricionales agravadas por las sequías pueden ocasionar graves impactos en la salud y la muerte por inanición, pero, sin llegar a este extremo, la disminución extrema de unas aportaciones alimenticias ordinariamente deficitarias comporta una pérdida de la capacidad de los afectados para enfrentar su organismo a las agresiones de los más diversos agentes patógenos e, incluso, para el desarrollo de cualquier actividad o trabajo necesario para la búsqueda de alternativas ante situaciones catastróficas. La escasez en el suministro de agua potable agudiza los daños que comporta la insuficiencia de alimentos provocada por las sequías. La ingestión de aguas contaminadas y el progresivo empeoramiento de las condiciones sanitarias propicia la propagación de enfermedades infec-

ciosas con frecuentes resultados de muerte. La falta de alimentos frescos que aportan vitaminas y micronutrientes provoca, en primer lugar, frecuentes enfermedades gastrointestinales, respiratorias y oculares. La persistente carencia de alimentos y de agua desencadena el inicio y desarrollo de una serie de síntomas que empiezan con la pérdida de peso, seguida de debilidad, indolencia, limitación de toda actividad, seguida, paradójicamente, de anorexia y, a falta de tratamiento, de la muerte. La tabla 2 muestra el número de fallecimientos atribuidos a las mayores catástrofes provocadas por sequías durante el siglo XX. Por más que sea extraordinariamente difícil diagnosticar y contabilizar con precisión las defunciones originadas por las sequías y que las cifras señaladas en esta tabla deban interpretarse como estimativas, su magnitud refleja ostensiblemente la dimensión de los impactos que provocan. Posiblemente esta dimensión se vería incrementada en el supuesto de que fuera factible una evaluación del envejecimiento acarreado por semejantes episodios catastróficos y la reducción de la esperanza de vida entre los sobrevivientes víctimas de lesiones irreversibles.

País	Año	Número de muertos
China	1928	3.000.000
India	1942	1.500.000
India	1900	1.250.000
Unión Soviética	1921	1.200.000
India	1965	500.000
India	1966	500.000
China	1920	500.000
India	1967	500.000
Etiopía	1984	300.000
Etiopía	1974	200.000

Tabla 2: *Mortalidades máximas provocadas por sequías durante el siglo XX.* Fuente: EM-DAT:OFDA/CRED <http://www.cred.be/emdat> (octubre 2001)

Las consecuencias que la evolución del clima en los próximos decenios pueda comportar para la producción de alimentos son de muy difícil o imposible predicción, máxime si se pretende evaluar los impactos indirectos susceptibles de afectar la salud humana. Las proyecciones de futuro en cuan-

to a la evolución del clima propuestas por la comunidad científica, de cuyo máximo exponente son fiel reflejo los informes del IPCC, prevén la continuidad del calentamiento general del planeta constatado a lo largo del siglo XX, especialmente manifiesto en su último decenio, pero las previsiones en cuanto a la evolución de las precipitaciones no están exentas de incertidumbres, sobre todo en cuanto a la posible frecuencia de episodios extremos y a las potenciales diferencias y contrastes inter e intrazonales. Los escenarios sobre cambios climáticos definidos a partir de la aplicación de modelos realizados en los últimos años no deben ser considerados como auténticos predictores del clima futuro (HULME y BROWN, 1998). Sin embargo, no faltan las previsiones establecidas a partir de modelos que definen modificaciones del clima a partir de supuestos incrementos de gases con efecto invernadero, especialmente dióxido de carbono, en la atmósfera. Algunos de los estudios realizados anuncian un incremento general de las precipitaciones extremas (ZWIERS y KHARIM, 1998), otros aluden a un posible incremento de las sequías de verano en latitudes medias y altas, compatible con un mantenimiento de los promedios pluviométricos, debido a que la intensa evaporación provocada en primavera e inicios de verano por unas temperaturas en previsible aumento agotaría la humedad del suelo y, por tanto, reduciría la tasa de evaporación durante los meses más cálidos de verano (WETHERALD y MANABE, 1995). Los anuncios de futuros problemas relacionados con la intensidad y frecuencia de las precipitaciones provocados por la posible incidencia de determinadas acciones antrópicas sobre el sistema climático, agravadas como consecuencia de frecuentes despropósitos en la ocupación y uso del suelo, son especialmente preocupantes en países tradicionalmente castigados por episodios atmosféricos extremos, como Bangladesh (ALI, 1999), Etiopía (HAILEMARIAM, 1999), Yemen (ALDERWISH y AL-ERYANI, 1999) o Malawi (MKANDA, 1999). Las mayores dificultades anunciadas no sólo para estos y muchos otros países de latitudes bajas, sino también para territorios de latitudes medias radicarán en problemas relacionadas con la frecuencia e intensidad de las precipitaciones (GREGORY, MITCHELL y BRADY, 1997). El posible incremento del rigor de las sequías con las consiguientes carencias en la provisión de alimentos y disponibilidad de agua habrían de suponer efectos indirectos sobre la salud de incalculable importancia. Un incremento de los episodios pluviométricos de excepcional violencia, posible dentro de unas previsiones que vaticinan una mayor abundancia de los fenómenos

atmosféricos extremos, habría de comportar inundaciones, con los consiguientes daños para la salud anteriormente subrayados.

Supuesto un incremento de las temperaturas, que parece muy probable, una mayor frecuencia los episodios pluviométricos extremos, origen de sequías rigurosas e inundaciones violentas, y un aumento de las precipitaciones en amplios sectores de latitudes medias y altas, KASPERSON y KASPERSON (2001) prevén una reducción de las cosechas en las zonas tropicales y subtropicales, así como en muchas regiones de latitudes medias y, al mismo tiempo, un incremento del rendimiento agrícola en algunas áreas extratropicales. Por otro lado, el incremento de dióxido de carbono en la atmósfera puede suponer un factor favorable para la producción agraria, porque reduce la apertura de los estomas de las plantas y, en consecuencia, los requerimientos de agua para la evapotranspiración y, además, desempeña un efecto fertilizante. Este efecto, según se ha comprobado experimentalmente, será beneficioso sobre todo para plantas tan importantes en la alimentación humana como el trigo, el arroz, las patatas y la soja, pero escasamente eficaz para los cultivos de mijo, sorgo, maíz y caña de azúcar (MCMICHAEL *et al.*, 1996).

Si no resulta fácil prever los efectos de los posibles cambios climáticos en la fisiología vegetal, menos sencillo parece la formulación de conjeturas acerca de los posibles daños o beneficios que podría reportar tales cambios en los agentes vivos que dañan los cultivos, especialmente microorganismo e insectos, pero cabe más bien esperar perjuicios que resultados provechosos de una posible alteración de los ecosistemas generada por cambios ambientales.

