

III

.....

# PROBLEMAS RELACIONADOS CON EL CLIMA

## Ciclones tropicales

JOSEPHINE MALILAY

### Antecedentes y naturaleza de los ciclones tropicales

Los ciclones tropicales están entre los eventos climáticos más destructivos (1-3). Su impacto generalmente se extiende sobre una amplia zona con mortalidad, lesiones y daños a la propiedad, resultantes de los fuertes vientos y lluvias. A menudo, eventos secundarios como marejadas, deslizamientos, inundaciones y tornados, exacerbaban los efectos de esos fenómenos (4). Aunque los mejores sistemas de alerta han evitado o reducido las muertes en la mayoría de las áreas del mundo propensas a ciclones, los elementos meteorológicos, el crecimiento de la población y los asentamientos humanos en las zonas costeras continúan elevando el riesgo de mortalidad y morbilidad relacionada con estos eventos.

Los ciclones tropicales son depresiones meteorológicas, o sistemas de baja presión, sobre aguas abiertas en el trópico, usualmente entre las latitudes 30 ° al norte y 30 ° al sur (5). Se originan en lugares donde una atmósfera inestable causa diferencias en la cantidad de energía recibida por los polos terrestres. Un disturbio giratorio se forma alrededor de un centro de atmósfera en calma, u *ojo*, usualmente de 30 a 50 kilómetros de diámetro, con aire circulante que gira en la dirección contraria de las manecillas del reloj en el hemisferio norte y a la inversa en el sur. Con la energía obtenida a través de la evaporación oceánica, los ciclones pueden moverse a velocidades entre 10 y 50 km/h en la zona de los vientos alisios (1). Cada año se desarrollan cerca de 80 ciclones tropicales con un promedio de duración de 9 días, viajan a distancias de más de 10.000

kilómetros y, luego, pierden su fuerza (1,5). Se conocen como huracanes en el Atlántico norte, el golfo del Caribe, el norte del Pacífico este y la costa oeste de México, como tifones en el Pacífico oeste y ciclones en el océano Índico y Australasia (5).

El ciclo de vida de los ciclones tropicales consiste en desarrollo, intensificación, madurez y decaimiento o modificación (6). En este ciclo, se pueden formar a partir de ciclones subtropicales, definidos como sistemas de baja presión sobre aguas tropicales. Conforme se desarrollan, otros ciclones tropicales pueden perder sus características tropicales por completo y se tornan en ciclones extratropicales (6).

Por definición, un ciclón tropical es un término asignado a circulaciones ciclónicas originadas sobre aguas tropicales (7). Una circulación, a su vez, se clasifica en los siguientes niveles y puede subir o bajar en cualquier momento, dependiendo de su forma y de su intensidad: 1) onda tropical; 2) disturbio tropical; 3) depresión tropical; 4) tormenta tropical, y 5) huracán, tifón o ciclón (8). La tabla 10.1 muestra las definiciones de cada uno de esos términos. En los Estados Unidos, los huracanes se miden con base en la escala de Saffir/Simpson, la cual relaciona la intensidad del huracán con el daño potencial. La escala tiene en cuenta el tamaño, la configuración costera, las mareas, el terreno, la urbanización y la industrialización (6). En la tabla 10.2 se describen las condiciones de velocidad de los vientos y las tormentas marinas.

## Alcance e importancia relativa de los ciclones tropicales

En todo el mundo, 150 millones de personas se vieron afectadas por ciclones entre 1967 y 1991. De éstos, unos 900 causaron la muerte de 900.000 personas, aproximadamente, y lesionaron más de 240.000 (2). En los Estados Unidos, durante este siglo, los huracanes han causado la muerte de más de 14.600 personas y han causado daños a la propiedad por más de 94.000 millones de dólares, ajustados a los costos de 1990 (9). En la zona continental de los Estados Unidos, se desarrolla un promedio anual de dos huracanes, suficiente para recalcar la línea costera del Atlántico

**Tabla 10.1** Definiciones de circulaciones ciclónicas

<b>Onda tropical</b>	Un camellón de baja presión en la ruta de los vientos del levante
<b>Disturbio tropical</b>	Un área de movimiento de truenos en el trópico que mantiene su identidad por 24 horas o más
<b>Depresión tropical</b>	Un ciclón tropical en el cual la máxima superficie sostenida del viento es de 62 km/h o menos
<b>Tormenta tropical</b>	Un ciclón tropical en el cual la máxima superficie sostenida del viento oscila entre 63 y 118 km/h (34 a 63 nudos)
<b>Huracán</b>	Un ciclón tropical en el cual la máxima superficie sostenida del viento es de 119 km/h o mayor

1 nudo = 1 milla náutica/hora; 1 milla náutica = 1,15 millas

Fuente: U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service (8).

**Tabla 10.2** Escala Saffir/Simpson de huracanes\*

Cat.	Descripción
1	<p>Vientos de 119 a 153 km/h</p> <p>Principalmente daño a la maleza, los árboles, el follaje y casas móviles no ancladas. No hay daño de otras estructuras. Algún daño a las señales pobremente construidas</p> <p>Marejadas 1,2 m a 1,5 m sobre lo normal</p> <p>Rutas bajas de la línea costera inundadas, daño menor de los muelles, algunas embarcaciones pequeñas arrancadas de sus amarras en fondeaderos expuestos</p>
2	<p>Vientos de 154 a 177 km/h</p> <p>Considerable daño a la maleza y el follaje; algunos árboles arrancados. Daño importante a los hogares móviles expuestos. Gran daño a las señales pobremente construidas. Algún daño a los materiales de los techos de las edificaciones; algunas ventanas y puertas dañadas.</p> <p>Marejadas de 1,8 a 2,4 m sobre lo normal</p> <p>Rutas costeras y rutas de escape en líneas bajas interiores interrumpidas por aguas ascendentes 2 a 4 horas antes del arribo del centro del huracán.</p> <p>Considerable daño de los muelles. Embarcaderos inundados. Pequeñas embarcaciones arrancadas de sus amarras en fondeaderos no protegidos. Es requerida la evacuación de algunas residencias al borde de la playa y áreas isleñas bajas.</p>
3	<p>Vientos de 179 a 209 km/h</p> <p>El follaje es arrancado de los árboles; los árboles grandes se descuajan. Prácticamente todas las señales pobremente construidas se van abajo. Algún daño a los materiales de los techos de las edificaciones. Algunas ventanas y puertas dañadas. Algún daño estructural a pequeñas edificaciones. Los hogares móviles son destruidos.</p> <p>Marejadas de 2,7 a 3,6 m sobre lo normal estructuras más pequeñas cerca de la costa; las estructuras más grandes están averiadas por el bamboleo de las olas y los escombros flotantes. Las rutas de escape en líneas bajas interiores interrumpidas por las aguas ascendentes 3 a 5 horas antes del arribo del centro del huracán.</p> <p>Terrenos planos a 1,5 m o menos del nivel del mar inundados a 12,9 km al interior. Es posiblemente requerida la evacuación de residencias en las líneas bajas en varias manzanas al borde de la playa.</p>
4	<p>Vientos de 211 a 250 km/h</p> <p>Arboles y arbustos venidos abajo. Todas las señales caídas. Extenso daño de los materiales de los techos, ventanas y puertas. Falla completa de los techos de muchas residencias pequeñas. Destrucción completa de los hogares móviles.</p> <p>Marejadas de 2,7 a 3,6 m sobre lo normal</p> <p>Terrenos planos a 3,0 m o menos sobre el nivel del mar inundados tan lejos como 9,65 km al interior. Mucho daño de los pisos más bajos de las estructuras cercanas a la costa debido a la inundación, el oleaje y los detritos flotantes. Las rutas de escape en líneas bajas interiores interrumpidas por las aguas ascendentes 3 a 5 horas antes del arribo del centro del huracán. Gran erosión de las playas. Posiblemente se requiera de la evacuación masiva de todas las residencias a 420 m de la costa y de las residencias de una planta sobre terrenos bajos a dos millas de la costa.</p>
5	<p>Vientos de más de 250 km/h</p> <p>Arboles y arbustos venidos abajo; daño considerable a los techos de las edificaciones; todas las señales caídas. Daño extenso y severo de ventanas y puertas. Falla completa de los techos de muchas residencias y edificios industriales. Grandes destrozos de los vidrios en puertas y ventanas. Fallas de algunas edificaciones completas. Pequeñas</p>

Tabla 10.2 (continuación)

Cat.	Descripción
5	<p>edificaciones volcadas o totalmente descubiertas. Destrucción completa de los hogares móviles.</p> <p>Marejadas de más de 5,5 m sobre lo normal</p> <p>Gran daño a los pisos bajos de todas las estructuras a menos de 4,6 m sobre el nivel de mar a 41,8 m de la costa. Las rutas de escape en líneas bajas interiores interrumpidas por las aguas ascendentes 3 a 5 horas antes del arribo del centro del huracán.</p> <p>Posiblemente sea requerida la evacuación masiva de las áreas residenciales en terrenos bajos entre 8 y 16 km de la costa.</p>

\*Las condiciones de la velocidad del viento y las marejadas determinan la categoría de un huracán. Fuente: U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service, National Environmental Satellite Data, and Information Service. (6)

y el Golfo de México (8), aunque muchos más se desarrollan en el curso de un año, como puede verse en la tabla 10.3 (6). El Servicio Nacional del Clima estima que de 70 millones de personas en riesgo de huracanes, aproximadamente, fallecen en promedio 50 a 100 por evento, con pérdidas materiales de miles de millones de dólares durante una estación de huracanes peor de lo normal (9). El impacto del huracán Andrew en Florida alcanzó los 25.000 millones de dólares en 1992 (10).

## Factores que contribuyen al problema

A pesar de las masivas mortalidad y morbilidad en todo el mundo, la detección temprana y los sistemas de alarma que originan la evacuación y el albergue, han ayudado a reducir o prevenir muertes en muchas áreas, especialmente en los Estados Unidos, el Caribe y las líneas costeras de Centro y Suramérica. En otros países, como Bangladesh y Filipinas, la tecnología para predecirlos es relativamente moderna y precisa; sin embargo, la evacuación oportuna y el albergue seguro están aún por mejorar para un gran número de habitantes de áreas vulnerables (11,12).

En los Estados Unidos, la mortalidad alcanzó su pico en 1900 en Galveston, Texas (6.000) y declinó con las décadas a 256 en la costa del Golfo de México y los estados de Virginia en 1969 (256) (tabla 10.4). En la mayoría de estas situaciones, el ahogamiento por marejadas fue la causa de muerte. El Servicio Nacional del Clima desarrolló un modelo predictivo para computarizar las marejadas por huracanes (13,14). Dado que los modelos determinan los patrones de inundaciones y permiten predecir las áreas más vulnerables a las fuerzas del huracán, las personas pueden ser evacuadas con seguridad antes del impacto en las áreas propensas a la inundación (14). Por esta razón, la preparación llevada a cabo, incluyendo la evacuación de más de 350.000 personas en Alabama antes del huracán Frederic en 1979, resultó en una baja mortalidad (5 personas) (15). Después de que el huracán Andrew golpeará el sureste de Florida en

**Tabla 10.3** Frecuencia de huracanes que tocaron tierra en los EE.UU. por categoría Saffir-Simpson, 1982-1992

Área	Categoría					Total	Principales huracanes $\geq 3$
	1	2	3	4	5		
Estados Unidos (Texas a Maine)	11	7	9	2	0	29	11
Texas							
-Norte	3	0	1	0	0	4	1
-Centro							
-Sur							
Louisiana	3	0	1	0	0	4	1
Mississippi	0	0	1	0	0	1	1
Alabama	0	0	1	0	0	1	1
Florida							
-Noroeste	0	1	1	0	0	2	1
-Noreste							
-Suroeste	1	0	1	0	0	2	1
-Sureste	0	0	0	1	0	1	1
Georgia	1	0	0	1	0	2	1
Carolina del Sur	1	0	2	0	0	3	1
Carolina del Norte	1	0	0	0	0	1	2
Virginia	0	0	1	0	0	1	1
Nueva York	0	1	1	0	0	2	1
Connecticut	0	2	0	0	0	2	0
Rhode Island	0	1	0	0	0	1	0
Massachusetts	0	1	0	0	0	1	0
New Hampshire	0	1	0	0	0	1	0
Maine	1	0	0	0	0	1	0

*Fuente:* U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service, National Environmental Satellite Data, and Information Service. (6)

1992, varias muertes ocurrieron fuera de las zonas de inundación y evacuación y se atribuyeron a vientos que pudieron ser exclusivos de este desastre (10). Los aspectos relacionados con los vientos se están incorporando hoy en un programa nacional (10).

Como la mayoría de los desastres naturales, la naturaleza de los ciclones requiere observación continuada de sus efectos sobre la salud pública y la seguridad en las fases de respuesta y recuperación. Los efectos latentes a menudo se tipifican por las muertes y lesiones que se presentan, como electrocuciones por humedad o cables sueltos, heridas por limpieza y quemaduras por incendios desatendidos (16-18). Además, la vigilancia de enfermedades endémicas e infecciosas anuncia la ocurrencia de epidemias que puedan surgir, particularmente después de los desastres hidrometeorológicos. El conocimiento de estos y otros efectos está por reforzarse e investigarse y se deben trazar estrategias apropiadas de salud pública.

**Tabla 10.4** Huracanes con 25 o más muertos en los Estados Unidos, por categoría Saffir-Simpson, 1900 – 1992

Huracán	Año	Categoría	No. de muertes
1. Texas (Galveston)	1900	4	6.000
2. Florida (Lago Okeechobee)	1928	4	1.836
3. Florida (Keys/sur de Texas)	1919	4	600 f
4. New England	1938	3	600
5. Florida (Keys)	1935	5	408
6. Audrey (Louisiana/norte de Texas)	1957	4	390
7. Noreste de Estados Unidos	1944	3*	390±
8. Louisiana (Isla Grande)	1909	4	350
9. Louisiana (New Orleans)	1915	4	275
10. Texas (Galveston)	1915	4	275
11. Camille (Mississippi y Louisiana)	1969	5	256
12. Florida (Miami)	1926	4	243
13. Diana (nordeste de los Estados Unidos)	1955	1	184
14. Sudeste de Florida	1906	2	164
15. Mississippi/Alabama/Florida (Pensacola)	1906	3	134
16. Agnes (nordeste de los Estados Unidos)	1972	1	122
17. Hazel (Carolina del Sur/Norte)	1954	4*	95
18. Betsy (sudeste de Florida/Sudeste de Louisiana)	1965	3	75
19. Carol (nordeste de los Estados Unidos)	1954	3*	60
20. Sudeste de Florida/Louisiana/Mississippi	1947	4	51
21. Donna (Florida/este de los Estados Unidos)	1960	4	50
22. Georgia/Carolina del Sur/Norte	1940	2	50
23. Carla (Texas)	1961	4	46
24. Texas (Velasco)	1909	3	41
25. Texas (Freeport)	1932	4	40
26. Sur de Texas	1933	3	40
27. Hilda (Louisiana)	1964	3	38
28. Sudoeste de Louisiana	1918	3	34
29. Sudoeste de Florida	1910	3	30
30. Connie (Carolina del Norte)	1955	3	25
31. Louisiana	1926	3	25

f De 600 a 900 muertes, sobre 500 ocurridas entre personas que se pensaba perdidas en embarcaciones en el mar

\* Moviéndose a más de 48 km/h

± Un estimado de 344 perdidos en embarcaciones en el mar

Fuente: U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service (8)

## Factores que afectan la ocurrencia y la severidad de los ciclones tropicales

Aunque los daños a la propiedad se han incrementado considerablemente, en las décadas recientes se han prevenido o reducido las muertes y lesiones, principalmente por un mejor pronóstico, alarma, evacuación y albergue de las comunidades en riesgo. Sin embargo, los riesgos asociados continúan presentando problemas a la salud pública, el manejo de emergencias y los pronósticos meteorológicos.

Eventos meteorológicos en cualquier parte del mundo pueden preceder a la ocurrencia de ciclones tropicales en una región dada. La frecuencia de los principales huracanes en la costa sudeste de los Estados Unidos se ha encontrado asociada con fases secas y húmedas de lluvias en África occidental (19). De más de 100 alteraciones tropicales que se desarrollan en el Atlántico, el Caribe y el Golfo de México en un año cualquiera, se estima que 10 son tormentas tropicales, de las cuales 6 se convierten en huracanes. En promedio, dos de ellos golpean directamente a los Estados Unidos (8).

Los ciclones tropicales tienen patrones estacionales en muchas regiones del mundo. En el Caribe y el Pacífico, los huracanes ocurren entre junio y noviembre cuando las condiciones atmosféricas conducen a su desarrollo (8). Sin embargo, se sabe que hay tormentas severas que ocurren fuera de este período. En el océano Índico, ocurren a comienzo del verano (abril-mayo) o luego de la estación lluviosa (octubre-noviembre) cuando las presiones atmosféricas bajas favorecen su origen (20). Sin embargo, se sabe que golpean la costa sur en cualquier momento entre abril y diciembre (21). Los elementos que conforman los ciclones pueden llevar a lesiones directas o daños a las personas y viviendas. Los vientos con velocidades superiores a 336 km/h causan colapso estructural o lanzan al aire escombros como si fueran proyectiles de alta velocidad (9). Las lluvias torrenciales asociadas, hasta de 762 milímetros en varios días, pueden generar inundaciones repentinas y corrientes de lodo (5,9). Se han observado marejadas, elevaciones anormales de agua generadas por una tormenta por encima de las mareas por efecto de los astros, que alcanzan los 7,6 m de altura; duran varias horas y generalmente afectan alrededor de 160 km de la línea costera (9,15). Las inundaciones ocurren conforme los fuertes vientos y mareas empujan, con fuerza destructiva, las ondas marinas creadas por un ciclón hacia las líneas costeras. Las marejadas son diferentes de los tsunamis, los cuales son ondas marinas sísmicas producidas por terremotos en el piso de océano. Los ciclones también impulsan tierra adentro de las aguas de los esteros (5).

Los ciclones igualmente pueden acompañarse de desastres secundarios que pueden crear o exacerbar riesgos nuevos o existentes. Bajo condiciones meteorológicas apropiadas, los tornados pueden ser causados por los huracanes. Los vientos violentos y las trayectorias erráticas de los tornados generados por los huracanes pueden requerir extraordinarias respuestas por parte de los pobladores (10). También se pueden desarrollar otros desastres secundarios, como los deslizamientos de tierra o lodo. En octubre de 1985, la tormenta tropical Isabel causó extensas inundaciones y deslizamientos en Puerto Rico; de un total de 127 muertes, el 78% estuvieron relacionadas con la tormenta y ocurrieron en un deslizamiento (22).

## **Impacto en salud pública: perspectiva histórica**

El impacto se ha examinado en el contexto del desarrollo de sistemas de alerta y de pronósticos. Antes de la introducción de los sistemas de alerta que pueden culminar en la evacuación oportuna y en resguardo seguro, alrededor de 90% de las muertes de



estos eventos ocurría por ahogamiento por las marejadas (5,23). Esta proporción permanece casi igual hoy en los lugares donde los sistemas de pronósticos y de alarma, aunque mejores, están por difundirse a todos los sectores públicos. Este patrón de muertes continúa, por ejemplo, en Bangladesh y Filipinas, donde la presencia de otros factores, como las viviendas inadecuadas y la densidad de población, incrementan el riesgo de ahogamiento (24,25).

La morbilidad relacionada con los ciclones generalmente incluye traumas, enfermedades gastrointestinales y dermatopatías (17,18,22,26-29). El colapso estructural y el levantamiento de escombros por el viento ocasionan muchas lesiones durante los ciclones. En particular, el trauma contundente debido al colapso estructural puede causar muertes durante la fase de impacto; la ocupación de hogares móviles estuvo implicada en varias muertes después del huracán Andrew en Florida (30).

En áreas donde los sistemas de alerta interactúan efectivamente con los pronósticos científicos y el manejo de la emergencia, como en los países desarrollados, las actividades comunitarias durante las fases de preparación, respuesta y recuperación están directamente relacionadas con las acciones en esas mismas fases. Los datos de vigilancia basados en los hospitales indican que las circunstancias para la mortalidad y la morbilidad de personas atendidas por condiciones relacionadas con el ciclón, difieren entre las fases pre y postimpacto. Por ejemplo, las lesiones y muertes relacionadas con el aseguramiento de proyectiles potenciales se han observado antes de que se instalen los huracanes; las muertes por árboles que caen, el trauma relacionado con el uso de sierras de cadena (motosierras) y las quemaduras por fuegos desatendidos o generadores eléctricos son comúnmente reportados luego del huracán. Los ataques cardíacos, atribuidos al estrés, también ocurren en este momento (27).

## Enfermedades infecciosas

Generalmente surgen temores acerca de la ocurrencia de epidemias después de un desastre. Usualmente, el incremento en el riesgo de enfermedades infecciosas está afectado por 6 condiciones: 1) los cambios en los niveles preexistentes de enfermedad; 2) los cambios ecológicos como resultado del desastre; 3) el desplazamiento de personas; 4) los cambios en la densidad de la población; 5) el trastorno en los servicios públicos, y 6) la interrupción de los servicios básicos de salud pública (31). Sin embargo, con la excepción de una epidemia de malaria después del huracán Flora en Haití en 1963, pocas epidemias serias se han documentado después de ciclones tropicales (32,33). A pesar de la falta de epidemias, existe el potencial para que se presenten enfermedades infecciosas en situaciones donde la higiene y el saneamiento están comprometidos por los cambios ambientales durante el desastre.

En el pasado se han implementado sistemas de vigilancia para la monitorización de enfermedades transmisibles, lesiones y otras condiciones. De acuerdo con la información de los servicios de urgencia de los hospitales mediante sistemas activos y pasivos de vigilancia, ya se han documentado serias epidemias de enfermedades

infecciosas durante períodos de vigilancia mayores de un mes después del impacto de un huracán (17,18,22,26,34).

Sin embargo, un estudio mostró un incremento tardío en la incidencia de fiebre tifoidea y paratifoidea, hepatitis infecciosa, gastroenteritis y sarampión después de los huracanes David y Frederick en la República Dominicana el 31 de agosto y el 3 de septiembre de 1979, respectivamente (35). En otro estudio, seis semanas después del ciclón en Bangladesh en 1991, la morbilidad por diarrea se elevó 17 veces. Sin embargo, el incremento tardío fue atribuido a los cambios en los métodos de reporte por parte del Sistema Nacional de Vigilancia de Diarreas (36). No obstante, los agentes patógenos entéricos y respiratorios pueden contribuir a la morbilidad observada después de ciclones. Dado que las condiciones indicadoras como las enfermedades gastrointestinales, respiratorias y dermatológicas ocasionan la mayoría de la morbilidad luego del ciclón, continúan siendo monitorizadas después de tales eventos (17,22,26).

Finalmente, el potencial para las enfermedades transmitidas por vectores puede exacerbarse con los ciclones (37). La exposición humana a vectores de enfermedades puede incrementarse debido a un daño en el ambiente físico y a la migración hacia áreas endémicas (por ejemplo, malaria y dengue). Además, las lluvias relacionadas con el ciclón pueden brindar las condiciones apropiadas para la ovipostura de los vectores. Después del huracán Andrew en Florida, la vigilancia de enfermedades como la encefalitis de San Luis, el dengue y la malaria mostró un marcado incremento, aunque en Luisiana, se implementó el control de mosquitos dadas las fastidiosas poblaciones de los mismos que dificultaban los esfuerzos de recuperación después del Andrew (37).

## Mordeduras y picaduras de animales

Los disturbios ecológicos después de un ciclón pueden ocasionar cambios en el hábitat natural de los animales salvajes. Después de que el huracán Hugo golpeará a Carolina del Sur en 1989, las picaduras de insectos constituyeron el 21% de todos los casos tratados en el interior; entre estos casos, el 26% de la gente presentó reacciones generalizadas (38). El hecho, se pensó, resultó de la destrucción de los nidos de insectos por árboles caídos, la época del año en la que ocurrió el huracán (coincidió con la fase de maduración de muchas especies) y la proximidad de los insectos a la gente durante las actividades de limpieza. En las áreas donde la poblaciones de mosquitos se pueden incrementar como resultado de las lluvias asociadas con la tormenta, se pueden presentar infecciones bacterianas secundarias de las picaduras de mosquitos, aunque hasta la fecha no se ha observado este problema (37).

## Nutrición y defectos congénitos

Se han reportado en la literatura algunos efectos en la salud a largo plazo, debidos al compromiso del estado nutricional después de los huracanes. La incidencia de defectos del tubo neural (espina bífida y encefalocele) entre los nacidos vivos se

incrementó en Jamaica 11 a 18 meses después de ocurrido el huracán Hugo en 1988 (39). El incremento coincidió con cambios megaloblásticos en los pacientes con anemia de células falciformes en el momento de la concepción y sugirió una ingestión deficiente de ácido fólico en la dieta.

## Salud mental

Como en la mayoría de desastres naturales, los efectos en la salud mental a corto y largo plazo se observan hasta 5 años después del impacto. Se han encontrado situaciones diferentes como alteraciones físicas y emocionales, disturbios psicológicos no psicóticos y desórdenes de estrés postraumático en diferentes subgrupos de la población (40). En un estudio de casos, se documentaron disturbios psicológicos entre los evacuados después del huracán Tracy en Darwin, Australia, en 1974 (41,42). El síndrome de estrés postraumático se observó entre adolescentes un año después del impacto del huracán Hugo en Carolina del Sur (43). Un estudio de población entre estos adolescentes indicó los siguientes factores de riesgo para ese evento: 1) la exposición al huracán, 2) la experiencia previa de traumas violentos, 3) la etnia (ser blanco) y 4) el género (ser mujer) (43). Finalmente, se describió un incremento de los problemas mentales durante un período de 5 años después del huracán Agnes que ocasionó grandes inundaciones en Pensilvania en 1972 (44). En el capítulo 6 'Consecuencias de los desastres en la salud mental', se discuten en mayor detalle los factores sicosociales.

## Factores que influyen en la mortalidad y la morbilidad

Los primeros estudios epidemiológicos se dirigieron al recuento descriptivo de las muertes y lesiones después de ciclones, particularmente los relacionados con las marejadas, las intensas lluvias y los vientos violentos. Con los avances tecnológicos (alertas y pronósticos), la evacuación oportuna y el acceso a los albergues, la investigación más reciente se ha dirigido a los factores del comportamiento como la adecuada recepción de los mensajes de alerta, las respuestas apropiadas de seguridad de los ciudadanos y el uso de albergues durante la fase de impacto. Las pocas muertes debidas a huracanes en los Estados Unidos se atribuyen principalmente al colapso del techo.

Las investigaciones postimpacto se han orientado a las muertes y lesiones que pueden ocurrir durante actividades específicas, incluyendo la limpieza y el uso de fuentes alternas de generación de electricidad. Los factores de riesgo para condiciones sicosociales se han observado también durante la fase postimpacto, hasta 5 años después de que el desastre ha ocurrido.

Finalmente, las poblaciones desplazadas, a menudo son ubicadas temporalmente en sitios designados y pueden vivir en malas condiciones sanitarias y de higiene. El mantenimiento de los suministros de agua y alimentos en forma segura y adecuada y

la monitorización de las enfermedades transmisibles son prioritarios para el manejo en salud durante este período.

## Factores naturales

Los riesgos asociados con los ciclones se centran primariamente sobre los efectos de las marejadas, los vientos violentos y las lluvias. Casi el 90% de todas las muertes se atribuyen al ahogamiento como resultado de las marejadas por los fuertes vientos sobre el agua. La elevación de los niveles de agua también puede causar inundaciones de áreas tierra adentro (5). Los vientos fuertes hacen volar escombros y colapsan estructuras. De 14 muertes atribuidas directamente al huracán Andrew en Florida, los reportes preliminares indicaron que 11 (79%) ocurrieron cuando las estructuras colapsaron sobre sus ocupantes (45). Las lluvias torrenciales pueden originar inundaciones de los estuarios en el interior del país y precipitar inundaciones ribereñas e inundaciones repentinas.

Los ciclones pueden debilitar las estructuras y la vegetación, como árboles, en los alrededores. Las lesiones pueden ser causadas cuando tales objetos caen sobre las personas. De 38 muertes en Puerto Rico y Carolina del Sur, relacionadas con el huracán Hugo en 1989, tres se asociaron con la caída de árboles directamente sobre la víctima, sobre una estructura o sobre un vehículo (46).

En algunos casos, los riesgos asociados con un desastre natural secundario, como un tornado, pueden acompañar al evento principal o al ciclón. De las 17 muertes en Luisiana después del huracán Andrew, 1 fue causada por vientos violentos durante un tornado generado por el huracán antes de su llegada (18).

## Factores generados por los seres humanos

Entre los factores de riesgo para la morbilidad y la mortalidad generados por el ser humano, tanto en los países desarrollados como en los en vías de desarrollo, se incluye el pobre diseño o construcción de las edificaciones, el tiempo insuficiente para las alertas y la evacuación, el rechazo a la evacuación y los albergues inadecuados.

En los países desarrollados como los Estados Unidos, han mejorado los códigos de construcción para la resistencia a los huracanes en los sitios propensos. Un estimado de 126.000 viviendas unifamiliares y 9.000 hogares móviles fueron destruidos o averiados después de que el huracán Andrew golpeará al condado de South Dade en Florida. De las 15 muertes directamente atribuidas al huracán, 12 se relacionaron con el viento (10). Aunque desde 1957 se ha implementado el código de construcción, los daños hicieron necesario el desarrollo de mejores diseños para la seguridad ante los fuertes vientos (47). Los hogares móviles continúan siendo populares, particularmente en las áreas costeras. Aunque estos residentes fueron invitados a que evacuaran, varias muertes directamente atribuidas a las fuerzas del huracán ocurrieron en hogares móviles en la zona de evacuación (30).

Los patrones de uso de la tierra también afectan la severidad del impacto de los ciclones. Aunque se sabe mucho sobre los riesgos a lo largo de las costas vulnerables, los asentamientos sobre islas y otras localidades vulnerables han crecido tremendamente en los años recientes y han incrementado la población en riesgo, mucha sin la experiencia suficiente en la preparación ante huracanes (8). El problema se exagera durante los fines de semana, las festividades y en las vacaciones, cuando las poblaciones costeras se multiplican por 10, 100 o más (8). Por ejemplo, de acuerdo con el censo de 1990, la población permanente de Worchester County, Maryland, era de 35.000. Ocean City, una importante localidad turística en el condado, atrajo un estimado de 350.000 visitantes durante el fin de semana del *Memorial Day* en 1991 y, aproximadamente, 3,8 millones de visitantes durante el fin de semana del Día del Trabajo (45).

Entre los residentes de hogares de ancianos y hospitales, la evacuación es un serio problema, dada la falta de movilidad y los requerimientos especiales para el cuidado adecuado de estas personas. La evacuación de los pacientes de hogares de ancianos durante el huracán Helena en Pinellas County, Florida, en 1985 destacó asuntos relacionados con el transporte oportuno, el cuidado médico inapropiado, los albergues y las necesidades de equipo para el cuidado durante las fases de impacto y postimpacto (48). El riesgo de lesiones o de enfermedad durante la evacuación de personas con necesidades especiales aún está por determinarse.

Se han observado muertes relacionadas con la toma de medidas de preparación antes del impacto del ciclón. Muchas están asociadas con electrocución o ahogamiento mientras se aseguraban apropiadamente las antenas de televisión o los botes (16,27). Una muerte resultó por el choque de un automotor durante la evacuación (18).

La construcción de suficientes rutas de transporte para la evacuación de los residentes y visitantes en el evento de un huracán en las áreas en riesgo, no ha ido acorde con el incremento de esas dos poblaciones (8). Por ejemplo, existe únicamente una autopista útil para la evacuación de la población de Keys en Florida.

En Bangladesh, el hecho de no usar albergues contribuyó al incremento en la mortalidad observada después del ciclón en 1991. De una muestra de 1.123 personas, un estimado de 22% de quienes no alcanzaron una estructura de concreto, pereció en el ciclón. Las muertes fueron más frecuentes entre las mujeres mayores de 40 años (31%) y entre los niños menores de 10 (26%) (49).

Las muertes durante las actividades de limpieza después del huracán se atribuyen a electrocución por el uso inapropiado de generadores de electricidad, trauma por estructuras o árboles debilitados y asfixia bajo árboles descuajados.

Las laceraciones y los pinchazos, principalmente por operar motosierras mientras se limpiaban los escombros, se observan a menudo en la fase postimpacto. Los resultados de un estudio de morbilidad relacionada con el huracán Andrew usando datos recogidos en un departamento de urgencias pediátricas sugieren el potencial para el envenenamiento por hipoclorito de sodio o blanqueador entre niños en hogares involucrados en actividades de limpieza. Las recomendaciones de salud pública

enfatan la importancia de observar medidas de prevención y control de lesiones luego del impacto de los huracanes, así como precauciones durante cualquier operación de limpieza al usar equipos pesados.

La falta de electricidad, un fenómeno común después de los huracanes, puede resultar en lesiones asociadas con el uso de velas y generadores. Después del huracán Hugo, en 1989, se observaron quemaduras e inhalación de humo (27).

## **Medidas de prevención y control**

Aunque las estrategias de prevención y control para ciclones son similares a aquéllas usadas para la mayoría de los desastres hidrometeorológicos, las medidas preventivas encuentran una buena oportunidad antes que el ciclón aterrice. Durante este período, los ocupantes de áreas bajo vigilancia y alerta pueden evacuar oportunamente para buscar albergue seguro. Simultáneamente con los avances en la tecnología de los pronósticos y de alertas en los últimos años, la oportunidad en la orden de evacuación se ha seguido de la desocupación de áreas que, de otra forma, estarían sujetas a las fuerzas del huracán. Así descienden la morbilidad y la mortalidad. Hasta la fecha, la prevención se dirige hacia la difusión de información, la toma de decisiones adecuadas, la coordinación de alertas y la mejor elaboración de los mensajes (9).