La pesca representa una parte significativa de la alimentación de los habitantes de muchas regiones. Entre algunas sociedades residentes cerca del litoral en países africanos, como Nigeria, supone hasta un tercio del aporte de proteínas. Por este motivo, la vulnerabilidad de las especies pesqueras al clima constituye una amenaza para la alimentación de las sociedades que dependen significativamente del suministro de pescado para sus dietas y carecen de medios para su substitución por otros productos proteicos. A la sobreexplotación de los recursos marinos en los últimos años, pueden sumarse en los próximos los posibles impactos que los cambios climáticos sean capaces de provocar en la pesca de formas muy diversas. Una disminución de los vientos reduciría la elevación de las aguas frías ricas en nutrientes, mientras que una intensificación de los vientos comportaría una dispersión excesiva de larvas y partículas alimenticias. Cambios en las temperaturas de las aguas

y en las corrientes marinas dependientes de éstas provocarían, en primer lugar, los consiguientes problemas en el suministro de nutrientes y, en segundo término, un desplazamiento de las especies. Este desplazamiento, aun en el supuesto de no mermar la reproducción y mantenimiento de las especies, supondría un trastorno para las sociedades dependientes de la producción de unos determinados bancos pesqueros para su manutención y amenazaría la continuidad de los ya abundantes acuacultivos, esenciales en la alimentación entre sociedades del SE de Asia y Filipinas. Por otro lado, el debilitamiento de la concentración de ozono en la estratosfera y el consiguiente incremento de la radiación ultravioleta incidente en las aguas marinas representaría una merma en la producción de zooplancton, base esencial en la alimentación directa o indirecta de las restantes especies marinas y algunas aves. Evitar los efectos negativos en el suministro de pescado requiere un esfuerzo en la investigación e instalación de auténticos cultivos o granjas marinas dedicadas a su cría, con el fin de facilitar las posibilidades futuras de adaptación de la producción a los cambios climáticos que pueden acaecer.

4.2 ELEVACIÓN DEL NIVEL DEL MAR

El nivel del mar ha experimentado una elevación media cifrada entre 1 y 2,5 mm año⁻¹ a lo largo del siglo XX. A partir de mediciones realizadas en el noroeste de Europa, SÜNDERMANN *et al.* (2001) estiman que la elevación total durante el siglo se sitúa entre 20 y 30 centímetros. Las variaciones del nivel del mar se deben a causas diversas, todavía no suficientemente claras, pero fundamentalmente tectónicas y climáticas. El calentamiento atmosférico contribuye a la fusión de los hielos polares y a la expansión de los océanos, y los propios cambios termométricos y de la presión atmosférica y los vientos condicionan las corrientes marinas y el nivel de las aguas.

Un incremento significativo del nivel del mar puede acarrear la invasión de espacios habitados y de tierras cultivadas, razón por la cual representa una amenaza para múltiples sociedades instaladas cerca del litoral. El deterioro y destrucción de manglares y marismas supondría además un impedimento a sumar a las anteriormente aludidas dificultades que el anunciado cambio climático habría de suponer para el mantenimiento de la producción pesquera. Precisamente las regiones costeras o no lejanas del mar acogen las mayores concentraciones de población, entre las que predominan pueblos carentes de recursos para hacer frente a situaciones que provoquen una

intensificación de la presión sobre el medio. El riesgo es extremo en países insulares de reducida extensión, como los que abundan en el Pacífico (MIMURA, 1999), para los que puede generar la existencia de tensiones violentas entre sus habitantes obligados a compartir un espacio progresivamente decreciente e, incluso, la emigración en su totalidad ante la no descartable amenaza de su completa desaparición. Las pérdidas y daños para la salud resultarían interminables. Así, un reciente trabajo estima que una elevación del nivel del mar de un metro supondría la inundación de la mayor parte de la capital de Gambia (JALLOW *et al.*, 1999). La salud de los habitantes de este país y otros del continente africano faltos de recursos de todo tipo podrían alcanzar dimensiones catastróficas. Por más que la elevación del nivel de las aguas se efectuara a un ritmo compatible con la adopción de todo tipo de medidas, la extrema carencia de medios que actualmente padecen las sociedades menos desarrolladas no permiten prever que sean capaces de evitar impactos en la salud de todas las personas afectadas.

4.3 AGENTES PATOGENÉTICOS CONDICIONADOS POR EL CLIMA

Muchas enfermedades causadas por microorganismos son transmitidas por vectores biológicos. Éstos, invertebrados en su gran mayoría, son sensibles, en primer lugar, a las temperaturas, pero también a la humedad del aire, las precipitaciones y los vientos. Precisamente por este motivo, a los impactos indirectos susceptibles de ser desencadenados por hechos y fenómenos inicialmente atmosféricos, hay que añadir los provocados por la acción de los potenciales cambios climáticos sobre los vectores patógenos.

Algunas de las enfermedades transmitidas por vectores que previsiblemente puedan estar afectados por una modificación de las condiciones climáticas están clasificadas por la Organización Mundial de la Salud como las causantes de mayor número de quebrantos a la salud en los países tropicales. La localización mayoritaria de las enfermedades transmitidas por agentes biológicos en las zonas cálidas es consecuencia de su sensibilidad a las temperaturas. Existe un umbral termométrico óptimo para el crecimiento y reproducción de cada especie de vectores biológicos que mayoritariamente se sitúa en torno a los 25 o 27 °C y unos umbrales superior e inferior que impiden su desarrollo. Las temperaturas invernales de los países templados y fríos constituyen un impedimento decisivo para la presencia de muchos vectores de enfermedades frecuentes en las regiones cálidas, ante el que el

calentamiento previsto para el presente siglo representa una grave amenaza, por cuanto habría de comportar una expansión de las zonas afectadas por toda una serie de enfermedades epidémicas.

Las precipitaciones determinan la limitación o la abundancia de lugares aptos para la reproducción de muchos insectos y otros invertebrados que depositan sus larvas en medios acuáticos. La permanencia de aguas residuales tras episodios lluviosos facilita la reproducción de algunas especies, mientras que otras prefieren aguas corrientes, pero las precipitaciones violentas pueden ocasionar la muerte tanto de larvas como de insectos en sus primeros estados de vida.

La humedad del aire condiciona los procesos metabólicos de muchos vectores. Así, bajo predominio de temperaturas altas, las tasas más elevadas de humedad relativa prolongan la supervivencia de la mayor parte de artrópodos, a no ser que resulten víctimas de su susceptibilidad a las infecciones provocadas por bacterias y hongos. Algunos vectores, en cambio, se desarrollan con mayor celeridad con temperaturas altas y humedad relativa baja.

Los vientos contribuyen a la dispersión de insectos voladores hasta regiones apartadas cientos de kilómetros de su área de localización original.

Entre las enfermedades de transmisión por medio de vectores biológicos sensibles a las condiciones climáticas, el paludismo ocupa un lugar destacado, pero no es la única capaz de afectar la salud de decenas o centenares de millones de personas cada año, como es el caso de las esquistosomiasis, la filariasis, la tripanosomiasis, la leishmaniosis, el dengue, la fiebre amarilla y otras enfermedades localizadas preferentemente en regiones tropicales y subtropicales, como el propio paludismo.

El paludismo es la enfermedad parasitaria más extendida en el mundo. Más de mil millones de personas viven en regiones endémicas y cada año el número de pacientes se contabiliza entre 300 y 500 millones y entre uno y dos millones el total de fallecidos. Se trata de una enfermedad que ha afectado siempre a gran número de personas. En la antigüedad, ya causó la muerte de Alejandro Magno y, posteriormente, la de varios papas debido a que las lagunas próximas a la residencia pontificia estaban contaminadas (BOURÉE, 1989). El parásito causante de la enfermedad, el plasmodium, se reproduce de forma asexuada o esquizogonia en el organismo humano y de forma sexuada o gametogonia en el vector responsable de la transmisión, distintas variedades de la hembra del mosquito *Anopheles*. Durante el siglo XIX, le enfer-

medad se extendía por todo el sur y sudoeste de Europa y hasta una latitud de 50° N. en América, pero, hacia mediados del siglo XX, el *Anopheles* fue eliminado en Europa y en los territorios de Canadá y Estados Unidos gracias al uso de insecticidas y la destrucción de áreas pantanosas y al saneamiento de charcas de agua estancada donde se reproducía, de manera que el paludismo se dio por extinguido en estas áreas. También ha sido erradicada del Cáucaso y cuenca del Volga, donde hacia el cuarto decenio del siglo XX la enfermedad afectaba a unos nueve millones de personas. Sin embargo, recientes observaciones de casos de paludismo en países del este de Europa, y en Azerbaijan, Tayikistán y Turquía hacen temer su posible reintroducción en países procedentes de la desintegración de la Unión Soviética a causa del deterioro de su sistema sanitario (PATZ *et al.*, 2000). El incremento de las temperaturas habría de facilitar esta reintroducción. La incubación del plasmodium es posible a 16 °C en aproximadamente 20 días, pero este período se reduce a 10 o 12 días cuando las temperaturas se sitúan en el umbral óptimo, es decir entre 22 y 25 °C aproximadamente. Las temperaturas altas también favorecen la reproducción del mosquito, pero su desarrollo no es posible por debajo de los 10 grados e, incluso, algunas variedades no soportan temperaturas inferiores a 15 grados. El sur de Europa y la península Ibérica en particular no están libres del peligro de retorno del paludismo, favorecido no sólo por unas temperaturas compatibles con su desarrollo y en potencial aumento, sino por hechos sociales como la constante inmigración de personas procedentes de distintos países africanos, donde la enfermedad es endémica. Estas circunstancias obligan a extremar las medidas sanitarias, especialmente el control de las aguas estancadas y el diagnóstico precoz y tratamiento estricto de posibles casos.

Las esquistosomiasis o bilharziasis constituyen un grupo de enfermedades parasitarias debidas a trematodos o gusanos planos no segmentados. Ya eran conocidas en el antiguo Egipto, hace 4.000 años. Actualmente representan una auténtica plaga en zonas tropicales, donde afectan a unos 300 millones de personas. En los últimos años, se han registrado algunos centenares de casos en España, particularmente en la comarca barcelonesa del Maresme entre trabajadores oriundos de zonas endémicas, principalmente de Gambia, Senegal y Sierra Leona. La infección se produce por penetración transcutánea de las larvas en una parte cualquiera del cuerpo sumergida en agua dulce contaminada. Las larvas se convierten en adultas al cabo de unos

dos meses, momento en que las hembras alcanzan los 2 centímetros y los machos la mitad de esta longitud. Tras su acoplamiento, las hembras emigran a contracorriente por los vasos sanguíneos en dirección a los lugares elegidos para la puesta, tras la cual, los huevos son llevados por la corriente sanguínea hacia las venas hepáticas e incluso la arteria pulmonar. La eliminación de los huevos tiene lugar cuando atraviesan el endotelio y alcanzan órganos huecos como los intestinos y la vejiga y son expulsados con las heces y orina. En el medio exterior, al contactar con el agua a unos 25 °C, los huevos se abren y liberan un embrión que nada en busca de un molusco o caracol de agua de una determinada variedad, diferente para cada especie de esquistosoma, donde sufre una serie de transformaciones y, al cabo de cuatro semanas, acaba por liberar millares de larvas susceptibles de originar nuevos pacientes. Cuando las temperaturas descienden, la infección de los moluscos remite, pero si se mantienen altas, la transmisión afecta a mayor número de víctimas.

Las filariasis son enfermedades causadas por distintas especies de nematodos hísticos o filarias. Su distribución geográfica varía según la especie que la origina, pero se localiza esencialmente en la zona intertropical. La filariasis loa-loa o loiasis es exclusivamente africana y afecta a los territorios próximos al golfo de Guinea y cuenca del Congo, a ambos lados del ecuador. El gusano adulto mide de 5 a 7 centímetros y vive alrededor de 15 años en el tejido subcutáneo. Sus larvas o microfilarias circulan por la sangre entre las 11 y las 13 horas, momento en el que pueden ser succionadas por el tábano vector de la enfermedad. La filaria adulta se desplaza por el organismo y su paso por la conjuntiva es visible y produce sensación de cuerpo extraño y lacrimoso. Su tránsito bajo la piel produce un relieve cutáneo duro, pruriginoso y migratorio, a razón de un centímetro por minuto. Con el paso del tiempo, acaba provocando complicaciones como hemiplejías, encefalitis, endocarditis y nefropatías.

La oncocercosis es una filariasis cutánea que produce prurito intenso y puede provocar adenopatías y ceguera permanente. El nematodo causante y el simúlido o pequeña mosca que actúa como vector de la enfermedad se localizan principalmente en la parte occidental y central de África ecuatorial y en sectores de Centroamérica y parte septentrional de Sudamérica, preferentemente cerca de los cursos de los ríos con rápida circulación de agua. Actualmente afecta a más de 17 millones de personas, pero proyecciones de

futuro realizadas a partir de cambios climáticos previstos vaticinan un incremento al sur del Sahel del 25 % de las áreas colonizadas en los últimos años por el vector de la enfermedad (MCMICHAEL *et al.*, 1996).