### Diseño apropiado de las edificaciones y de los materiales de construcción

En los países frecuentemente afectados por ciclones, como Bangladesh y Filipinas, las autoridades locales e internacionales actualmente investigan el uso de diseños apropiados de edificaciones y materiales de construcción, culturalmente aceptados en la región y que puedan soportar los huracanes (50).

### Apropiada planeación del uso de la tierra

Esto puede mitigar los efectos adversos de los ciclones en la salud pública. Por ejemplo, las estructuras llenas de ocupantes con necesidades especiales, como hospitalizados, institucionalizados y ancianos, deben estar localizadas lejos de las líneas costeras en las áreas propensas a huracanes.

### Preparación

La preparación continúa jugando un papel fundamental en el control de la mortalidad y la morbilidad asociadas con los huracanes. En algunas áreas propensas del mundo, notoriamente el Pacífico oeste, la ocurrencia estacional de los tifones crea una “cultura del desastre” para la cual la preparación es casi habitual. Como resultado, la mortalidad y la morbilidad son generalmente bajas. En contraste, la preparación adecuada puede ser difícil de alcanzar en algunas áreas de los Estados Unidos, donde 80 a 90% de las

personas que viven en las zonas en riesgo nunca han tenido experiencia con grandes huracanes (45).

## Alerta

Las propiedades meteorológicas de los ciclones, así como las rutas bien definidas, permiten la observación efectiva y los sistemas de alerta, particularmente en el sudeste de los Estados Unidos. En el 70% de los huracanes, las rutas se pueden establecer 24 horas antes con base en su velocidad y dirección durante las 24 a 36 horas previas (5).

Dado que las predicciones conllevan costosas preparaciones y engorrosas evacuaciones, el factor error se torna en un dilema para quienes hacen pronósticos (5) y, últimamente, para las autoridades de salud pública. Se requiere llegar a un balance entre seguridad y oportunidad de la evacuación de una zona con el potencial que tales predicciones tienen de causar pérdidas económicas por la obstrucción del comercio y otras actividades de negocios. Sin embargo, un grado de “sobrealerta” (definida como la tendencia a adicionar más tiempo del requerido) puede ser necesario debido a: 1) incremento en la densidad de población, especialmente en las áreas costeras de alto riesgo; 2) limitaciones para conocer el tiempo preciso, la fuerza y el lugar de impacto de una tormenta; 3) resistencia pública a la evacuación (en parte debido al costo), y 4) el potencial de pérdida de vidas durante una evacuación apresurada debido al tráfico altamente congestionado. Un estimado mínimo de 30 horas se requiere hoy día para evacuar las personas de Galveston Island, Texas, la de Florida Keys, la de New Orleans, Luisiana y la de Ocean City, Maryland (9). Infortunadamente, la sobrealerta (es decir, en largos y frecuentes períodos de evacuación) plantea un dilema puesto que puede restar credibilidad a quienes pronostican los huracanes y resultar en un retraso de la evacuación.

Los pronósticos adecuados también se basan en la amplitud del área bajo observación y los cambios en la categoría de las tormentas (de categoría 3 a 4). Por ejemplo, la expansión del área bajo observación por el huracán Elena en la Florida en 1985, llevó a considerar pérdidas económicas – un estimado de 10 millones de dólares por cada incremento de 20% en el tamaño del área. La elevación de la categoría de la tormenta de 3 a 4 en Galveston-Houston, Texas, necesitaría la evacuación de 200.000 personas más (8). Desde luego, las sobrealertas podrían reducir la credibilidad para la evacuación (8). Cualquier cambio en las zonas bajo alerta o en la categoría de las tormentas que resulte en evacuación, tendría implicaciones en salud pública como resultado directo del movimiento de poblaciones a gran escala. Así mismo, la decisión de permanecer en el lugar incrementa el riesgo de lesiones, enfermedad y muerte en un huracán.

## Evacuación

La adecuada planeación de una emergencia debe ser seguida de la evacuación segura desde las zonas bajas y costeras y de la adecuada ubicación en alojamientos. El

uso de evacuación convencional horizontal hacia zonas seguras al interior más que una vertical (es decir, alojamiento sobre pisos elevados de edificios) es una posible estrategia de mitigación para garantizar la seguridad de las personas que viven en las comunidades costeras (51).

## Comportamiento

Dado un inminente ciclón, el comportamiento apropiado invariablemente lleva a mayor seguridad. El acatamiento de las órdenes de evacuación obviamente resulta en una mayor probabilidad de supervivencia. Los resultados de un estudio de 1.123 personas después del ciclón de 1991 en Bangladesh, mostraron que todas las personas que buscaron refugio en albergues de concreto o ladrillo sobrevivieron, mientras cerca de 22% de quienes no lo hicieron, fallecieron (49).

## Albergue adecuado

Los albergues apropiadamente construidos y accesibles al público, particularmente en países en vías de desarrollo, pueden mejorar la supervivencia. El uso de albergues en villas costeras en Bangladesh durante el ciclón de 1991 fue el principal determinante de la supervivencia. Para prevenir muertes y lesiones en futuros ciclones, se deben planear albergues adicionales (49,52).

## Educación pública

Quizá, la medida de prevención más importante en los ciclones sea la aceptación de las órdenes de evacuación. El público debe estar informado de los márgenes de error en los pronósticos sobre la intensidad y el área de impacto. Además, el público debe estar conciente de la variabilidad de la intensidad, la cual está sujeta a condiciones meteorológicas cambiantes.

Luego del huracán, las guías para prevenir o reducir los efectos en la salud son instauradas por los departamentos locales de salud, las unidades cooperantes o las agencias de emergencias. Las guías de prevención para individuos y viviendas luego de estos eventos se encuentran en el folleto del CDC *Hurricane: a prevention guide for maintaining your personal health and safety*. Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention, 1994 (53).

## Evaluación de necesidades

En vista de que las fuerzas de un ciclón pueden afectar una gran zona geográfica, el impacto tiende a ser amplio. Se debe conducir el establecimiento rápido de las necesidades con el fin de determinar los requerimientos médicos y de salud en la comunidad. Los resultados de esa valoración ayudan en la orientación adecuada de los recursos y de los servicios en el área. Un establecimiento claro de las necesidades



se debe repetir en el tiempo ya que las necesidades probablemente cambien cuando la gente se reubique o regrese y cuando se restauren los servicios en las áreas impactadas. También puede adelantarse el establecimiento de necesidades para determinar los efectos adversos sobre la infraestructura en salud pública. De igual forma, esta labor se debe adecuar a la situación; en una investigación, los epidemiólogos establecieron el impacto sobre el estado nutricional y el potencial agrícola y pesquero de un país en vías de desarrollo (54).

## Vigilancia

Las muertes, lesiones y enfermedades relacionadas con los ciclones se deben monitorizar con el fin de desarrollar guías preventivas y de seguridad apropiadas. Los sistemas de vigilancia pasiva y activa se deben basar en una variedad de fuentes, incluyendo los servicios de urgencias de los hospitales, los albergues donde se brindan cuidados médicos, las clínicas y las autoridades de medicina legal. Adicionalmente, se pueden realizar investigaciones especiales para identificar cualquier incremento en las poblaciones de vectores, especialmente donde son endémicas las enfermedades por arbovirus.

## Respuesta y recuperación

La respuesta apropiada después del ciclón es similar a la usada en situaciones de inundaciones y otros desastres hidrometeorológicos (55). Los aspectos importantes incluyen: 1) la calidad del agua; 2) la seguridad alimentaria; 3) el saneamiento y la higiene; 4) las precauciones durante las actividades de limpieza que pueden producir lesiones; 5) las inmunizaciones potenciales – por ejemplo, el mantenimiento de la vacunación contra el tétanos; 6) las medidas de protección contra vectores, roedores y otros animales salvajes; 7) los riesgos químicos, y 8) el bienestar mental como la reducción del estrés y la consejería para víctimas y auxiliadores. Asuntos como la calidad del agua, la seguridad alimentaria, el saneamiento y la higiene son especialmente pertinentes entre personas desplazadas, que están temporalmente alojadas en condiciones de hacinamiento, donde el potencial para la transmisión de enfermedades puede estar incrementado (56,57).

## Vacíos de conocimiento

Aunque la literatura describe la mortalidad y la morbilidad postimpacto y subraya los factores de riesgo, se deben cubrir algunos vacíos importantes en el conocimiento epidemiológico. Los principales son:

- descripción de necesidades de las comunidades del interior y costeras luego de los ciclones,

- identificación de los determinantes del uso de albergues, particularmente en culturas propensas a ciclones,
- identificación de los factores de riesgo para mortalidad o lesión entre quienes buscan albergue,
- identificación de los factores de riesgo para muerte, enfermedad o lesión entre grupos con necesidades especiales, como hospitalizados o ancianos,
- asociación entre mortalidad o lesión, la integridad estructural y la resistencia relativa de las edificaciones a los vientos,
- descripción de los efectos a largo plazo, como deficiencias nutricionales o defectos en el momento del nacimiento y
- evaluación de la efectividad de las medidas de prevención y mitigación (por ejemplo, reforestación) sobre los resultados en salud pública.

## Problemas metodológicos de los estudios

Los siguientes problemas se han identificado en los estudios del pasado:

- Las definiciones de caso para las condiciones relacionadas con los ciclones deben ser uniformes, de manera que se puedan aplicar consistentemente en los diferentes estudios.
- Mala clasificación de las condiciones médicas y de salud relacionadas con los ciclones. A menudo, las autoridades locales como médicos clínicos, médicos legistas y personal de las salas de urgencias, deciden si un evento está o no relacionado con un huracán.
- Pueden introducirse sesgos de selección cuando los investigadores monitorizan los efectos del ciclón. Los resultados a menudo son generalizados de fuentes de datos como: 1) salas de urgencias, 2) albergues temporales que brindan cuidados médicos y de salud y 3) sitios de atención como los de Cruz Roja y otras organizaciones. Es importante conocer qué papeles juegan los prestadores privados de salud y otros como los militares, para manejar los efectos en salud, así sólo sea por un tiempo limitado. Además, muchos grupos de ayuda externa comúnmente entran a las áreas afectadas para brindar atención médica y salen sin reportar los tipos de lesiones o enfermedades que trataron.
- El período de tiempo de monitorización de las muertes, enfermedades o lesiones debe estandarizarse para asegurar la consistencia al comparar los resultados entre los diferentes eventos. Dado que la mayoría de lesiones o enfermedades tienden a ser agudas, las autoridades locales normalmente usan un período de un mes después del impacto del ciclón, en el cual hacen el seguimiento (26,35). En un caso extremo, una muerte por impacto directo ocurrió aproximadamente 6 meses después que el huracán Andrew pasó por el condado de South Dade, Florida, en agosto de 1992 (58).

## Recomendaciones para investigación

- La vigilancia de muertes, enfermedades y lesiones se debe continuar a lo largo de los períodos de respuesta y recuperación. La morbilidad gastrointestinal, respiratoria y las lesiones por actividades de limpieza son las más comunes y se deben monitorizar, particularmente después de un desastre hidrológico. Se debe detectar cualquier cambio de las condiciones previas al ciclón e iniciarse la investigación de los factores de riesgo asociados.
- En áreas donde la mortalidad ocurre durante la fase de impacto, se deben adelantar estudios sistemáticos para determinar la efectividad de los sistemas de alerta.
- Se deben adelantar estudios sistemáticos para estimar la asociación entre muertes y lesiones con la integridad estructural y la resistencia relativa de las edificaciones a los vientos. Dado que los fuertes vientos incrementan los elementos causantes de morbilidad y mortalidad en algunos huracanes y que las zonas de evacuación son primariamente determinadas por el daño potencial de las marejadas, se deben adelantar estudios de la asociación entre colapso estructural y muertes y lesiones.
- Conducir estudios para determinar el riesgo de enfermedades o lesiones durante el proceso de evacuación a diferentes puntos.
- Conducir estudios entre poblaciones con requerimientos especiales, como pacientes institucionalizados, para determinar cualquier resultado adverso durante la evacuación horizontal o vertical.
- Estudios para determinar cualquier diferencia entre el riesgo para lesión o enfermedad en comunidades costeras y del interior (por ejemplo, durante las fases de impacto y postimpacto) (38).
- Estudios para abordar los efectos a corto y largo plazo sobre la salud mental de las comunidades afectadas.

## Resumen

Los ciclones tropicales están entre los desastres naturales más destructivos. Dada la amplitud de las tormentas, sus efectos pueden alcanzar grandes áreas. Los efectos peligrosos se relacionan con los fuertes vientos, las lluvias torrenciales y las marejadas. Otros riesgos usualmente se presentan durante la fase de preparación previa al impacto (por ejemplo, el aseguramiento de potenciales proyectiles de alta velocidad) y después del paso, durante las actividades de limpieza (por ejemplo, operación de motosierras y de generadores eléctricos).

El desarrollo tecnológico en materia de pronósticos y de alerta ha contribuido mucho a la reducción de los efectos adversos. Una mejor y más comprensible comunicación entre los meteorólogos y la comunidad puede resultar en evacuaciones más oportunas y, de ahí, en una reubicación más segura.

Para fortalecer la preparación comunitaria en huracanes, se deben establecer los comportamientos adecuados de evacuación, dados ciertos plazos y categorías de las tormentas. Se deben identificar los albergues más seguros en áreas para evacuados y en aquéllas bajo observación por huracanes. La información sobre alertas se debe también comunicar claramente al público.

Después del impacto, los efectos de los ciclones, como los de inundaciones, dependen de la calidad del agua, la seguridad alimentaria, el saneamiento y la higiene, las precauciones durante las actividades de limpieza, las potenciales inmunizaciones determinadas localmente, las medidas contra vectores, la potencial liberación de sustancias tóxicas y las secuelas en salud mental.

Luego del paso del ciclón, deben continuar las actividades como establecer las necesidades en salud y servicios; mantener la vigilancia de muertes, enfermedades y lesiones y, de ser necesario, vectores; monitorizar la calidad del agua y los sistemas de excretas, hasta cuando las condiciones previas se restauren.

## Referencias

1. Office of the United Nations Disaster Relief Coordinator. *Mitigating natural disasters: phenomena, effects and options*. Geneva: Office of the United Nations Disaster Relief Coordinator; 1991.
2. International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. *World Disasters Report 1993*. Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers; 1993.
3. World Meteorological Organization. *The role of the World Meteorological Organization in the International Decade for Natural Disaster Reduction*. Report No.WMO-745. Geneva: World Meteorological Organization; 1990.
4. Robinson A. *Earthshock: hurricanes, volcanoes, earthquakes, tornadoes and other forces of nature*. London: Thames and Hudson Ltd.; 1993.
5. Alexander D. *Natural disasters*. New York: Chapman & Hall, Inc.; 1993.
6. National Environmental Satellite, Data, and Information Service. *Tropical cyclones of the North Atlantic Ocean, 1871-1992. Historical Climatology Series 6-2*. Silver Spring, M.D.: U.S. Department of Commerce, National Oceanographic and Atmospheric Administration National Weather Service; 1993.
7. Gunn SWA. *Multilingual dictionary of disaster medicine and international relief*. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers; 1990.
8. National Weather Service. *Hurricane: a familiarization booklet*. NOAA PA 91001. Silver Springs, M.D.: U.S. Department of Commerce, National Oceanographic and Atmospheric Administration, National Weather Service; 1993.
9. National Research Council. *Facing the challenge. The U.S. national report*. Washington, D.C.: National Academy Press; 1994.
10. National Weather Service. *Hurricane Andrew: South Florida and Louisiana, August 23-26, 1992. Natural Disaster Survey Report*. Silver Springs, M.D.: U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service, 1993.
11. Chowdhury AMR, Bhuyia AU, Choudhury AY, Sen R. The Bangladesh cyclone of 1991: why so many people died. *Disasters* 1993;17:291-303.
12. Delica ZG. Citizenry-based disaster preparedness in the Philippines. *Disasters* 1993; 17:239-47.