Las filiarisis más frecuentes son las linfáticas. Aproximadamente unos 100 millones de personas padecen infecciones de este género según estimaciones actuales. Las filarias causantes son nematodos blancos que, en sus formas adultas, alcanzan una longitud de entre 4 y 10 centímetros. Las hembras emiten embriones o microfilarias que circulan por la sangre y tiene una supervivencia de 2 meses. Los vectores de la enfermedad son diferentes mosquitos. Las hembras son hematófagas y, al picar a enfermos por la tarde o por la noche, reciben larvas que en unos 10 días se hacen infestantes y, posteriormente, introducidas mediante una nueva picadura en una persona sana, se instalan en las vías linfáticas y se transforman en gusanos adultos al cabo de algunos meses. En los primeros meses provocan manifestaciones agudas, como adenopatías y linfangitis. Posteriormente, tras años de infestación, causan daños relacionados con la obstrucción de las vías linfáticas y, finalmente, un intenso edema irreversible, con engrosamiento de la piel y manifestaciones de elefantiasis en distintas partes del cuerpo. Las filiarisis linfáticas se localizan en prácticamente toda la zona comprendida entre los trópicos y desbordan este límite en el hemisferio Norte, hacia Oriente Medio y sur de Asia. Esta distribución geográfica parece óptima para que un posible incremento de las temperaturas propicie la expansión de la enfermedad por las regiones subtropicales y márgenes más próximos de las zonas templadas.

La dracunculosis es una filiarisis endémica en el gran parte de África ecuatorial situada al norte del ecuador, Oriente Medio, la India, y ciertas áreas de Sudamérica y las Indias Occidentales. Cada año se infectan entre 10 y 40 millones de personas en todas estas regiones. El gusano adulto alcanza 1 metro de longitud y se localiza bajo la piel, preferentemente en las extremidades inferiores. Al introducir un enfermo los pies en un medio acuático, el gusano emerge por la piel y deposita microfilarias en el agua que, si son ingeridas por un pequeño crustáceo, el Cyclops, se vuelven infectantes y alcanzan a las personas sanas cuando beben agua que contiene este crustáceo.

Las tripasonomiasis están causadas por protozoos del género *Trypanosoma*. Constituyen dos enfermedades bien diferenciadas, la tripasonomiasis americana o enfermedad de Chagas y la tripasonomiasis africana o enfermedad del sueño.

El *Trypanosoma cruzi* es el protozoo causante de la tripanosomiasis americana o enfermedad de Chagas y es transmitido por distintas variedades de chinches según las áreas afectadas. Estos chinches, al picar a un enfermo, ingieren protozoos de forma alargada o tripomastigotes, que no tardan en multiplicarse activamente, dando lugar a formas amastigotes y epimastigotes antes de retornar a la forma tripomastigote, que deposita tras picar y defecar sobre la piel de una persona sana o algunos animales de sangre caliente, como perros, gatos y roedores, y defecar sobre la piel. El receptor contribuye a infectarse al rascar la picadura. El número de americanos infectados por el *Trypanosoma cruzi* se estima por encima de 20 millones, distribuidos entre Brasil, principal país afectado, y el resto de estados de Sudamérica, Centroamérica y Méjico. En algunas regiones de Sudamérica, esta enfermedad constituye al principal causa de muerte entre varones menores de 45 años. El incremento de las temperaturas podría facilitar la expansión de la enfermedad por el sur de Estados Unidos. Sin embargo, se trata de una amenaza susceptible de ser afrontada con medidas higiénicas y sanitarias, particularmente mediante la desinsectación y control estricto de los animales portadores del protozoo.

La tripanosomiasis africana o enfermedad del sueño está causada por el *Trypanosoma gambiense* en África Occidental y Central y por el *Trypanosoma rhodesiense* en África Oriental. No se extiende más allá de del paralelo de 15° de latitud Norte y de 20° de latitud Sur. El vector transmisor de ambos protozoos es la mosca tsetsé. La enfermedad provocada por el segundo suele revestir mayor gravedad, pero ambas pueden acabar atacando al sistema nervioso central, entre unos meses y varios años después de recibir la infección, en cuyo caso, a falta de tratamiento, la forma rhodesiense acaba con la vida del paciente en menos de nueve meses y la gambiense al cabo de dos o tres años. Actualmente se estima que sufren la enfermedad entre 200.000 y 300.000 pacientes, con la particularidad que se ha reintroducido en áreas donde se consideraba erradicada. Como las enfermedades precedentes, cabe admitir una extensión de las áreas que actualmente afectadas si se produce un calentamiento significativo de la atmósfera.

Las leishmaniasis comprenden un conjunto de enfermedades parasitarias agrupadas bajo el mismo nombre por criterios zoológicos relativos al agente patológico y al vector, pero que difieren en su manifestación clínica, epidemiológica y geográfica. Las leishmanias son transmitidas por un pequeño díptero hematófago, denominado flebótomo o mosca de la arena, que

se infecta al picar a humanos y determinados animales reservorios, como cánidos, roedores y osos hormigueros. Suelen distinguirse tres grupos de leishmaniasis: la visceral o kala-azar, la cutánea y la mucocutánea.

El kala-azar o leishmaniasis visceral afecta a gran número de países comprendidos entre los paralelos de 45° de latitud Norte y de 30° de latitud Sur, incluidos los que bordean la cuenca Mediterránea. La enfermedad provoca diversos trastornos y causa la muerte de entre el 80 y el 90 % de los pacientes no tratados, al cabo de uno o dos años.

Las leishmaniasis cutáneas, denominadas también del Antiguo Mundo afectan a países de Oriente Medio, Asia Central, de África del Este y del Oeste y de la cuenca Mediterránea. Provocan úlceras y lesiones cutáneas cuya evolución depende de la cepa del microorganismo causante y del estado inmune de la persona infectada. Las leishmaniasis mucocutáneas, también conocidas como del Nuevo Mundo, afectan a residentes en regiones de América Central y América del Sur. Pueden provocar mutilaciones importantes en la nariz y el paladar e, incluso, metástasis a distancia de la lesión inicial que aparecen después de haber curado ésta. La extensión masiva de estas metástasis provoca la muerte.

El dengue se extiende por los distintos territorios intertropicales de Asia, Oceanía y América. En cambio, son raros los casos registrados en África. Se trata de una enfermedad provocada por un flavivirus del que existen cuatro cepas patógenas. Desde 1969 se han producido brotes en el Caribe, donde se registraron 300.000 casos durante la época de las lluvias en 1981. El vector responsable de transmitir el virus es el mosquito antropófilo.

Aedes que se reproduce en estanques naturales y artificiales y se adapta a los espacios urbanizados. Los mosquitos infectados transmiten el virus a su descendencia. Los afectados por el dengue en el mundo se estiman en unos 50 millones. La enfermedad presenta dos formas, la benigna aparece, tras una incubación de 3 a 15 días, en general no más de 8, de forma brusca con una sintomatología gripal que, después de generar algunas complicaciones, suele remitir, dejando como secuela una ligera astenia que cede en menos de medio año. La forma hemorrágica empieza de forma similar, pero pronto provoca un debilitamiento general, con fiebre, cefaleas y trastornos digestivos. Posteriormente aparecen hemorragias en las mucosas, la fiebre disminuye, pero prosiguen las hemorragias y complicaciones que acaban en un estado de shock y trastornos neurológicos. El desenlace fatal puede alcanzar

y superar el 30 % de los casos. La mayoría de los fallecidos se registran entre niños de corta edad. El *Aedes* soporta las temperaturas de los climas templados, pero prefiere las propias de la zona intertropical, de manera que incrementos de 3 a 4 °C. en la temperatura media pueden duplicar las tasas de reproducción del virus del dengue. El impacto de las variaciones de las temperaturas y las precipitaciones en la incidencia del dengue ha sido recientemente analizada por SCHREIBER (2001) que, sobre la base de las relaciones entre los elementos del clima y el desarrollo de la enfermedad, ha ideado un método destinado a prever la evolución probabilística de ésta con tres semanas de antelación.

Una enfermedad epidémica que ha perdido la incidencia de antaño es la fiebre amarilla. Su localización geográfica se circunscribe a regiones ecuatoriales de América y África. Grupos de expedicionarios españoles llegaron a perder hasta el 90 % de sus integrantes durante la época de la conquista de América a consecuencia de esta enfermedad que, en el siglo XIX, llegó a aniquilar hasta dos tercios de los trabajadores que intervinieron en la construcción del canal de Suez. El agente causante es un flavivirus y el vector varias especies de mosquitos hembra, como el *Aedes*, que se infectan al picar a un individuo enfermo, una persona o, con frecuencia, determinados animales como ciertas aves carnívoras, roedores o monos. Actualmente la enfermedad, en claro retroceso, sobre todo en América, todavía persiste de manera apreciable en África y no es impensable que una modificación del clima pueda facilitar la recuperación de su pasada virulencia.

Ante el anunciado cambio climático, una de las mayores preocupaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) radica precisamente en el temor a un incremento de las enfermedades transmitidas por vectores que en la actualidad afectan esencialmente a los países tropicales y subtropicales. Este temor ha sido puesto de manifiesto por distintos autores y particularmente por KOVATS *et al.* (2000), que, en una publicación de la propia OMS ha sintetizado algunos de los efectos previsiblemente más factibles del anunciado cambio climático en el desarrollo de estas enfermedades (Tabla 3). El mayor incremento de las áreas castigadas por tales dolencias probablemente será el que experimenten el paludismo y el dengue.

Un aumento de las temperaturas acorde con la banda superior del intervalo pronosticado por el IPCC para el año 2100 podría comportar un incremento adicional del paludismo estimado entre 50 y 80 millones de casos

Enfermedad	Probabilidad	Vector	Distribución actual	Población de riesgo (millones)
Paludismo	+++	Mosquito	Trópico/subtrópico	2020
Esquistosomiasis	++	Caracol de agua	Trópico/subtrópico	600
Leishmaniosis	++	Mosca de arena	Sur Asia/Europa África/América	350
Tripasomiasis americana (Enfermedad de Chagas)	+	Chinche triatoma	América central América Sur	100
Tripasomiasis africana (Enfermedad del sueño)	+	Mosca tsetse	África tropical	55
Filariasis linfática	+	Mosquito	Trópico/subtrópico	1100
Dengue	++	Mosquito	Países tropicales	2500-3000
Oncocercosis	+	Mosca negra	África/América Lat.	120
Fiebre amarilla	+	Mosquito	América Sur tropical/África	-
Dracunculosis	?	Crustáceo Cyclops	Sur Asia/Arabia África central y Occ.	100
+++ Altamente probable, ++ Muy probable, + Probable, ? Desconocida				

Tabla 3: Principales enfermedades tropicales transmitidas por vectores y efectos probables del previsible cambio climático. Fuente: KOVATS *et al.* (2000)

al año, una enfermedad que actualmente ya causa entre 1 y 2 millones de muertos, especialmente en África. Como resulta obvio, el máximo riesgo de expansión corresponderá a las zonas latitudinales adjuntas a las actualmente más castigadas por el paludismo y a las áreas de mayor altitud situadas dentro de estas zonas, particularmente las regiones montañosas del este de África, donde las temperaturas actuales impiden la transmisión de la enfermedad. El dengue puede sufrir una expansión en latitud y altitud similar a la del paludismo. La oncocercosis, la fiebre amarilla, y la tripasomiasis africana posiblemente también experimentarán una redistribución como consecuencia de los cambios inducidos por el clima; así como la esquistosomiasis, aunque la expansión de esta última en algunas regiones podría ser simultánea con el retroceso en otras (MCGRANAHAN, *et al.* 1999).

Una relación exhaustiva de enfermedades infecciosas dependientes en mayor o menor medida de las condiciones atmosféricas y, en consecuencia,

sensibles a un cambio climático significativo resultaría interminable. Los vectores son especialmente sensibles al tiempo y al clima y, en su mayoría invertebrados, encuentran en regiones tropicales y subtropicales los medios más favorables para su desarrollo. Sin embargo, ni todos los vectores son animales invertebrados, ni su localización geográfica es exclusiva de las zonas cálidas. Así diversas formas de encefalitis causadas por arbovirus y transmitidas por mosquitos castigan a personas residentes en regiones cálidas, pero también en países templados. La encefalitis de St. Louis afecta en Estados Unidos preferentemente a los territorios situados al sur de la isoterma de 20 °C en junio, pero puede extenderse hacia el norte durante los años más cálidos. Se estima que tanto ésta como la encefalitis equina oriental pueden extenderse significativamente hacia el norte del país si las temperaturas aumentan entre 3 y más de 5 °C., de acuerdo con las previsiones más pesimistas propuestas para finales de la actual centuria. La encefalitis de St. Louis incluso podría afectar hasta Canadá, donde ya se han descrito casos esporádicos. Por otro lado, los roedores son portadores de diversas enfermedades, como la leptospirosis, la rabia, la fiebre hemorrágica o el síndrome pulmonar por hantavirus, y de otros vectores tales como pulgas y garrapatas. Diversos animales domésticos como perros, gatos, ovejas y ovinos, y salvajes, como murciélagos, lobos, monos y zorros, también puede transmitir la rabia a las personas. Un incremento de las temperaturas ocasiona una mayor actividad metabólica y, en consecuencia, un aumento del riesgo de propagación de las enfermedades transmitidas por los vectores biológicos en general.