13. Shaffer WA, Jelesnianski CP, Chen J. Hurricane storm surge forecasting. *Preprints Oceans* 86 1986;(September 23-26):1379-85.
14. Jelesnianski CP, Chen J, Shaffer WA. *SLOSH: sea, lake and overland surges from hurricanes*. NOAA Technical Report NWS 48. Silver Spring, M.D.: U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service; 1992.
15. National Hurricane Center. *Memorable Gulf Coast hurricanes of the 20th century*. Miami: U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service, National Hurricane Center; 1993.
16. Centers for Disease Control and Prevention. Update: work-related electrocutions associated with hurricane Hugo-Puerto Rico. *MMWR* 1989;38:718-20, 725.
17. Centers for Disease Control and Prevention. Hurricanes and hospital emergency room visits – Mississippi, Rhode Island, Connecticut (Hurricanes Alicia and Gloria). *MMWR* 1986;34:765-70.
18. Centers for Disease Control and Prevention. Injuries and illnesses related to hurricane Andrew-Louisiana, 1992. *MMWR* 1993;42:242-3, 249-51.
19. Gray WM. Strong association between West African rainfall and U.S. landfall of intense hurricanes. *Science* 1990;249:1251-6.
20. Khalil G. Cyclones and storm surges in Bangladesh: some mitigative measures. *Natural Hazards* 1992;6:11-24.
21. Hossain M, Aminul Islam ATM, Kumar Saha S. *Floods in Bangladesh: recurrent disaster and people's survival*. Dhaka, Bangladesh: Universities Research Centre; 1987.
22. Dietz VJ, Rigau-Perez JG, Sanderson L, Diaz L, Gunn RA. Health assessment of the 1985 flood disaster in Puerto Rico. *Disasters* 1990;14:164-70.
23. Organization of American States (OAS). *Disasters, planning, and development: managing natural hazards to reduce loss*. Washington, D.C.: Organization of American States (OAS), Department of Regional Development and Environment, Executive Secretariat for Economic and Social Affairs; 1990.
24. Chowdhury M, Choudhury Y, Bhuiya A, et al. Cyclone aftermath: research and directions for the future. In: Hossain H, Dodge CP, Abed FH, editors. *From crisis to development coping with disasters in Bangladesh*. Dhaka, Bangladesh: The University Press Limited; 1992. p.101-33.
25. Diacon D. Typhoon resistant housing the Philippines: the core shelter project. *Disasters* 1992;16:266-71.
26. Lee LE, Fonseca V, Brett KM, Sanchez J, Mullen RC, Quenemoen LE, et al. Active morbidity surveillance after Hurricane Andrew-Florida, 1992. *JAMA* 1993;270:591-4.
27. Philen RM, Combs DL, Miller L, et al. Hurricane Hugo, 1989. *Disasters* 1992;15:177-9.
28. Alson R, Alexander A, Leonard RB, Stringer LW. Analysis of medical treatment at a field hospital following Hurricane Andrew, 1992. *Ann Emerg Med* 1993;22:1721-8.
29. Longmire AW, Ten Eyck RP. Morbidity of hurricane Frederic. *Ann Emerg Med* 1984; 3:334-8.
30. Centers for Disease Control and Prevention. Preliminary report: medical examiner reports of deaths associated with Hurricane Andrew - Florida, August 1992. *MMWR* 1992; 41:641-4.
31. Western K. *Epidemiologic surveillance after natural disaster*. Scientific Publication No.420. Washington, D.C.: Pan American Health Organization; 1982.
32. Mason J, Cavalie P. Malaria epidemic in Haiti following a hurricane. *Am J Trop Med Hyg* 1965;14:533-9.
33. Pan American Health Organization. *Emergency health management after natural disaster*. Scientific Publication No.407. Washington, D.C.: Pan American Health Organization; 1981.

34. Quinn B, Baker R, Pratt J. Hurricane Andrew and a pediatric emergency department. *Ann Emerg Med* 1994;23:737-41.
35. Bissell RA. Delayed-impact infectious disease after a natural disaster. *J Emerg Med* 1983; 1:59-66.
36. UNICEF Cyclone Evaluation Team. Health effects of the 1991 Bangladesh cyclone: report of a UNICEF evaluation team. *Disasters* 1993;17:153-65.
37. Centers for Disease Control and Prevention. Emergency mosquito control associated with Hurricane Andrew. *MMWR* 1993;42:240-2.
38. Brewer RD, Morris PD, Cole TB. Hurricane-related emergency department visits in an inland area: an analysis of the public health impact of Hurricane Hugo in North Carolina. *Ann Emerg Med* 1994;23:731-6.
39. Duff EMW, Cooper ES. Neural tube defects in Jamaica following Hurricane Gilbert. *Am J Public Health* 1991;84:473-75.
40. World Health Organization Division of Mental Health. *Psychosocial consequences of disasters: prevention and management*. Report No. WHO/MNH/PSF/91.3. Geneva: World Health Organization; 1992.
41. Grant WB, McNamara L, Bailey K. Psvchiatric disturbance with acute onset and offset in a Darwin evacuee. *Med J Aust* 1975;1:652-4.
42. Parker G. Psychological disturbance in Darwin evacuees following Cyclone Tracy. *Med J Aust* 1975;1:650-2.
43. Garrison CZ, Weinrich MW, Hardin SB, Weinrich S, Wang L. Post-traumatic stress disorder in adolescents after a hurricane. *Am Epidemiol* 1993;138:522-30.
44. Logue JN, Hansen H, Struening E. Emotional and physical distress following Hurricane Agnes in Wyoming Valley of Pennsylvania. *Public Health Rep* 1979;94:495-502.
45. Sheets RC. *The United States hurricane problem: an assessment for the 1990's*. Miami: National Hurricane Center; 1994.
46. Danis DM. Disaster-related deaths from Hurricane Hugo and the Northern California earthquake. *J Emerg Nursing* 1990;16:295-7.
47. Federal Emergency Management Agency, Federal Insurance Administration. *Building performance: Hurricane Andrew in Florida*. Report No.FIA-22 (2/93). Washington, D.C.: Federal Emergency Management Agency; 1993.
48. Mangum WP, Kosberg JI, McDonald P. Hurricane Elena and Pinellas County, Florida: some lessons learned from the largest evacuation of nursing home patients in history. *Gerontologist* 1989;29:388-92.
49. Bern C, Sniezek J, Mathbor GM, *et al*. Risk factors for mortality in the Bangladesh cyclone of 1991. *Bull World Health Organ* 1993;71:73-8.
50. Gupta SP. Core shelter assistance project in the Philippines for typhoon victims. *Disaster Management* 1990;3:14-20.
51. Salmon JD. Vertical evacuation in hurricanes: an urgent policy problem for coastal managers. *Coastal Zone Management Journal* 1984;12:287-300.
52. Siddique AK, Eusof A. Cyclone deaths in Bangladesh, May 1985: who was at risk. *Trop Geogr Med* 1987;39:3-8.
53. Centers for Disease Control and Prevention. *Hurricane: a prevention guide to promote your personal health and safety*. Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention; 1994.
54. Sommer A, Mosley WH. East Bengal cyclone of November, 1970: epidemiological approach to disaster assessment. *Lancet* 1972;May 13:1029-36.
55. French JG. Floods. In: Gregg MB, editor. *The public health consequences of disasters*. Atlanta: Centers for Disease Control; 1989. p.39-49.
56. Blake PA. Communicable disease control. In: Gregg MB, editor. *The public health consequences of disasters*. Atlanta: Centers for Disease Control; 1989. p.7-12.

57. Pan American Health Organization. *Assessing needs in the health sector after floods and hurricanes*. Technical Paper No.11. Washington, D.C.: Pan American Health Organization; 1987.
58. Combs D, Parrish RG, McNabb SJN, Davis JH. Deaths related to Hurricane Andrew in Florida and Louisiana, 1992. *Int J Epidemiol* 1996;25:537-44.

# Tornados

SCOTT R. LILLIBRIDGE

## Antecedentes y naturaleza del problema

Los tornados son tormentas de viento en forma de embudo que ocurren cuando chocan masas de aire con diferentes cualidades físicas (densidad, temperatura, humedad y velocidad) (1). Esos violentos vientos giratorios convergen para formar un torbellino, el cual es usualmente estrecho en la base y da al tornado su típica apariencia de embudo. El aire y los detritos son extraídos activamente por la base del torbellino conforme el tornado se va desplazando sobre el terreno, dejando una ruta de destrucción. En el hemisferio sur, los tornados rotan en el sentido de las manecillas del reloj y al contrario en el hemisferio norte (2). Los vientos asociados con los tornados pueden alcanzar velocidades superiores a 400 km/hora.(1,3). Dado que las condiciones climáticas que crean los tornados pueden estar presentes en una amplia zona geográfica, pueden ocurrir epidemias de tornados, definidas como 6 o más tornados, en un período relativamente corto de tiempo. Por ejemplo, en 1974, una epidemia de 148 tornados al este de los Estados Unidos, afectó 13 estados y ocasionó 300 muertes y 6.000 lesiones, aproximadamente (4). El costo del daño a la propiedad causado por una sola epidemia puede exceder los \$200 millones de dólares (5).

Como se muestra en la tabla 11.1, los tornados se miden en la escala Fujita-Pearson (F0 a F5) según la velocidad estimada del viento en sus torbellinos y el ancho y el largo de sus rutas (3,6). La mayoría (60%) son considerados como débiles (F0, F1), con velocidades de sus vientos menores de 182 km/hora y tienen poco poder destructivo. Sin embargo, 1-2% de todos los tornados son considerados violentos (F4, F5), con



vientos que superan los 332 km/hora; estos tornados son altamente destructivos y son responsables de más de 50% de las muertes relacionadas con estos fenómenos en los Estados Unidos (tabla 11.2). Dado que la fuerza de un tornado está asociada con su potencial para causar lesiones y muerte, el número de tornados (F4, F5) por área de tierra, puede suministrar una representación más precisa del riesgo en salud pública para un estado. Los estados con altas concentraciones de tornados F4 y F5 incluyen Oklahoma, Indiana, Iowa y Kansas (2). Entre todos los estados, Florida tiene la mayor concentración de tornados (por 100.000 km<sup>2</sup>) (tabla 11.3), aunque tienden a ser débiles (F0, F1) y entonces tienen limitado impacto en la salud pública. Kansas es consistentemente el estado más propenso a los tornados en función del número total de toda clase de ellos (tabla 11.3) y del número de muertes relacionadas con tornados por área geográfica.

En los Estados Unidos, la mayoría de los tornados (59%) viajan hacia el noreste a una velocidad promedio en tierra de 64 km/hora (2). Sin embargo, se ha notado que se mueven a velocidades superiores a los 121 km/hora, permanecen estacionarios o retroceden. El promedio de longitud de un tornado es de 7 km y 117 m de anchura. La

**Tabla 11.1** Escala Fujita-Pearson de los tornados

Clase de tornado	Velocidad del viento (km/hora)	Longitud de la trayectoria (km)	Anchura de la trayectoria	Severidad de la destrucción
Clase 0	<117,5	1,6	<15,5 m	---
Clase 1	117,5-180,3	5,0	16,5 – 50,3 m	Mínima
Clase 2	181,9 –252,7	5,2 – 15,9	51,2 – 160,0 m	Leve
Clase 3	259,2 – 331,5	16,1 – 51,3	0,55 – 1,45 km	Moderada
Clase 4	333,1 –418,4	51,5 – 159,3	1,61 – 4,83 km	Severa
Clase 5	> 418,4	160,9 – 1.607,7	5,15 – 15,93 km	Total

*Fuente:* National Climatic Data Center

**Tabla 11.2** Frecuencia de los tornados y las muertes relacionadas con ellos por clase Fujita en los Estados Unidos desde 1985 hasta 1993

Fuerza del tornado por clase Fujita	Número total (%) de los tornados por clase Fujita	Número (%) total de muertes por clase Fujita
Débil		
F0	4.305 (51,3%)	3 (0,7%)
F1	2.860 (34,1%)	31 (7,5%)
Fuerte		
F2	907 (10,8%)	76 (18,4%)
F3	250 (3,0%)	85 (20,5%)
Violenta		
F4	64 (0,8%)	152 (36,7%)
F5	6 (0,1%)	67 (16,2%)
Número total de tornados	8.392 (100,0%)	414 (100,0%)

*Fuente:* National Severe Storms Forecast Center

mayoría de los tornados duran unos cuantos minutos; sin embargo, los tornados más fuertes viajan más de 322 km (tabla 11.4), persisten horas y alcanzan 5 km de anchura (2,3). En los Estados Unidos, la hora pico del día para la ocurrencia de estos eventos es entre las 5 p.m. y las 6 p.m. (figura 11.1 y 11.2). Abril, mayo y junio son los meses más activos; sin embargo, varían de un estado a otro. Por ejemplo, actualmente, en Dakota del Norte los meses pico para los tornados son junio, julio y agosto. Aunque ocurren más frecuentemente en ciertas regiones geográficas, a ciertas horas del día y durante ciertos meses, se han registrado a cualquier hora, todos los meses. También, han sucedido en Alaska y Hawai.

El potencial destructor de un tornado está directamente relacionado con la fuerza de sus vientos. Esas fuerzas pueden ser suficientes para arrancar casas de sus cimientos

**Tabla 11.3** Frecuencia de tornados por Estado desde 1953 hasta 1991

<b>Número absoluto de tornados por estado (todas las clases de tornados)*</b>		<b>Estados con el mayor número de tornados ajustados por área (tornados por 100.000 km<sup>2</sup>)</b>
<b>Estado</b>	<b>Número de tornados</b>	
1. Texas	4.949	1. Florida
2. Oklahoma	2.042	2. Oklahoma
3. Florida	1.762	3. Indiana
4. Kansas	1.735	4. Iowa
5. Nebraska	1.449	5. Kansas
6. Iowa	1.229	6. Delaware
7. Missouri	1.044	7. Louisiana
8. Illinois	1.042	8. Mississippi
9. Dakota del Sur	970	9. Nebraska
10. Louisiana	949	10. Texas

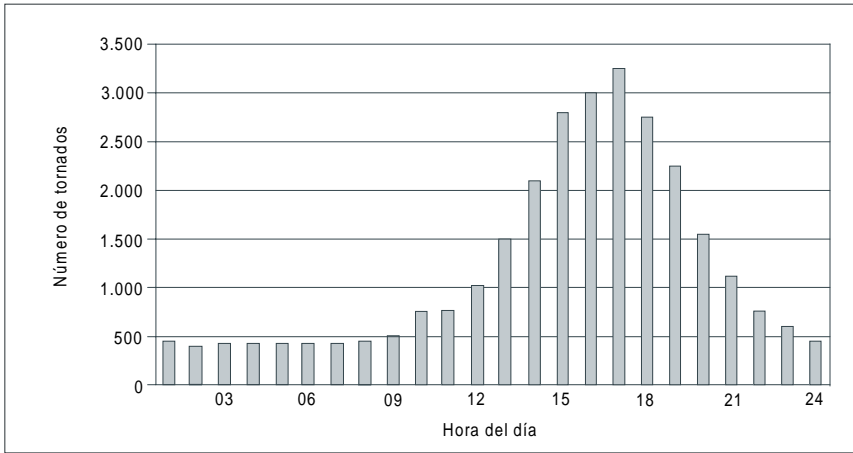
\* El número de tornados en Estados Unidos desde 1953 hasta 1991 fue 29.993.

Fuente: National Climatic Data Center

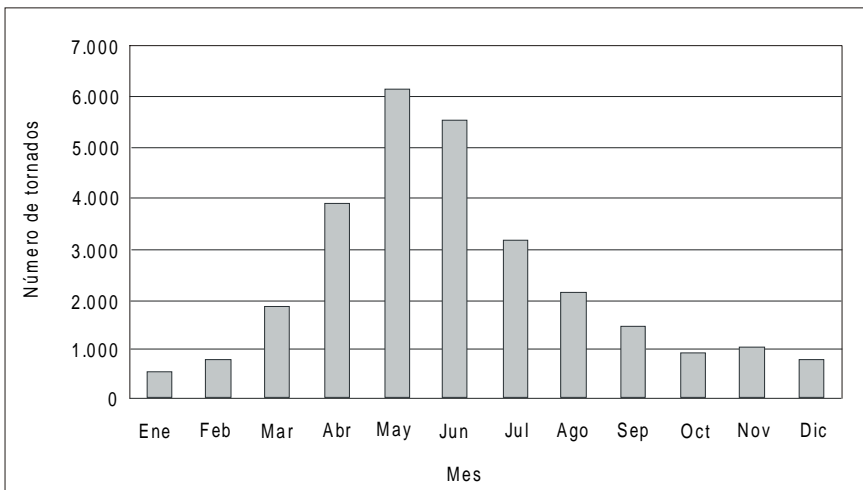
**Tabla 11.4** Tornados con las trayectorias más largas

<b>Estados</b>	<b>Fechas</b>	<b>Longitud de la trayectoria (km)</b>
Missouri-Illinois-Indiana	Marzo 18, 1925	352
Texas-Oklahoma-Kansas	Abril 9, 1947	273
Missouri	Febrero 21, 1971	257
Louisiana-Mississippi	Abril 24, 1908	249
Illinois	Mayo 26, 1917	249
Alabama	Mayo 27, 1973	217
Mississippi-Alabama	Abril 20, 1920	209
Mississippi-Tennessee	Abril 29, 1909	201
Indiana	Abril 3, 1974	194
Illinois	Marzo 30, 1938	185

Fuente: Grazulis TP. *Significant tornadoes 1680-1991*. St. Johnsbury, VT: The Tornado Project of Environmental Films; 1993. (2)



**Figura 11-1.** TORNADOS EN LOS ESTADOS UNIDOS POR HORA DEL DÍA, 1950-1989. Fuente: Grazulis TP. *Significant tornadoes 1680-1991*. St. Johnsbury, VT: The Tornado Project of Environmental Films; 1993. (2)



**Figura 11-2.** TORNADOS EN LOS ESTADOS UNIDOS POR MES DEL AÑO ENTRE 1950 Y 1989. Fuente: Grazulis TP. *Significant tornadoes 1680-1991*. St. Johnsbury, VT: The Tornado Project of Environmental Films; 1993. (2)

y llevar escombros a cientos de millas de distancia. Las epidemias de tornados con múltiples tormentas simultáneas pueden ocasionar grandes demandas a los servicios de emergencias locales y federales y a los servicios de salud (5). Los daños en el suministro eléctrico y telefónico y las pérdidas financieras pueden ser catastróficas para una comunidad (3). Debido a la muy bien localizada ruta de destrucción, la infraestructura de una comunidad afectada usualmente permanece intacta. Sin embargo, esas tormentas pueden producir una situación de accidente masivo para quienes responden en la emergencia como los socorristas y las instalaciones médicas (7-9).