Los cambios termométricos pueden afectar incluso a la propagación de enfermedades infecciosas transmitidas entre seres humanos, como la meningitis meningocócica. Los episodios fríos, al fomentar la concentración de personas en lugares cerrados facilitan la difusión de la enfermedad, cuyo riesgo aumenta con aire seco y polvoriento, debido a que, en tales condiciones, las membranas mucosas resultan más vulnerables a la infección.

Por otro lado, entre las enfermedades infecciosas relacionadas de alguna manera con el tiempo y el clima, no hay que olvidar las transmitidas a través de los alimentos y el agua. Al papel desempeñado por el agua en el desarrollo de los vectores de enfermedades anteriormente aludidas como el paludismo, las filariasis, las esquistosomiasis y las tripanosomiasis, hay que añadir las transmitidas directamente por el agua ingerida o utilizada para la higiene personal, como el cólera, el tifus, la hepatitis A y diversas afecciones

diarreicas. Las enfermedades de este último tipo son también propagadas a través de los alimentos y, en conjunto, provocan cada año miles de muertos, especialmente entre niños residentes en países en vías de desarrollo, carentes de medios y de formación para garantizar una aceptable calidad sanitaria de los productos que consumen. La ingestión de alimentos y agua en óptimas condiciones tampoco está plenamente garantizada en los países más desarrollados, que no pueden evitar frecuentes afecciones diarreicas, sobre todo durante la estación cálida, de las que son principales víctimas los niños en su primera infancia. Se trata de enfermedades altamente sensibles al calor, pero susceptibles de ser minimizadas con la aplicación de una serie de medidas higiénicas ampliamente conocidas.

Finalmente, el tiempo y el clima no son ajenos a la acción de los contaminantes atmosféricos, que se comportan como agentes patogénicos no bióticos. Las olas de calor y las inversiones térmicas están relacionadas con elevadas concentraciones atmosféricas de partículas, ozono y de óxidos de nitrógeno y de azufre. En cambio, la precipitación y el viento reducen las tasas de estos contaminantes. Un incremento de las temperaturas habría de comportar una exacerbación de las enfermedades relacionadas con los contaminantes atmosféricos en un mundo con un creciente incremento de la población urbana, la más castigada por la contaminación.

7. CONCLUSIÓN

Los efectos del tiempo y el clima en la salud humana han sido motivo, en mayor o menor medida, de constante preocupación entre los responsables médicos, desde la Grecia clásica hasta la actualidad. En los últimos decenios, ante el anuncio de un probable cambio climático, cuya inminencia y plasmación a lo largo del siglo XXI ha merecido el acuerdo prácticamente unánime de la comunidad científica, esta preocupación se ha polarizado preferentemente tanto en el análisis de los efectos de los avatares atmosféricos definidos por los parámetros del clima estimados en series de observaciones pretéritas, como en el intento de pronosticar los impactos en el grado de bienestar e integridad física y psíquica de las personas que podrían comportar unas variaciones de las condiciones atmosféricas como las previstas por modelos definidos para distintos escenarios.

Aunque las previsiones perfiladas por los distintos modelos predictivos difieran substancialmente en la estimación cuantitativa de los cambios anun-

ciados, la comunidad científica se muestra generalmente de acuerdo en el pronóstico cualitativo de una serie de cambios esenciales y, en primer lugar, de un progresivo calentamiento del planeta, del que la evolución de las temperaturas medias del último decenio podrían constituir un claro anticipo. El ascenso de las temperaturas medias, según la mayoría de las previsiones realizadas, irá acompañado de una mayor variabilidad en el acaecimiento de episodios extremos, tanto de olas de calor como de frío. La coincidencia es menor en el vaticinio de la evolución de las precipitaciones. La previsión de su tendencia reviste una doble dificultad que radica en la gran variabilidad temporal y espacial del fenómeno. Sin embargo las proyecciones de futuro planteadas sugieren un incremento moderado de la pluviometría media provocado por una aceleración del ciclo hidrológico debido al calentamiento general del planeta, pero con una desigual distribución, según la cual, el aumento de las precipitaciones se concentrará en latitudes medias y altas, mientras que amplias regiones tropicales y subtropicales posiblemente padecerán una intensificación de las sequías y de las lluvias ocasionalmente violentas, pero con una merma del total de agua aportado a lo largo del año que agravaría sus ya insuficientes disponibilidades hídricas.

La complejidad e insuficiente conocimiento de las relaciones entre las variaciones atmosféricas y la salud humana, por un lado, y las incógnitas todavía no resueltas de los cambios climáticos anunciados, por otro, impiden predecir con precisión cuándo se harán patentes los impactos que razonablemente cabe esperar provoquen estos cambios en el estado de bienestar físico y psíquico de las personas, y cuáles y en qué medida serán las áreas más afectadas. No obstante, el inevitable grado de incertidumbre, no son vanos los intentos realizados con el propósito de prever unos efectos que probablemente ocurrirán en un futuro no lejano, e incluso la revisión de las previsiones ya realizadas, con el aporte de la experiencia, de nuevos conocimientos y, cuando empiecen a experimentarse, del contraste de las previsiones pretéritas con los primeros fenómenos reales. De esta forma, podrá disponerse de la información necesaria para la organización de toda una serie de actividades sociales y económicas encaminadas a minimizar los previsibles efectos negativos para la salud.

Tanto los cambios climáticos anunciados como los posibles efectos para la salud que puedan acarrear previsiblemente serán lentos y permitirán la adopción de medidas para reducir o evitar los riesgos antes de que ocasionen

daños irreparables, pero no es imposible que el clima evolucione de forma distinta a la supuesta, que surjan nuevas enfermedades y que se constaten sinergismos inesperados entre fenómenos naturales y determinadas actividades antrópicas, de consecuencias impredecibles. Se trata de un motivo más para no abandonar la formulación de nuevas estimaciones predictivas de los efectos de los cambios climáticos en el organismo humano sobre los presupuestos apuntados en el párrafo precedente.

Los impactos del incremento de las temperaturas que parece irremediable habrán de suponer mayores riesgos para los habitantes en las grandes ciudades que para los residentes en pequeñas poblaciones, no sólo por los efectos de la denominada isla de calor urbana que supone una intensificación de los registros termométricos, sino porque el calor exagera la acción de los contaminantes, los cuales constituyen una amenaza grave para la población en general, pero especialmente para los pacientes crónicos de enfermedades cardiovasculares y respiratorias, los ancianos, los niños de corta edad y los grupos marginales.

Independientemente de la existencia y proximidad o no de un cambio climático significativo, los responsables de la administración pública deberían establecer en todos los países sistemas de emergencia destinados a minorar o evitar los riesgos que puedan suponer episodios atmosféricos extremos, hoy fácilmente previsibles, para la salud de la población en general y de los grupos más sensibles en particular. El primer sistema de este tipo fue instaurado en Philadelphia y otras ciudades americanas en el último decenio y recientemente en algunas ciudades europeas.

Los países de las zonas templadas y frías serían los menos afectados por las previsibles variaciones del tiempo y el clima. Un incremento de las temperaturas y de las olas de calor representa riesgos importantes, sin embargo no es impensable que los cambios anunciados acaben por reportar más beneficios que daños para algunos de los países de estas zonas, donde, sin duda, la suavización de las temperaturas invernales habría de suponer un menor riesgo para la salud de sus habitantes, los cuales, en contrapartida, tampoco deberían sufrir los impactos de un calor excesivamente rigurosos durante el verano. Del posible incremento de las temperaturas y las precipitaciones cabría esperar, además, una mejor producción agraria. En cambio, según estimaciones realizadas, los países tropicales y subtropicales padecerán los mayores impactos negativos para la salud de los previsiblemente achacables

a los cambios climáticos futuros. Estos países son precisamente los que intervienen en menor medida en el vertido a la atmósfera de gases que, por su conocido efecto invernadero, más contribuyen a alterar el sistema climático, mientras que la mayor parte de las emisiones de estos gases se generan desde los países industrializados de las zonas templadas, particularmente desde latitudes medias del hemisferio septentrional. La situación resultante es manifiestamente injusta. A grandes rasgos, puede afirmarse que la mayor responsabilidad en la inducción de los posibles cambios climáticos corresponde a los países industrializados que, en cambio, sufrirán en menor medida los impactos indeseables para la salud de sus habitantes y se beneficiarán de las actividades que originan los gases de invernadero y, además, poseen los mejores recursos científicos, técnicos, culturales y económicos para hacer frente a futuras dificultades, mientras que los países condenados a sufrir los mayores riesgos no disponen de estos medios. En definitiva, más que razonable, parece de estricta justicia que los países más contaminantes, que a su vez son los previsiblemente menos castigados por los cambios climáticos previstos y los mejor dotados para afrontar sus consecuencias, deberían ayudar técnica y económicamente a las comunidades más perjudicadas y menos dotadas en la reparación de los daños que puedan acontecer y que acaso ya se están gestando. La reciente negativa del primer país generador de gases susceptibles de afectar al sistema climático, en contra de acuerdos previamente consensuados por la práctica totalidad de las naciones del mundo, y las reticencias de otros no ya a disminuir, sino a evitar todo incremento en la producción de estos gases no permiten presagiar una inmediata o futura asunción de las responsabilidades que les puedan corresponder.

BIBLIOGRAFÍA

- AIKMAN, H. (1997): "The association between arthritis and the weather". *International Journal of Biometeorology* 40 , pp 192-199.
- ALDERWISH, A. y AL-ERYANI, M. (1999): "An approach for assessing the vulnerability of the water resources of Yemen to climate change". *Climate Research* 12 , pp 85-89.
- ALI, A. (1999): "Climate change impacts and adaptation assessment in Bangladesh". *Climate Research* 12 , pp 109-116.
- BALBUS, J. M. Y WILSON, M. L. (2000): *Human health and global climate change*. Arlington, The Pew Centre on Global Climate Change. 43 pp.
- BOULAY, F., *et al.* (1999): "Seasonal Variation in Chronic Heart Failure Hospitalizations and Mortality in France". *Circulation* 100 (3), pp 280-286.
- BOUMA, M. J., *et al.* (1997): "Global assessment of El Niño's disaster burden". *The Lancet* 350 , pp 1435-1438.
- BOURÉE, P. (1989): *Medicina tropical*. Barcelona, Masson. 348 pp.
- CHESNUT, L. G., *et al.* (1998): "Analysis of differences in hot-weather-related mortality across 44 U. S. metropolitan areas". *Environmental Science & Policy* 1, pp 59-70.
- DANET, S., *et al.* (1999): "Unhealthy Effects of Atmospheric Temperature and Pressure on the Occurrence of Myocardial Infarction and Coronary Deaths". *Circulation* 100 , pp E1-E7.
- DÍAZ, H. F., *et al.* (2001): «Climate and human health linkages on multiple timescales», in JONES, P. D., *et al.* (Eds.): *History and Climate. Memories of the Future*. New York, Kluwer Academic/Plenum Pub., pp 267-289.
- DONALDSON, G. C., *et al.* (1998 a): "Cold related mortalities and protection against cold in Yakutsk, eastern Siberia: observation and interview study". *British Medical Journal* 317 (7164), pp 978-982.
- DONALDSON, G. C., *et al.* (1998 b): "Winter mortality and cold stress in Yekaterinburg, Russia: interview survey". *British Medical Journal* 316 , pp 514-518.
- EPSTEIN, P. R. (1997): "Climate, Ecology and Human Health". *Consequences* 3 (1), <http://www.gcrio.org/CONSEQUENCES/vol3no2/toc.html>.
- EUROWINTER GROUP (1997): "Cold exposure and winter mortality from ischemic heart disease, cerebrovascular disease, respiratory disease, and all causes in warm and cold regions of Europe". *The Lancet* 349 , pp 1341-1346.