## **Alcance e importancia relativa de los tornados**

Norteamérica es el continente más activo en tornados y es conocida particularmente por el poder destructivo que presentan (2). Ocurren principalmente en el área continental de los Estados Unidos (10). Entre todos los riesgos naturales de este país, únicamente las inundaciones y los relámpagos ocasionan más muertes relacionadas con el clima (11). Otros países, como Canadá, Rusia, Australia, China, India y Bangladesh, también son propensos a ellos y han registrado desastres importantes (2). El peor tornado en Europa ocurrió el 19 de agosto de 1985, cuando murieron entre 70 y 200 personas en Moneuil, Francia. El que más muertes ha causado en el mundo ocurrió el 26 de abril de 1989, en Bangladesh cerca de Dakha, cuando murieron, aproximadamente, 1.300 personas y más de 12.000 sufrieron lesiones. Probablemente, existe un subregistro de los tornados en el mundo debido a que muchos países en vías de desarrollo carecen de sistemas de reporte de climas adversos. En consecuencia, se desconoce su impacto global sobre la salud pública.

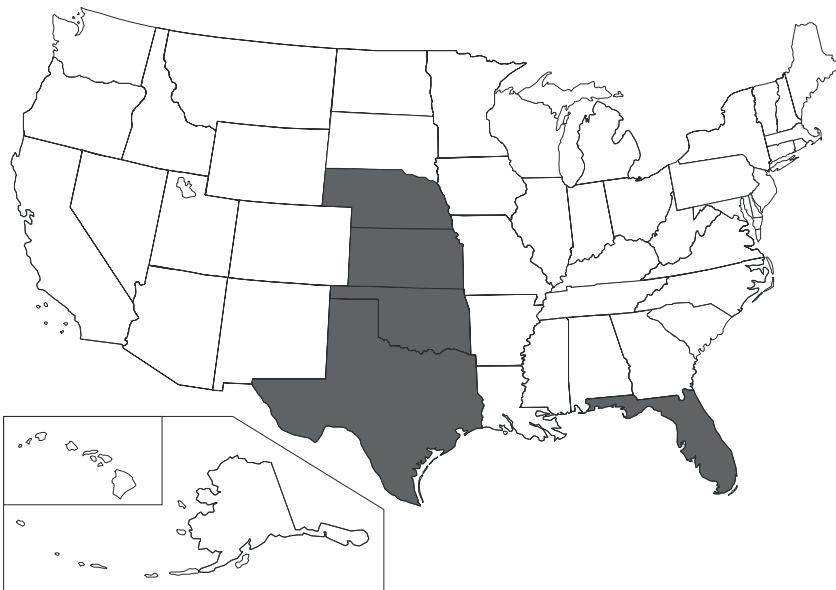
## **Factores que contribuyen a los desastres por tornados**

En las áreas altamente pobladas se presenta el mayor peligro de los tornados para la salud pública (5,8). A diferencia de otros desastres, como los huracanes, los cuales son precedidos por un largo período de alerta que se sigue de la respuesta oficial para la evacuación de las poblaciones vulnerables, los tornados ocurren súbitamente. Además, a menos que se tomen medidas de mitigación del desastre antes del tornado, la prevención de muertes y lesiones puede ser imposible. Una alerta inadecuada y la falta de albergue para las poblaciones en riesgo, son los principales factores que contribuyen a los efectos adversos en la salud pública. Se necesitan múltiples y aún redundantes fuentes de difusión de alertas para asegurar que cada quien, en la ruta del tornado, esté advertido del peligro (12,13). Por ejemplo, durante el tornado de Wichita-Andover en 1991 en Kansas, la única sirena para tornados falló (5). Sin embargo, cerca de 81% de la población cuyos hogares fueron destruidos tuvieron, por lo menos, 5 minutos de aviso a través de otras fuentes, como los medios o el teléfono, lo cual limitó significativamente la pérdida de vidas.

Infortunadamente, muchas comunidades residentes no tienen acceso a albergues apropiados para las tormentas (5). Un albergue adecuado para estos eventos es usualmente subterráneo y está específicamente diseñado para brindar protección temporal ante las condiciones climáticas adversas. Las personas alojada en viviendas multifamiliares y otras comunidades vulnerables a los tornados, como las que viven en hogares móviles, constituyen un desafío para el alojamiento por parte de las autoridades de manejo de desastres, particularmente si no hay albergues cercanos. Además, la falta de adiestramiento puede contribuir a incrementar el riesgo.

## Factores que afectan la ocurrencia y la severidad del problema

Dados los patrones climáticos recurrentes favorables a la formación de tornados, ciertas áreas geográficas están en mayor riesgo de desarrollarlos. Por ejemplo, desde 1953 hasta 1991, cinco estados (Texas, Oklahoma, Florida, Kansas y Nebraska) sufrieron 11.935 (40%) de los 29.953 tornados ocurridos en los Estados Unidos (2) (figura 11.3). En el mundo, las áreas agrícolas (por ejemplo, el medio oeste de los Estados Unidos y las regiones rurales de otros países como Brasil y Argentina) tienen mayor riesgo de desarrollarlos debido a ciertos patrones climáticos que favorecen las buenas cosechas pero que también pueden contribuir al desarrollo de tornados (10). Además de los factores geográficos, la hora del día y la época del año también afectan el riesgo. Por ejemplo, ocurren con mayor frecuencia al final de la tarde. La variación estacional asociada con el desarrollo de tornados significa que el riesgo de las comunidades no es constante a lo largo del año. En los Estados Unidos, enero es el mes con menor frecuencia y mayo el que mayor número registra (10). Otros factores naturales que promueven su desarrollo incluyen fenómenos climáticos como los huracanes. El huracán Beulah, por ejemplo, en 1967, desencadenó 115 tornados en la región costera de Texas (2).



**Figura 11-3.** Estados con el mayor número de tornados, 1953-1991. Fuente: Grazulis TP. *Significant tornadoes 1680-1991*. St. Johnsbury, VT: The Tornado Project of Environmental Films; 1993. (2)

## Impacto en salud pública: perspectiva histórica

Desde 1953 hasta 1991, los Estados Unidos tuvieron un promedio de 768 tornados al año (14). Durante ese período, un promedio de 93 personas murieron anualmente por causa de estos fenómenos. En 1882, en uno de los recuentos más tempranos de tornados, el sargento J. P. Finley reportó más de 600 ocurridos entre 1860 y 1880 (15). Mientras permanecía en la región medio-occidental de los Estados Unidos, investigó muchos reportes de tornados, trazó sus vías y registró sus patrones de daños. También, estableció una red de vigilancia compuesta por más de 1.000 personas que rutinariamente recolectaban y reportaban detalles sobre la ocurrencia y los efectos de los tornados. Este fue el primer programa sistemático de reporte climático y sirvió al desarrollo de un moderno observatorio meteorológico. Muchas de las observaciones y recomendaciones originales del sargento Finley han resistido la prueba del tiempo. Por ejemplo, recomendó que ‘las personas residentes en las regiones propensas a los tornados deben construir albergues subterráneos’ (15). Sin embargo, otras observaciones, como la recomendación de que ‘los tornados se pueden observar con seguridad desde una distancia de 270 m’, no eran prudentes. Actualmente, se recomienda que quien se encuentre amenazado por un tornado debe refugiarse inmediatamente.

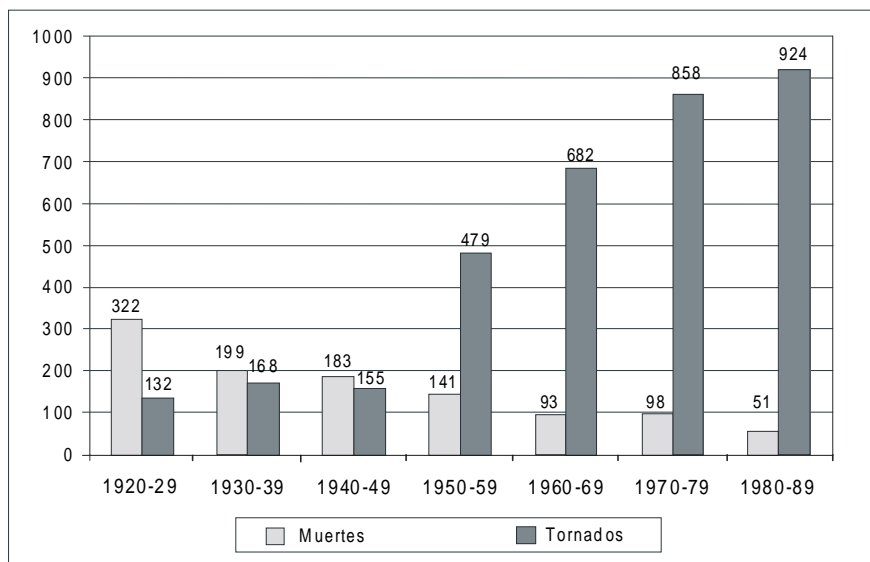
Si bien el número de tornados registrados anualmente en los Estados Unidos generalmente se incrementó desde 1921 hasta 1990, el número anual de muertes asociadas ha decrecido (figura 11.4) (2,14). Una razón para ese descenso es el incremento en la efectividad del *National Weather Service*, NWS. Desde 1952, cuando el NWS comenzó a emitir alertas por tornados, el número de muertes ha venido declinando (2). El mayor reporte de tornados también se ha facilitado por la combinación del mejoramiento en la tecnología de su detección y el desarrollo de un sistema nacional de levantamiento de mapas del clima como los existentes en los Estados Unidos en el NWS donde se están utilizando radares NEXRAD (radares climáticos de nueva generación).

Las personas se lesionan o mueren por los tornados cuando son golpeadas por los escombros impulsados o cuando sus cuerpos son lanzados contra objetos estacionarios. Las lesiones cefálicas son las principales causas de muerte (16,17). Por cada persona que muere en un tornado, 20 se lesionan (8). Las necesidades inmediatas de los sobrevivientes incluyen cuidado médico, albergue, apoyo en la recolección de sus propiedades dispersas y la disposición de escombros.

## Factores que influyen en la morbilidad y en la mortalidad

### Factores naturales

Como se muestra en la tabla 11.2, el riesgo de la población de sufrir lesiones o muerte por un tornado se incrementa con la fuerza del mismo. Afortunadamente, los



**Figura 11-4.** Muertes por tornados por década desde 1920 hasta 1989. Fuente: Grazulis TP. *Significant tornadoes 1680-1991*. St. Johnsbury, VT: The Tornado Project of Environmental Films; 1993. (2)

tornados violentos (F4 y F5) son raros (2). Otro factor relacionado con el riesgo es la longitud de su ruta. Sin embargo, la asociación entre la longitud de su ruta y su poder destructivo es algo confusa por el hecho de que los tornados con largas rutas también son los que tienden a ser más poderosos y destructores (10). Otro factor es la hora del día en que ocurre. Por ejemplo, en 1947, en Compton, Texas, murieron 78 personas por un tornado que ocurrió en la noche (2). Los tornados que ocurren en la noche, cuando se está durmiendo, son más peligrosos ya que es menos probable que se escuchen las alarmas. Otro factor son las condiciones climáticas adversas, tales como el granizo o la lluvia, que ocultan la presencia de tornados, haciendo más difícil su detección.

### Factores humanos

Estos también influyen en la severidad de las consecuencias adversas de los tornados para la salud pública. Diversos estudios epidemiológicos han identificado varios factores de riesgo que incluyen los siguientes: 1) residir en casas móviles; 2) ser mayor de 60 años; 3) permanecer en un vehículo; 4) no buscar albergue durante la alerta, y 5) no estar familiarizado con la terminología de las alertas de tornado (2,5,8,9,16,18,19). Aunque el número de muertes por tornado ha disminuido en los Estados Unidos, el de muertes entre quienes residen en casas móviles puede estar creciendo a tasas alarmantes (5). Además, las personas con discapacidades, como visión deficiente o sordera, puede que no reconozcan las alarmas. Las personas ancianas también están en riesgo por discapacidades tanto sensoriales como físicas (5,8,18).

Varios mitos concernientes con las acciones que se deben tomar luego de las alertas pueden incrementar el riesgo de las personas. La creencia de que uno puede correr fuera del tornado o juzgar exactamente su dirección mientras conduce un vehículo es extremadamente peligrosa. Por ejemplo, durante el tornado de Wichita Falls en 1979, el 40% de las personas que murieron estaba intentando huir en automóviles (8). Irónicamente, muchos de esos ocupantes habían dejado áreas relativamente seguras para dirigirse directamente a la ruta de la tormenta. Otra creencia sin bases científicas es que los tornados no ocuparán repetidamente el mismo lugar. Esta creencia fue desmentida por la experiencia de Codell, Kansas, la cual fue golpeada por un tornado en tres años consecutivos, 1916, 1917 y 1918 (2). Aunque tales repeticiones son raras, sirven para recordarnos que la dirección y la ruta de cualquier tornado son puramente aleatorias. Otro mito peligroso: que el abrir y cerrar las ventanas puede mitigar los daños; de hecho, sólo sirve para retrasar la búsqueda de un albergue seguro.

Como lo han demostrado consistentemente varios estudios, las tasas de morbilidad y de mortalidad son mayores cuando no se dan alertas efectivas y cuando no se dispone de albergues. Además, la efectividad de los sistemas de difusión de alertas es limitada si las poblaciones son incapaces de entenderlas porque se han divulgado en forma inadecuada culturalmente (20). Por ejemplo, durante un tornado en 1987, la comunidad rural no incorporada de Zaragoza, Texas (con una población de 200 a 415 habitantes, la mayoría hispanos), fue golpeada por un violento tornado (F5) que mató 30 personas e hirió 131 (20). Los resultados de una investigación posterior sugirieron que, además de un número insuficiente de albergues para esa población, el impacto en salud pública fue mayor porque los mensajes no fueron difundidos en español (21).

## Medidas de control y prevención

### Alertas

Una de las herramientas de prevención más importantes que los meteorólogos del NWS usan para reducir el riesgo de la población ante tornados, es el sistema de radar doppler (NEXRAD) (22). Esta nueva tecnología permite la detección del tornado con un 30 a 60% de mayor sensibilidad que el radar convencional a distancias mayores a 322 km (23). Los radares doppler son capaces de detectar el movimiento de los tornados con un promedio de 20 minutos antes de tocar tierra. Infortunadamente, en 1990, el cubrimiento del radar doppler no había alcanzado a incluir la región de Plainfield, Illinois. El tornado (F5) ocasionó 28 muertos y 274 lesionados (22). El período extremadamente corto entre la alerta y el arribo en Plainfield y la forma excéntrica de su embudo pudieron hacer difícil para los observadores el reconocimiento de la aproximación del tornado. La tragedia resultante ilustra la importancia de expandir la disponibilidad de una nueva tecnología en las regiones propensas a estos fenómenos. Además de estas mejoras, se está adelantando un programa de modernización en toda la nación para mejorar la divulgación de la información climatológica a través de la



radio, la televisión y el teléfono. Las alarmas de tormentas se están incorporando a los medios noticiosos comerciales (por ejemplo, el canal del clima, 24 horas de televisión) (24). El mejoramiento continuado en la detección de tornados y la expansión de las alertas están asociadas con el descenso en el número anual de muertes por tornados observadas en los Estados Unidos (2).