- GREGORY, J. M., MITCHELL, J. F. G. Y BRADY, A. J. (1997): "Summer Drought in Northern Midlatitudes in a Time-Dependent CO₂ Climate Experiment". *Journal of Climate* 10 (4), pp 682-686.
- GRUIJL, F. R. D. (2000): "Health effects from the sun's ultraviolet radiation and ozone as a stratospheric sunscreen". *Global Change & Health* I (1), pp 26-40.
- HAILEMARIAM, K. (1999): "Impact of climate change on the water resources of Awash River Basin, Ethiopia". *Climate Research* 12 , pp 91-96.
- HENNESSY, K. J., GREGORY, J. M. y MITCHELL, J. F. B. (1997): "Changes in daily precipitation under enhanced greenhouse conditions". *Climate Dynamics* 13 , pp 667-680.
- HULME, M. y BROWN, M. (1998): "Portraying climate scenario uncertainties in relation to tolerable regional climate change". *Climate Research* 10 , pp 1-14.
- JALLOW, B. P., *Et Al.* (1999): "Coastal zone of The Gambia and the Abidjan region in Côte d'Ivoire: sea level rise vulnerability, response strategies, and adaptation options". *Climate Research* 12 , pp 129-136.
- JEEVAN, A. y KRIPKE, M. L. (1993): "Ozone depletion and the immune system". *The Lancet* 342 , pp 1159-1160.
- KALKSTEIN, L. S. (1993): "Health and climate change. Direct impacts in cities". *The Lancet* 342 , pp 1397-1399.
- KALKSTEIN, L. S. (1989): «The impact of CO₂ and trace gas-induced climate changes upon human mortality», in SMITH, J. B. y TIRPAK, D. A. (Eds.): *The Potential Effects of Global Climate Change on the United States*. Washington, Environmental Protection Agency, pp 12-35.
- KALKSTEIN, L. S. Y CORRIGAN, P. (1986): "A Synoptic Climatological Approach For Geographical Analysis: Assesment of Sulfur Dioxide Concentrations". *Annals of the Association of American Geographers* 76 (3), pp 381-395.
- KALKSTEIN, L. S. y VALIMONT, K. M. (1986): "An evaluation of Summer Discomfort in the United States Using a Relative Climatological Index". *Bulletin of the American Meteorological Society* 67 , pp 842-848.
- KASPERSON, R. E. y KASPERSON, J. X. (2001): *Climate Change, Vulnerability, and Social Justice*. Stockholm, SEI. Stockhom Environment Institute. 18 pp.

- LAÍN ENTRALGO, P. (1978): *Historia de la medicina*. Barcelona, Salvat. XXXI+722 pp.
- LANGFORD, I. H. y BENTHAM, G. (1995): "The potential effects of climate change on winter mortality in England and Wales". *International Journal of Biometeorology* 38 (3), pp 141-147.
- LAST, J. M. (1993): "Global Change: Ozone, Depletion, Greenhouse Warming, and Public Health". *Annual Review of Public Health* 14 , pp 115-136.
- LERCHL, A. (1998): "Changes in the seasonality of mortality in Germany from 1946 to 1995: the role of temperature". *International Journal of Biometeorology* 42, pp 84-88.
- LLOYD, S. A. (1993): "Stratospheric ozone depletion". *The Lancet* 342 , pp 1156-1158.
- LONGSTRETH, J. (1991): "Anticipated Public Health Consequences of Global Climate Change". *Environmental Health Perspectives* 96 , pp 139-144.
- LONGSTRETH, J., *et al.* (1998): "Health risks". *Journal of Photochemistry and Photobiology* 46, pp 20-39.
- MATZARAKIS, A. y MAYER, H. (1997): "Heat stress in Greece". *International Journal of Biometeorology* 41 , pp 34-39.
- MCGRANAHAN, G., *et al.* (1999): *Environmental Change and Human Health in Countries of Africa, the Caribbean and the Pacific*. Stockholm, SEI. Stockholm Environment Institute. 214 pp.
- MCGREGOR, G. R. (2001): "The meteorological sensitivity of ischaemic heart disease mortality events in Birmingham, UK". *International Journal of Biometeorology* 45 , pp 133-142.
- MCGUFFIE, K. A., *et al.* (1999): "Assessing simulations of daily temperature and precipitation variability with global climate models for present and enhanced greenhouse climates". *International Journal of Climatology* 19 , pp 1-26.
- MCMICHAEL, A. J., *et al.*, (Eds.) (1996): *Climate Change and Human Health*. Geneva, World Health Organisation. 297 pp.
- MIMURA, N. (1999): "Vulnerability of island countries in the South Pacific to sea level rise and climate change". *Climate Research* 121 , pp 137-143.

- MKANDA, F. (1999): "Drought as an analogue climate change scenario for prediction of potential impacts on Malawi's wildlife habitats". *Climate Research* 12, pp 215-222.
- NAKAI, S., ITOH, T. y MORIMOTO, T. (1999): "Deaths from heat-stroke in Japan: 1968-1994". *International Journal of Biometeorology* 43 , pp 124-127.
- PATZ, J. A., *et al.* (2000): "Effects of environmental change on emerging parasitic disease". *International Journal for Parasitology* , pp 1-20.
- PATZ, J. A., *et al.* (2000): "The Potential Health Impacts of Climate Variability and Change for the United States: Executive Summary of the Report of the Health Sector of the U.S. National Assessment". *Environmental Health Perspectives* 108 (4), pp 367-376.
- ROBERT, A., KEENETH, W. y PERRITT, R. L. (1999): "When Throughout the Year Is Coronary Death Most Likely to Occur?". *Circulation* 100 , pp 1630-1634.
- SCHREIBER, K. V. (2001): "An investigation of relationships between climate and dengue using a water budgeting technique". *International Journal of Biometeorology* 45 , pp 81-89.
- SMOYER, K. E. (1998): "A Comparative Analysis of Heat Waves and Associated Mortality in St. Louis, Missouri -1980 and 1995". *International Journal of Biometeorology* 42 , pp 44-50.
- SÜNDERMANN, J., *et al.* (2001): "Impact of climate change on the coastal zone: discussion and conclusions". *Climate Research* 18 , pp 1-3.
- TIMONEN, T. (1999): "A hypothesis concerning deficiency of sunlight, cold temperature, and influenza epidemics associated with the onset of acute lymphoblastic leukemia in northern Finland". *Ann Hematol* 78 , pp 408-414.
- TREBERTH, K. E. (1999): "The Extremes Weather Events of 1997 and 1998". *Consequences* 5 (1), pp 3-15.
- URTEAGA, L. (1980): "Miseria, miasmas y microbios. Las topografías médicas y el estudio del medio ambiente en el siglo XIX". *Geocrítica* 29 .
- WETHERALD, R. T. y MANABE, S. (1995): "The Mechanisms of Summer Dryness Induced By Greenhouse Warming". *Journal of Climate* 8 (2), pp 3096-3108.

- WHITE, M. R. y HERTZ-PICCIOTTO, I. (1985): «Human health: analysis of climate related to health», in White, M. R. (Ed) *Characterization of Information Requirements for Studies of CO₂ Effects: Water Resources, Agriculture, Fisheries. Forest and Human Health*. Washington, Department of Energy, pp 172-205.
- ZWIERS, F. W. y KHARIM, V. V. (1998): "Change in the Extremes of the Climate Simulated by CCC GM2 under CO₂ Doubling". *Journal of Climate* 11 (9), pp 2200-2222.