### Epidemiología: evaluación y vigilancia

Los epidemiólogos pueden ser requeridos para prestar asistencia técnica en la conducción de estudios urgentes de salud en las poblaciones afectadas por tornados (25,26). Tales estudios posteriores a los tornados son usualmente conducidos siguiendo la ruta de la tormenta, puerta a puerta, o estableciendo las necesidades de las personas desplazadas de sus hogares a albergues temporales. Dado que los tornados ocasionan sus mayores efectos adversos en salud pública cuando se mueven en áreas populosas, los grupos de estudio se deben enfocar inicialmente sobre las áreas residenciales altamente urbanizadas cuando los recursos son limitados. Dos importantes requerimientos logísticos influyen en el éxito de la evaluación del desastre conducida inmediatamente después de un tornado:

- Mapas muy detallados: son herramientas en extremo importantes para quienes organizan los estudios de campo basados geográficamente en áreas altamente urbanizadas. Los mejores se obtienen de las autoridades locales y estatales.
- Reconocimiento aéreo: la información más temprana y real se obtiene por esta vía. Si la evaluación de los daños basada en terreno no está guiada por estudios visuales aéreos, ésta se retrasará y su efectividad se verá reducida.

La vigilancia en salud pública postdesastre de una población afectada por un tornado puede ser un componente importante de la respuesta de emergencia (27). La información así obtenida se puede usar para detectar epidemias de enfermedades infecciosas, lesiones y enfermedades relacionadas con el ambiente que ocurren en una población como resultado de un desastre por tornado (28,29). Para ser efectivas, las actividades de vigilancia en salud y las condiciones médicas se deben basar en sitios clínicos y en albergues oficiales y privados donde haya personas desplazadas. Además, se debe utilizar un formato estándar de vigilancia.

Agencias de socorro, como la Cruz Roja, recogen datos sobre el estado de las víctimas en los albergues (30). De ahí que los epidemiólogos que conducen la vigilancia postdesastre deben coordinar la vigilancia y otras actividades de recolección de datos con todas las agencias de socorro y con las autoridades de salud pública locales y estatales.

### Controles legales y de ingeniería

Se ha identificado que los residentes de hogares móviles están en alto riesgo de muerte y lesiones (8,18). El ejemplo más gráfico ocurrió en Andover, Kansas, en 1991,

cuando un tornado (F5) golpeó a una comunidad de este tipo y destruyó 205 unidades residenciales. De los 38 residentes no albergados que permanecieron en los hogares móviles, 11 (29%) murieron, 17 (45%) fueron hospitalizados y 9 (24%) recibieron lesiones tratadas ambulatoriamente. Increíblemente, una sola persona no albergada no presentó lesiones. En contraste, ninguno de los 150 residentes, de esa comunidad que se encontraban en un albergue subterráneo, se lesionó o murió. Infortunadamente, en el momento del desastre, 40% de todos los parques de casas móviles estudiados en el condado afectado no tenía un albergue comunitario ante la presencia de tormentas.

Aunque la mortalidad en los Estados Unidos ha venido disminuyendo desde 1985 hasta 1993, 151 (36,5%) de las 414 muertes ocurridas durante ese período ocurrieron en residentes de casas móviles, aunque sólo el 7% de la población de los Estados Unidos vive en estas condiciones (31). Por consiguiente, esta población es un importante blanco para la mitigación de los efectos de los tornados (32). Aparte del mejoramiento de las alertas, la medida de prevención y control más efectiva para reducir las lesiones y las muertes, es la provisión de opciones adecuadas de albergue para esta población (23).

### Tratamiento médico y rehabilitación

Puesto que los tornados ocasionan destrucción a lo largo de su ruta, puede ser difícil la determinación rápida de dónde ocurrió la mayoría de los casos. En los grandes tornados, los sistemas de comunicación están frecuentemente interrumpidos y las autopistas bloqueadas con escombros. Muchos pacientes con lesiones menores pueden acudir súbitamente a los servicios de urgencias del hospital local y agotar los recursos. Esto impediría que el personal de salud se prepare para el arribo de personas más severamente lesionadas que pueden llegar más tarde ya que requieren liberación, estabilización en terreno y transporte en ambulancia. La planeación efectiva del hospital debe asegurar que los casos sean clasificados y distribuidos a través del sistema local de salud (33).

Los estudios han demostrado que las lesiones severas de tejidos blandos, en forma de contusiones, laceraciones complejas y múltiples fracturas, particularmente de huesos largos, tienden a ser severas (7,8,34). Dado que las lesiones de los tejidos blandos tienden a infectarse por bacilos gramnegativos comúnmente encontrados en el suelo (7,35), las heridas se deben considerar como altamente contaminadas y manejarse apropiadamente. Su manejo debe incluir debridamiento, cierre secundario y profilaxis contra el tétanos (inmunización pasiva o activa, dependiendo del estado previo de vacunación). El tratamiento antibiótico debe cubrir bacterias gramnegativas (36). Además de los problemas infecciosos asociados con los tornados, los de la salud mental entre socorristas y víctimas pueden ser un importante aspecto de salud pública, hecho que debe tenerse en cuenta en la planeación (ver capítulo 6, 'Consecuencias de los desastres en la salud mental').

### Conciencia pública y educación

La observación (vigilancia), el establecimiento de alertas (advertencia) y la

divulgación a los medios y las organizaciones comunitarias, por parte del NWS, son las formas primarias de avisar al público sobre la aproximación de un tornado (4). La observación permite detectar que las condiciones climáticas favorecen el desarrollo de tornados. La alerta significa que se ha detectado por los observadores en campo o por la tecnología avanzada. Una limitación de esta nomenclatura es que la población local puede que no entienda la diferencia de significado entre los dos términos. Por ejemplo, después de la epidemia de tornados de Carolina del Norte y del Sur en 1986, un estudio de campo en la ruta del evento reveló que solamente el 40% entendía la diferencia entre vigilar y advertir (9). Los programas comunitarios como el mantenimiento de un sistema de voluntarios del clima puede incrementar la proporción de tornados detectados y mejorar la divulgación de alertas. Dada la consistente asociación entre la fuerza de los tornados y su potencial para causar muertes y lesiones serias, la preparación se debe concentrar en aquellas partes del país con un alto número de tornados violentos (F4, F5). Otro componente importante de la preparación es la educación de la comunidad en la búsqueda de refugios apropiados, particularmente en edificios públicos como escuelas. Entre los vecinos en las áreas propensas a tornados, para mejorar la conciencia acerca de los riesgos climáticos, se puede promover el uso de 'radios del clima' que brindan 24 horas de información, sobre condiciones climáticas adversas.

## Vacios de conocimiento

Dada la frecuencia de tornados en los Estados Unidos, muy pocos estudios se han hecho para determinar los factores de riesgo para lesiones y muerte con el fin de desarrollar estrategias más efectivas para la protección del público ante sus efectos peligrosos. Se requieren más estudios epidemiológicos. Son necesarios los datos de los numeradores que describen la edad, el sexo, la raza de los lesionados y muertos y los denominadores que describen la población en riesgo para deducir las tasas de morbilidad y mortalidad (37). Los intentos de los epidemiólogos para localizar víctimas (casos) luego de un tornado pueden ser facilitados por las autoridades locales de salud, los hospitales, las fuerzas legales y los funcionarios de la Cruz Roja. Pueden estar disponibles varias fuentes de datos. Los servicios médicos de urgencia tienen información sobre el transporte en ambulancias y las actividades médicas de campo. Los registros de pacientes de los consultorios, los servicios de urgencias y los registros médicos se pueden constituir en excelentes fuentes de información. Los médicos del condado, los legistas, los agentes de la ley y los medios también pueden dar información adicional sobre las muertes relacionadas con el tornado. La información del censo local es muy útil para el estimativo de la magnitud de la población afectada.

El actual sistema de vigilancia de morbilidad y mortalidad por clima adverso, recoge únicamente información limitada sobre las circunstancias asociadas con las lesiones y las muertes. Los registros médicos y los reportes de médicos legistas no son usualmente examinados por quienes recogen información sobre los efectos del clima

con el fin de obtener más datos sobre los mecanismos de lesión o la causa de muerte. Se recoge poca información sobre el comportamiento de las víctimas en la búsqueda de refugios en el momento de lesionarse o de morir o sobre si las víctimas habían sido adecuadamente advertidas del tornado que se aproximaba. En parte debido a la falta de datos, la mayoría de los estudios se ha concentrado sobre las muertes, las cuales son fácilmente medidas y menos numerosas que las lesiones. Los estudios de morbilidad han sido limitados porque los lesionados buscan atención médica en diversos lugares y la documentación puede no ser prioritaria (38). Además, se ha hecho muy poca investigación relacionada con las características físicas de un tornado (velocidad del viento, ancho, duración, etc.) y sus efectos en la salud pública. Hacen falta estudios para determinar las estrategias óptimas de divulgación de alertas y no se ha evaluado totalmente el potencial de las nuevas tecnologías de comunicación, como la transmisión por satélite y la televisión por cable.

## **Problemas metodológicos de los estudios**

Como en la mayoría de los desastres, los tornados crean situaciones en las cuales el tamaño de la población afectada es difícil de determinar. En estos eventos, es especialmente difícil esa labor por cuanto son muchas las rutas de destrucción en la comunidad y no toda está uniformemente afectada. Otro elemento clave de cualquier investigación epidemiológica de una comunidad afectada es la determinación del tiempo de aviso que tuvo la población antes del impacto. De hecho, la estimación de ese tiempo retrospectivamente es difícil (se basa en el recuerdo de las personas) y está sujeto a sesgos. Además, es imposible establecer el mecanismo exacto de muerte para muchas víctimas ya que, en la mayoría de casos, las autopsias no se realizan. La localización y el seguimiento de los sobrevivientes es igualmente difícil, pues muchas víctimas se reubican en albergues temporales o con familiares o amigos. Otra dificultad al comparar las lesiones y muertes asociadas con un tornado específico es determinar la extensión en la cual varios tipos de edificaciones (madera, ladrillo) tienden a resistir el daño por el viento. Se esperaría que las estructuras altamente resistentes protejan a sus ocupantes. Además, el gradiente de velocidad del viento asociado con un tornado puede diferir significativamente en distancias de pocos metros del embudo. De ahí que no sea clara la extensión a la cual una lesión personal refleja el efecto total de los vientos. Como se mencionó, el sistema de vigilancia de morbimortalidad por clima adverso recoge poca información sobre el comportamiento de la seguridad personal, el grado de alerta o el acceso a refugios. Aunque se han adelantado algunos estudios de casos y controles sobre los factores de riesgo de lesiones y muertes, la mayoría carecen del abordaje multidisciplinario necesario, con poca intervención de la epidemiología, la ingeniería de vientos y la meteorología.

## Recomendaciones para investigación

- Conducir estudios para definir el uso óptimo de la nueva tecnología. Aunque se ha desarrollado tecnología para la predicción y la detección (2,22), la comunicación de esa información al público puede aún mejorarse. Los sistemas automáticos de alerta por teléfonos y radios del Servicio Nacional del Estado del Tiempo (NWS) son una gran promesa. Además, se requiere investigación para desarrollar tecnología de alerta por tormentas, específica para las poblaciones dentro y fuera de la vivienda, si se quiere proteger totalmente a las comunidades.
- Desarrollar métodos para proteger la creciente población de ancianos dado que la pérdida de visión y audición los hace incapaces de beneficiarse de la nueva tecnología que requiere ver y escuchar adecuadamente. Es necesario determinar los mejores métodos de alerta y albergue para esta porción vulnerable de la población.
- Estandarizar la recolección de datos por médicos clínicos o legistas luego de los desastres.
- Desarrollar definiciones estandarizadas de lesiones y muertes relacionadas con los tornados.
- Asegurar que los equipos que estudian los efectos de los tornados sean multidisciplinarios. Eso es necesario para optimizar los estudios, dado que estos eventos involucran la correlación de información física y meteorológica con los datos epidemiológicos.
- Conducir mayores investigaciones sobre el mejor uso de la nueva tecnología y los modernos recursos de comunicación masiva para la divulgación de alertas. Han surgido problemas con falsos positivos que harían menos probable la búsqueda de refugio en el futuro.

## Resumen

En los Estados Unidos, los tornados siguen siendo los eventos climáticos adversos que con mayor frecuencia resultan en desastres. Infortunadamente, su prevención está actualmente lejos de nuestras capacidades tecnológicas. Los estudios han señalado la importancia de proveer alertas y refugios adecuados a las poblaciones en riesgo. Esas medidas de prevención son particularmente importantes en los estados con un gran número de tornados violentos (Kansas, Iowa, Illinois, Indiana y Oklahoma) y en localidades donde mucha gente vive en casas móviles (5,39). El *National Weather Service* continúa modernizando su sistema de vigilancia del clima adverso. Como resultado, las comunidades están confiando menos en los sistemas de alerta que dependen solamente de sirenas y más en una variedad de sistemas avanzados que incluyen los mapas del clima, la televisión por cable y la alerta telefónica automática. La morbilidad y la mortalidad deben continuar disminuyendo en los Estados Unidos si

los esfuerzos para avisar y albergar a las poblaciones vulnerables, como los ancianos y los residentes en casas móviles, se tornan en parte rutinaria de la preparación comunitaria para emergencias.

## Referencias

1. National Weather Service. *Tornadoes: nature's most violent storms. A preparedness guide* (NOAA/PA 92052). Washington, D.C.: Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service; 1992.
2. Grazulis TP. *Significant tornadoes 1680-1991*. St. Johnsbury, VT: The Tornado Project of Environmental Films; 1993.
3. Sanderson LM. Tornadoes. In: Gregg MB, editor. *The public health consequences of disasters*. Atlanta: Centers for Disease Control; 1989. p.39-49.
4. National Weather Service. *Tornado safety: surviving nature's most violent storms* (NOAA/PA 82001). Washington, D.C.: Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service; 1982.
5. Centers for Disease Control. Tornado disaster- Kansas, 1991. *MMWR* 1992;41:181-3.
6. National Climatic Data Center. *Storm data and unusual weather phenomena with late reports and corrections, 1993*. Asheville, NC: National Climatic Data Center; 1993;35:71.
7. Harris LF. Hospitalized tornado victims. *Ala Med* 1992;61:12-6.
8. Glass RI, Craven RB, Bregman DJ. Injuries from the Wichita Falls tornado: implications for prevention. *Science* 1980;207:734-8.
9. Centers for Disease Control. Tornado disaster- North Carolina, South Carolina, March 28, 1984. *MMWR* 1985;34:205-13.
10. Fujita TT. *U.S. tornadoes. Part I. 70-year statistics*. Chicago: University of Chicago; 1987.
11. Kremkau L. Severe weather fatalities. In: Kremkau L, editor. *Hazard Awareness Report*. Silver Spring, M.D.: Warning Coordination Branch, National Weather Service; 1993. p.25.
12. Mileti DS, Sorensen JH. Planning and implementing warning systems. In: Lystad M, editor. *Mental health response to mass emergencies*. New York: Brunner/Mazel; 1988.
13. Lindell MK. Warning mechanisms in emergency response systems. *Int J Mass Emergencies and Disasters* 1987;5:137-53.
14. National Climatic Data Center. National summary of tornadoes, 1991. *Storm data with annual summaries and unusual weather phenomena with late reports and corrections*. Asheville, NC: National Climatic Data Center; 1991. p.33:66-79.
15. Finley JP. *Character of six hundred tornadoes*. Professional papers of the Signal Service No.7. Washington, D.C.: U.S. War Department; 1882.
16. Carter AO, Milison ME, Allen DE. Epidemiologic study of deaths and injuries due to tornadoes. *Am J Epidemiol* 1989;130:1209-18.
17. Brenner SA, Noji EK. Head and neck injuries from 1990 Illinois tornado (letter). *Am J Public Health* 1992;82:1296.
18. Eidson M, Lybarger JA, Parsons JE, et al. Risk factors for tornado injuries. *Int J Epidemiol* 1990;19:1051-6.
19. Duclos PJ, Ing RT. Injuries and risk factors for injuries from the 29 May 1982 tornado. Marion, Illinois. *Int J Epidemiol* 1989;18:213-9.
20. Centers for Disease Control. Tornado disaster, Texas. *MMWR* 1988;37:454-6, 461.
21. Aguirre BE. Feedback from the field: the lack of warning before the Saragosa Tornado. *Int J Mass Emergencies and Disasters* 1988;6:65-74.
22. Centers for Disease Control. Tornado disaster-Illinois, 1990. *MMWR* 1991;40:33-6.
23. Eilts MD. Severe weather warning tools. *Storm, the World Weather Magazine* 1993;September:28-34.

24. Belville JD. The National Weather Service warning system. *Ann Emerg Med* 1987;16:1078-80.
25. Lillibridge SR, Noji EK, Burkle FM. Emergency health assessment of a population affected by a disaster. *Ann Emerg Med* 1993;22:1715-20.
26. Centers for Disease Control. Rapid health needs assessment following Hurricane Andrew-Florida and Louisiana, 1992. *MMWR* 1992;41:685-8.
27. Glass RI, Noji EK. Epidemiologic surveillance following disasters. In: Halperin WE, Baker E, editors. *Textbook of epidemiologic surveillance*. New York: Van Nostrand Reinhold; 1992. p.195-205.
28. Toole MJ. Communicable disease epidemiology following disasters. *Ann Emerg Med* 1992;21:418-20.
29. Binder S, Sanderson LM. The role of the epidemiologist in natural disasters. *Ann Emerg Med* 1987;16:1081-104.
30. Patrick P, Brenner SA, Noji EK, Lee J. The American Red Cross-Centers for Disease Control Natural Disaster Morbidity and Mortality Surveillance System (letter). *Am J Public Health* 1992;82:1690.
31. Brooks H, Purpura J. Mobile home tornado fatalities: some observations. In: Kremkau L, editor. *Hazard awareness report*. Silver Spring, MD: Warning Coordination Branch, National Weather Service; 1994. p.25.
32. Bureau of the Census. *1990 U.S. Census*. Washington, D.C.: Department of Commerce, Bureau of the Census; 1990.
33. Waeckerle JF. Disaster planning and response. *N Engl J Med* 1991;324:819.
34. Centers for Disease Control and Prevention. Tornado disaster-Alabama, March 27, 1994. *MMWR* 1994;43:356-9.
35. Gilbert DN, Sanford JP, Kutscher E, et al. Microbiologic study of wound infections in tornado casualties. *Arch Environ Health* 1973;26:125-30.
36. Brenner SA, Noji EK. Wound infections after tornadoes (letter). *J Trauma* 1992;33:643.
37. French JG, Falk H, Caldwell GG. Examples of CDC's role in the health assessment of environmental disasters. *The Environmental Professional* 1982;4:11-4.
38. Lillibridge SA, Noji EK. The importance of medical records in disaster epidemiology research. *J Am Health Information Management Assoc* 1992;63:137-8.
39. National Weather Service. *Wichita/Andover, Kansas tornado, April 26, 1991, Natural disaster survey report*. Washington, D.C.: Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service; 1991.

## Oleadas de calor y ambientes calurosos

EDWIN M. KILBOURNE

El clima ardiente es un determinante importante de mortalidad humana. En los Estados Unidos, una gran oleada de calor durante un determinado verano puede causar miles de muertes. Para los propósitos de la salud pública, la expresión 'oleada de calor' no es fácilmente definida. El 'calor' es un término relativo y los períodos calientes (oleadas) varían mucho en su intensidad y duración. Las temperaturas ambientales pueden cambiar rápidamente y presentar fluctuaciones diurnas. Su efecto sobre los seres humanos no es el mismo en las diferentes áreas geográficas. Además, los microclimas, los comportamientos y las condiciones médicas previas de los seres humanos afectan dramáticamente las consecuencias biológicas de los macroambientes ardientes. Por consiguiente, hoy en día, se elude una descripción precisa de las condiciones que constituyen una ola de calor de importancia en salud pública. La determinación precisa de esas condiciones sigue siendo un área importante de investigación científica.

### Física y fisiología del calor

Aunque puede haber considerable fluctuación de la temperatura de las extremidades y la superficie corporal de los seres humanos, los mecanismos de homeostasis térmica tratan de mantenerla en un rango relativamente constante o temperatura 'central'. Para propósitos prácticos, hay cuatro procesos involucrados en la homeostasis térmica: 1) la obtención de calor del metabolismo, 2) la pérdida por evaporación, 3) la ganancia y



la pérdida por conducción y convección y 4) la ganancia o la pérdida de energía calórica radiante. El cuerpo obtiene calor metabólico por numerosas reacciones bioquímicas esenciales para la vida. El cuerpo pierde calor por la transpiración de la piel o cuando las secreciones se evaporan en el epitelio respiratorio. Si la temperatura de la superficie corporal es diferente de aquella de las sustancias con las que está en contacto, entonces el cuerpo gana o pierde calor por conducción. Si la sustancia con la cual está en contacto es un medio fluido, como el agua o el aire, entonces la conducción se acelera por el flujo del fluido sobre la superficie corporal (convección). Finalmente, independientemente de la temperatura del ambiente, si la persona está en presencia de objetos o superficies más calientes o más fríos que el cuerpo, entonces el calor corporal es ganado o perdido de aquellos objetos por medio de la radiación (1).

Cuatro variables meteorológicas impactan significativamente el proceso físico que media la homeostasis térmica. Estas son: 1) la temperatura del aire (medida por un termómetro de bulbo seco oscuro), 2) la humedad (medida ya sea como humedad relativa o por comparación de las temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo), 3) el movimiento de aire (velocidad del viento) y 4) la energía calórica de la radiación solar (medida en una variedad de formas). Cuando la temperatura del aire medida por bulbo seco es baja, el calor generado metabólicamente es más fácilmente perdido desde el cuerpo hacia el aire por conducción/convección. A medida que la temperatura del aire sube, el calor perdido por convección se pierde más lentamente hasta cuando, a temperaturas superiores a la corporal, esta pérdida ya no es posible y se puede ganar calor del aire. La humedad elevada limita el efecto de enfriamiento por evaporación o transpiración y por las secreciones; en consecuencia, se incrementa el estrés por calor. El aumento en la velocidad del aire facilita la transferencia convectiva de calor y la evaporación del sudor. La energía del calor radiante se suma al estrés por calor independientemente de otras variables. Por ejemplo, debido al calor radiante uno siente más calor bajo la luz solar que en la sombra, aun bajo idéntica temperatura, velocidad del aire y humedad (2-4).

Entonces, el estrés que el ambiente caliente ejerce sobre la homeostasis no es una simple función de la temperatura. Entran en juego otras variables meteorológicas. Se ha desarrollado un número de índices con el fin de lograr uno que exprese los efectos combinados de las variables ambientales relevantes al estrés por calor. Uno de tales índices es la temperatura efectiva (TE) (4), un indicador empírico desarrollado a comienzos del siglo XX, basado en observaciones de sujetos humanos bajo una variedad de condiciones de temperatura, humedad y movimiento del aire. La temperatura efectiva de cualquier combinación dada de temperatura, humedad y movimiento del aire es la temperatura del aire saturado que podría llevar a la misma sensación térmica subjetiva. Dado que la escala original es muy sensible al efecto de la humedad a bajas temperaturas y no lo suficiente a la humedad a altas temperaturas, se ha publicado una versión reformulada de la TE (5,6).

Otro índice, actualmente acogido por los meteorólogos estadounidenses, es la temperatura aparente del profesor R. G. Steadman. Fue derivado matemáticamente y se basa en principios físicos y fisiológicos (7). El índice de calor, actualmente reportado

por el *National Weather Service*, se basa en el índice de temperatura aparente de Steadman. La temperatura por globo de bulbo húmedo (TGBH) se usa frecuentemente para establecer la exposición al calor en situaciones ocupacionales. Este índice se calcula como el promedio sopesado de las temperaturas de bulbo seco, húmedo y de globo. El termómetro de globo es un termómetro de bulbo seco con otro bulbo localizado en el centro de una esfera de cobre delgado de 15 cm de diámetro, pintada de blanco mate por fuera. Entre los factores que ejercen alguna influencia en la lectura de la temperatura, está el calor radiante. La fórmula balanceada fue establecida para que los valores de TGBH se aproximen a los de TE (8).

Su uso en el campo es complicado porque TGBH requiere las medidas de tres instrumentos separados. El *botsball* o termómetro de globo húmedo (básicamente una sonda térmica ubicada en una esfera húmeda negra) es un instrumento destinado para que tome en cuenta los efectos combinados de temperatura de bulbo seco, humedad, movimiento del aire y energía calórica radiante. La lectura de temperatura por el *botsball* se puede relacionar con la del TGBH por medio de una función lineal simple (9).

Los índices de estrés por calor tienen muchas limitaciones. La mayoría involucran supuestos implícitos sobre la producción de calor metabólico, vestido y hábitos corporales. Ya que esos parámetros varían entre las personas, el valor predicho de estrés por calor para cualquier persona es, en el mejor de los casos, una aproximación. Ciertos índices son de difícil uso a causa de los datos crudos requeridos para su cálculo (temperaturas globo) que no están fácilmente disponibles. Finalmente, se debe reconocer que el valor de un índice, calculado con los resultados de las observaciones meteorológicas de una estación, puede diferir mucho de los valores obtenidos si uno pudiera medir los microclimas a los cuales el individuo está expuesto.

## Efectos del calor en la salud

### Espectro de enfermedades relacionadas con el calor

Las enfermedades reconocidas como resultado directo de la exposición a períodos prolongados de alta temperatura ambiental son: el golpe de calor, el agotamiento por calor, el síncope y los calambres por calor. Las oleadas de calor también incrementan la morbilidad y la mortalidad debido a otras enfermedades que ocurren aún en ausencia del estrés por calor (por ejemplo, el infarto del miocardio; ver abajo). Las quemaduras no se consideran aquí.

El golpe de calor ocurre cuando la transpiración y las respuestas vasomotora, hemodinámica y adaptativa del comportamiento son insuficientes para evitar una elevación importante en la temperatura corporal central. Algunos autores distinguen entre la insolación 'clásica' y la desencadenada por el 'ejercicio'. La primera ocurre en personas sedentarias y ancianas que se han expuesto a períodos prolongados (días o semanas) de estrés por calor. La segunda afecta a personas jóvenes, relativamente en buen estado físico que hacen ejercicio en ambientes calientes, más allá de su capacidad

para mantener el equilibrio térmico. La anhidrosis (ausencia o gran disminución de la transpiración) es mucho más común en presencia de la insolación clásica (10).

El golpe de calor clásico o por ejercicio no se pueden distinguir clínicamente entre sí. Además, representan dos consecuencias de un espectro de circunstancias bajo las cuales ocurren. Quien sea, joven o viejo, puede desarrollarlo si está sujeto a un intenso estrés por calor lo suficientemente prolongado. El ejercicio incrementa la producción de calor metabólico, predisponiendo a las personas de todas las edades al desarrollo de un golpe de calor.

Aunque no existen criterios diagnósticos estandarizados, se asume que un paciente cuya temperatura rectal llega a 40,6 °C, como resultado de temperaturas ambientales elevadas, sufre un golpe de calor. Se afecta el estado mental y el paciente puede presentar delirio, estupor o coma. La anhidrosis puede o no estar presente.

El golpe de calor es una emergencia médica. El enfriamiento rápido – usualmente con hielo o con un baño en agua helada o en instalaciones especiales para enfriamiento por evaporación – es esencial para prevenir el daño neurológico permanente o la muerte. El tratamiento adicional es de soporte y, a menudo, se requiere de una unidad de cuidado intensivo. Con frecuencia, el resultado es fatal, aún bajo cuidados expertos. La razón caso:muerte (letalidad) reportada en series de casos varía entre 0 y 40%, oscilando en 15% (11-19).

El agotamiento por calor es mucho menos severo. Los pacientes se pueden quejar de mareos, debilidad o fatiga. La temperatura corporal puede ser normal o leve a moderadamente elevada. La causa del agotamiento por calor parece ser el desequilibrio hidroelectrolítico debido al incremento de la transpiración, como respuesta al intenso calor. De ahí que el tratamiento esté dirigido hacia su reposición y el pronóstico es generalmente bueno (10).

El síncope por calor hace referencia a la pérdida súbita de conciencia en quienes no se han aclimatado al calor. La pérdida de conciencia revierte rápidamente al recostarse. Su causa parece ser una inestabilidad circulatoria debida a la vasodilatación superficial en respuesta al calor y el problema es benigno (20).

Los calambres por calor resultan de los desequilibrios electrolíticos luego de ejercicios extremos en medio del calor. Tienden a ocurrir en los músculos más ejercitados. Son comunes en los atletas que se desempeñan en el calor o en trabajadores de industrias ‘calientes’. Tales personas pueden estar altamente aclimatadas y ser capaces de perder grandes cantidades de líquidos y electrolitos por transpiración. La desproporcionada depleción de fluidos y sal lleva al desequilibrio (10).

## **Impacto en salud pública: perspectiva histórica**

### Mortalidad asociada con oleadas de calor

Actualmente, en los Estados Unidos, en los años durante los cuales no han ocurrido importantes oleadas de calor, se han registrado aproximadamente 270 muertes atribuidas al calor con base en los certificados de defunción (21). Unas pocas de ellas ocurren

durante el invierno y los meses más fríos del año, lo cual indica que no todas son causadas directamente por las condiciones meteorológicas. Sin embargo, la gran mayoría ocurre durante el verano. En los años con prolongados períodos de temperaturas anormalmente altas (oleadas de calor) que afectan amplias zonas geográficas, el número de muertes atribuidas al calor puede elevarse mucho. En 1980, cuando las temperaturas de verano alcanzaron altos niveles en gran parte del sur y centro del país, unas 1.700 muertes se relacionaron con el calor, cerca de 6 veces el número esperado si no se hubiese dado la oleada de calor (21).

Sin embargo, esto no refleja la magnitud real del problema. En julio de 1980, unas 5.000 muertes por encima del número esperado ocurrieron en los Estados Unidos, muchas más de las 1.700 documentadas (21). Este hallazgo es compatible con muchos estudios que muestran que únicamente una porción del incremento de la mortalidad durante (y relacionada con) las oleadas de calor, se documenta en los certificados de defunción (22). El total de los diagnósticos de muertes relacionadas con calor se ha subestimado en un 22 a un 100% regularmente, al guiarse por el exceso de mortalidad (tabla 12.1) (23,29). En este capítulo, el 'exceso de mortalidad' y el 'exceso de muertes' durante una oleada de calor, hacen referencia a la diferencia entre el número de muertes observadas y el número de muertes esperadas, con base en la tasa cruda de mortalidad en la misma zona geográfica, durante algún período apropiado de control en el cual no han ocurrido oleadas de calor ni epidemias. El comportamiento de la mortalidad no indica el número de eventos no fatales como resultado del calor.

## Causas de muerte

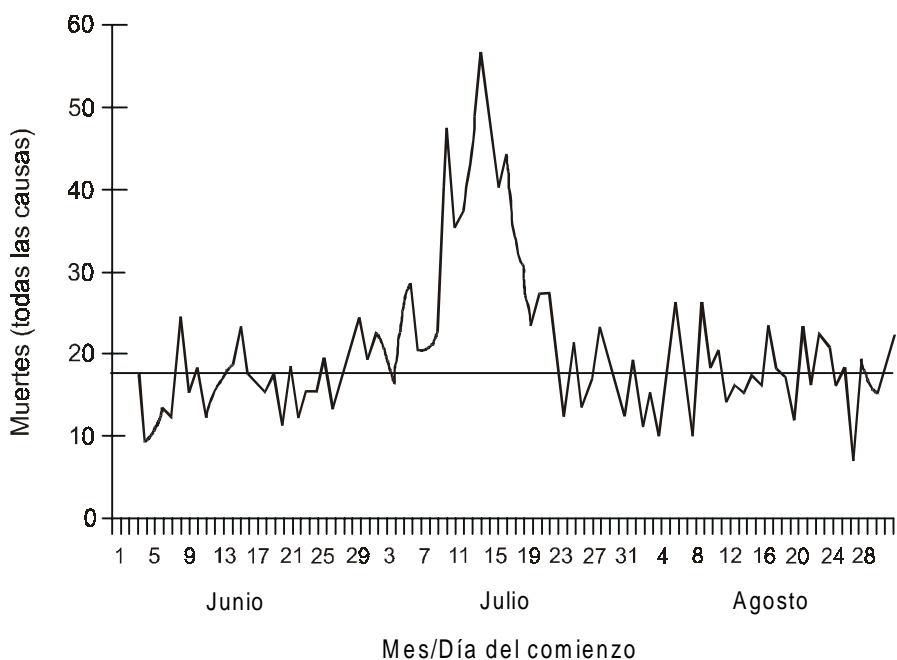
De los síndromes ocasionados por los ambientes calientes, el golpe de calor es el único con una letalidad importante. Por tanto, uno podría suponer que la gran mayoría de muertes atribuidas al calor representa la mortalidad debida al golpe de calor. Algunos estudios apoyan esta suposición. Henschel y otros revisaron los registros hospitalarios de 120 personas cuyas muertes fueron certificadas como atribuidas al calor durante la oleada de 1966 en San Luis. Encontraron que virtualmente todas tenían una temperatura mayor o igual a 39,4 °C cuando fueron admitidos, hecho interpretado como demostrativo de muerte por golpe de calor (29). Sin embargo, en otras series, únicamente el 60% de 57 muertes entre hospitalizados por entidades médicamente diagnosticadas como relacionadas con el calor, reunían los estrictos criterios de golpe de calor definidos por los autores (26). Durante la oleada de calor en Detroit en mayo de 1962 y junio-julio de 1963, así como durante junio-julio de 1976 en Birmingham, Inglaterra, no se clasificaron muertes atribuidas al calor, a pesar del sustancial 'exceso' de mortalidad, entre 17 y 32% (tabla 12.1) (23,24).

Las actuales prácticas de certificación de defunción a nivel nacional en los Estados Unidos, hacen difícil evaluar el diagnóstico clínico preciso que llevó a la muerte. Las muertes son codificadas por su causa externa, calor ambiental (*Clasificación Internacional de Enfermedades*, Novena revisión, código E900), más que por la enfermedad específica que produce el calor.

La mortalidad asociada con una ola de calor a menudo es bastante mayor de la que aparece como un súbito y sustancial incremento en el número total de muertes ocurridas en una zona determinada (figura 12.1). No son raros los incrementos mayores de 50% en la tasa cruda de mortalidad. Además, a pesar del incremento en el uso del aire acondicionado, no se ha presentado un claro y notorio descenso en las muertes inflingidas por las oleadas de calor en los años recientes (tabla 12.1).

Schuman y otros encontraron que la apoplejía (infarto o hemorragia cerebral) es una causa importante de muerte atribuida al calor; observaron que las muertes por 'accidente cerebrovascular' se elevaron 82% y eran responsables de 52% del exceso de mortalidad causada por la ola de calor en Detroit, Michigan, en 1963. Durante otra ola de calor en el mismo lugar, en mayo del año anterior, observaron un incremento de 104% en las muertes por apoplejía (26% de todas las muertes asociadas con la oleada) (24). Cuando Schuman estudió la ola de calor de julio de 1976 en la ciudad de Nueva York, encontró un incremento mucho menos dramático de 27%, responsable de un poco más de 6% de un estimado de 1.121 muertes en exceso causadas por el calor. Encontró que la codificación de la apoplejía en esta ciudad era diferente de la de otras ciudades y tendía a subestimar el problema (30).

Otros investigadores han observado que las muertes certificadas por apoplejía se incrementan durante el calor severo (tabla 12.2). Sin embargo, la magnitud del incremento ha sido menor que la anotada en los estudios de Detroit. El incremento ha oscilado



**Figura 12-1.** Tendencias de la mortalidad diaria que muestra el aumento del número de muertes asociadas con la oleada de calor de julio de 1980, St. Louis, junio 1-agosto 31, 1980.

**Tabla 12.1** Número total de muertes observadas, total de muertes esperadas, exceso de muertes y muertes atribuidas al calor en localidades específicas durante olas de calor específicas, 1872-1980

Localidad/Período	Ref.	Muertes observadas	Muertes esperadas	Exceso de muertes	Exceso de muertes (como porcentaje de las esperadas)	Muertes clasificadas como relacionadas con el calor	Muertes relacionadas con el calor (como porcentaje de exceso de muertes)
Birmingham, Inglaterra							
Junio 24 – Julio 8, 1976	24	491	384*	107	27,9	0	0,0
Detroit, Michigan							
Mayo 12 – Mayo 18, 1962	25	429	325	1 104	32,0	0	0,0
Junio 23 – Julio 6, 1963	25	783	669 $\tau$	114	17,0	0	0,0
Estado de Illinois							
Julio 1 – Julio 31, 1966	26	9.617	8.469 $\tau$	1.148	13,6	80	7,0
Julio 1 – Julio 31, 1936	26	9.423	6.727 $\tau$	2.696	40,1	1.193	44,3
Kansas City, Missouri							
Julio 1 – Julio 31, 1980	27	598	362 $\tau$	236	65,2	157	66,5
Memphis, Tennessee							
Julio 1 – julio 31, 1980	29	817	711 $\tau$	106	14,9	83	78,3
Nueva York, Nueva York							
Julio 22 – Julio 28, 1972	29	2.319	1.592 $\tau$	727	45,7	10	1,4
Agosto 31 – Septiembre 7, 1973	29	2.242	1.808 $\&$	434	24,0	22	5,1
Junio 30 – Julio 6, 1892	29	1.569	769 $\infty$	800	104,0	212	26,5
Julio 24 – Julio 30, 1892	29	1.434	1.081 $\infty$	353	32,7	231	65,4
Agosto 9 – Agosto 15, 1986	29	1.8010	809 $\infty$	1.001	123,7	671	67,01
San Luis, Missouri							
Julio 1 – Julio 31, 1980	27	850	542 $\tau$	308	56,8	122	39,6
Julio 9 – Julio 14, 1966	30	543	240 $\infty$	303	126,2	182	60,1

\* Muertes durante las 2 semanas previas.

$\lambda$  Muertes durante el mismo período año siguiente.

$\infty$  Muertes durante la semana anterior.

$\tau$  Muertes durante el mismo período el año anterior.

$\&$  Ocho veces el promedio diario de muertes en septiembre de 1973.

$\infty$  Muertes durante la semana anterior.

$\infty$  Basada en las muertes durante los 8 días anteriores

**Tabla 12.2** Porcentaje de incremento en causas seleccionadas de muerte y porcentaje de exceso de muertes atribuibles a esas causas durante oleadas de calor seleccionadas en los Estados Unidos, 1934 – 1983.

Sitio/fecha	Ref.	Condición según autor	Incremento %	Mortalidad atribuible %
<b>Cerebrovascular</b>				
Estado de Kansas, Julio 1-31, 1934	32	Hemorragia y reblandecimiento cerebral	54,2	11,1
Estado de Illinois, Julio 1-31, 1936	32	Hemorragia y reblandecimiento cerebral	39,2	6,0
Detroit, Michigan, Mayo 12-18, 1962	25	Accidente cerebrovascular	103,8	26,0
Detroit, Michigan, Junio 23-Julio 6, 1963	25	Accidente cerebrovascular	81,9	51,8
Estado de Illinois, Julio 1-31, 1966	26	Lesiones vasculares del sistema nervioso central	26,3	20,1
Nueva York, Nueva York, Julio 2-15, 1966	31	Accidente cerebrovascular	27,2	6,4
San Luis, Missouri, Julio 9-14, 1966	30	Accidente cerebral	53,3	7,0
<b>Cardiaca</b>				
Estado de Kansas, Julio 1-31, 1934	32	Enfermedades del corazón	22,5	12,5
Estado de Illinois, Julio 1-31, 1936	32	Enfermedades del corazón	40,8	25,2
Detroit, Michigan, Mayo 12-18, 1962	25	Enfermedad del corazón	14,0	18,3
Detroit, Michigan, Junio 23, Julio 6, 1963	25	Enfermedad del corazón	6,9	15,8
Estado de Illinois, Julio 1-31, 1966	26	Enfermedad cardiaca arteriosclerótica	13,3	36,1
Nueva York, Nueva York, Julio 2-15, 1966	31	Enfermedad cardiaca arteriosclerótica	40,8	41,5
San Luis, Missouri, Julio 9-14, 1966	30	Enfermedad cardiovascular	55,4	20,0
Memphis, Tennessee, Julio 1-31, 1980	28	Cardiovascular*	40,0	84,9
Latium, Italia, Julio 1-31, 1983	41	Enfermedad cardiovascular <sup>a</sup>	58,7	90,4
<b>Respiratoria</b>				
Estado de Kansas, Julio 1-31, 1934	32	Neumonía, todas las formas	74,6	2,5
Estado de Illinois, Julio 1-31, 1936	32	Neumonía, todas las formas	21,9	2,0

Tabla 12.2 continuación

Sitio/fecha	Ref.	Condición según autor	Incremento %	Mortalidad atribuible %
Detroit, Michigan, Mayo 12-18, 1962	25	Respiratoria	0,0	0,0
Detroit, Michigan, Junio 23-Julio 6, 19963	25	Respiratoria	42,9	5,3
Nueva York, Nueva York, Julio 2-15, 1966	31	Respiratoria	84,2	84,2
San Luis, Missouri, Julio 9-14, 1966	30	Desórdenes pulmonares	27,8	27,8

\* Puede incluir muertes cerebrovasculares

<sup>a</sup>Incluye muertes cerebrovasculares

entre 25 y 55%, respondiendo por cerca de 5 a 20% de la mortalidad asociada con las oleadas de calor (25,31). También se ha reportado un incremento en los ingresos hospitalarios de personas con apoplejías no fatales (32).

La variabilidad en la magnitud del incremento en la mortalidad por apoplejías asociadas con olas de calor con respecto a otras causas, sugiere que algunas muertes atribuidas a apoplejía están mal clasificadas. Sin embargo, hay evidencia de un incremento en la coagulabilidad de la sangre en personas con estrés por calor y la cual puede ser la base biológica para un incremento en la apoplejía trombótica y embólica en la época de calor (33,34). Como quiera que sea, la relativa consistencia de los hallazgos de exceso de mortalidad por apoplejía durante las oleadas de calor en diferentes años y localidades, apoya una asociación real.

La frecuencia de muertes atribuidas a enfermedad cardíaca también se incrementa durante las olas de calor (tabla 12.2), principalmente debido a un incremento en las muertes por enfermedad cardíaca isquémica. La tasa específica por causa de muerte se ha incrementado en diferentes olas de calor, oscilando entre 7 y 55% y siendo responsable, aproximadamente, de 10 a 40% de las muertes asociadas con ese evento meteorológico (24,25,27,29-31).

Una reciente investigación acerca de la mortalidad asociada con olas de calor durante julio de 1993 en Filadelfia, mostró que las muertes cardiovasculares se incrementaron en más de un 100%. Ese exceso superó a las ocurridas por hipertermia (golpe de calor) en una proporción de 5 a 1. En forma interesante, los investigadores subrayan la importancia del calor como factor que exagera los problemas cardíacos previos y refuerza la opinión de que el golpe de calor no siempre es la causa principal del exceso de muertes durante las oleadas (*Center for Disease Control and Prevention*, datos no publicados).

La evidencia mencionada con respecto al incremento de la coagulabilidad sanguínea en las personas bajo estrés por calor, lleva a la idea de que el calor causa un incremento en las muertes por enfermedad cardíaca isquémica, pues la trombosis y el embolismo



pueden exacerbar la isquemia cardiaca (33,34). Además, el incremento en las muertes cardiacas ocurre consistentemente durante las olas de calor. Entonces, la asociación entre calor y muerte por enfermedad cardiaca isquémica es fuerte. En consecuencia, es posible que algunas de las muertes atribuidas a apoplejía o a enfermedad cardiaca isquémica, sean en realidad golpes de calor mal clasificados. Esto podría relacionarse con otros problemas como el diagnóstico postmortem. El reconocimiento de un golpe de calor en un paciente con hallazgos neurológicos característicos y una temperatura corporal muy alta ofrece pocas dificultades para el medio clínico, especialmente en presencia de anhidrosis. Sin embargo, el golpe de calor puede progresar hacia la muerte rápidamente, a menudo pocas horas después del inicio de los síntomas. En un estudio de 90 casos fatales, la duración del cuadro fue menor de 24 horas para el 70% de los pacientes (35). Por tanto, muchas personas que desarrollan esta entidad mueren antes de encontrar y recibir atención médica. En los Estados Unidos, tales muertes, relativamente súbitas, fuera del hospital, son usualmente referidas al médico legista local o a un clínico para la determinación de la causa de muerte. Con frecuencia, no se hacen exámenes detallados del cuerpo y la determinación de la causa del deceso se basa principalmente en una descripción de las circunstancias bajo las cuales se encontró el cuerpo. Entonces, existe la posibilidad que algunas víctimas de golpe de calor, examinadas por su muerte relativamente súbita y no atendida, se diagnostiquen como otras causas más comunes (apoplejía, infarto del miocardio) en apariencia muy similares (36).

La medición de la temperatura postmortem puede ser útil en el diagnóstico de golpe de calor. Durante la época de calor, en algunas jurisdicciones, se mide rutinariamente la temperatura de cada cuerpo referido a un clínico, ya sea por un investigador en el campo o por quien atiende la morgue. Una temperatura postmortem mayor de 41,1 °C, medida poco después de la muerte, es un indicador útil de golpe de calor ya que la temperatura central cambia relativamente poco durante las primeras 3 horas después de la muerte, especialmente si la temperatura ambiental no es particularmente baja. Se debe considerar la posibilidad de falsos positivos y negativos, pues la temperatura central de un cadáver eventualmente se aproxima a la de su entorno. Con el tiempo, la temperatura del cuerpo de una persona muerta por golpe de calor bajará si la temperatura ambiente es menor y puede también subir si ésta excede la temperatura central (37-39).

Juntas, la apoplejía y otros tipos de enfermedad cardiovascular tienen que ver con más de 90% del exceso de mortalidad notificada durante las oleadas de calor (27,40). Con todo, el número de muertes por otras causas también se ha reportado por encima. Un período claramente definido de exceso de muertes debido a problemas respiratorios, correspondiente a la ola de calor de julio de 1996 en los Estados Unidos, se hizo aparente en las estadísticas de mortalidad (41). En la ciudad de Nueva York, estas muertes se elevaron 84% y fueron responsables de 14% de exceso de mortalidad atribuida a la ola de calor (30). Sin embargo, en otros de estos eventos, tales causas de muerte no han contribuido sustancialmente a ese exceso, generalmente 5% o menos (24,31). No hay explicación fisiopatológica clara para el aumento de las entidades respiratorias durante las oleadas de calor.

Durante un período de 2 semanas de estación calurosa en Nueva York en 1966, hubo un fuerte incremento de 139% en el número de homicidios cometidos. Sin embargo, no se han podido demostrar incrementos similares y, en cualquier caso, el número incrementado de homicidios fue responsable de menos de 2% del exceso de mortalidad durante 1966 (30).

Muchas muertes no son el resultado claro y directo de una mayor carga de estrés por calor, ni tampoco caen en las categorías de enfermedad mencionadas. Han sido vistas como un aparente exceso de muertes por una amplia variedad de causas subyacentes (por ejemplo, nefritis, diabetes) que no tienen ninguna relación obvia con el calor. El exceso de mortalidad en cada una de esas categorías no ocurre consistentemente durante las oleadas de calor. Además, cada diagnóstico tiende a ocasionar una relativamente pequeña proporción del exceso de muertes (24,30,31). Se ha sugerido que la mortalidad relacionada con las olas de calor en este amplio grupo de categorías puede reflejar una facultad del estrés por calor para precipitar la muerte de personas debilitadas, que están enfermas de una gran variedad de entidades crónicas y morirían en cualquier momento futuro.

Como evidencia de este supuesto, Lyster presentó los totales semanales de muertes ocurridas en Greater London y el resto de la región sureste de Inglaterra antes, durante y después de la ola de calor en el verano de 1975 y 1976. La mortalidad se incrementó durante los dos períodos de calor severo en las dos zonas, pero tal incremento fue seguido por varias semanas de una mortalidad aparentemente menor que la normal (42). Sin embargo, en las olas de calor previas y desde entonces, ese fenómeno ha sido buscado pero no se ha observado. Henschel presentó datos que mostraban que el promedio de tasas de defunción en San Luis era casi el mismo antes y después de la ola de calor en 1966, y Ellis y colaboradores notificaron la ausencia de un déficit de muertes luego de la ola de calor en Nueva York en 1972 (28,29). De forma similar, no hubo una caída sustancial de la mortalidad luego del exceso de muertes que resultaron de la ola de 1980 en San Luis y Kansas City, Missouri (26). Luego, no siempre se encuentra una depresión en la tasa cruda de mortalidad después de una elevación inducida por una oleada de calor.

### Morbilidad asociada con las oleadas de calor

Las enfermedades no fatales como resultado de las oleadas de calor se han cuantificado menos que las muertes. Durante julio de 1980, los hospitales de San Luis y Kansas City, admitieron 229 pacientes, respectivamente, por enfermedades relacionadas con el calor por los médicos tratantes (26). En Memphis, durante el mismo período, hubo 483 consultas a las salas de urgencias por entidades relacionadas con el calor. La pérdida de conciencia fue una queja frecuente y afectó a casi la mitad de los pacientes vistos en el hospital de Memphis. Los mareos, las náuseas y los calambres fueron otros síntomas comunes. Las proporciones de enfermedades diagnosticadas para 471 pacientes con diagnósticos conocidos fueron: golpe de calor, 17%;

agotamiento por calor, 58%; síncope, 4%; calambres, 6%, y otras entidades relacionadas con calor, 15% (27).

También han surgido medidas indirectas de morbilidad. En julio de 1980, en San Luis y Kansas City, las visitas a los servicios de urgencias aumentaron 14 y 8%, respectivamente. Los incrementos respectivos en los ingresos hospitalarios fueron de 5 y 2% (26).

## **Factores que influyen en la morbilidad y la mortalidad: determinantes del riesgo**

### Variación en el tiempo de los efectos en salud relacionados con el calor

El impacto del calor en la salud pública en un tiempo dado depende no solamente de las condiciones climáticas del momento sino también de las condiciones previas. Esta verdad se manifiesta en el hecho de que hay un retraso entre el inicio de la ola de calor y la aparición de los efectos adversos sobre la salud pública. Usualmente, se requieren altas temperaturas durante varios días seguidos para que se ocasione un incremento notorio en la mortalidad, y las oleadas que duran menos de 1 semana presentan pocas muertes. La importancia de las condiciones sostenidas también se ilustra al observar que cuando hay muy poca disminución nocturna de la temperatura (aquellos días en los cuales las temperaturas mínimas son especialmente elevadas) se observa una letalidad particularmente elevada (28,42,43).

Sin embargo, durante períodos muy prolongados de tiempo se pierde esa 'virulencia'. La aclimatación de los individuos al calor es un fenómeno que ha sido bien documentado por la experimentación fisiológica (44,45). Las poblaciones también parecen aclimatarsen al calor en el transcurso del verano (46). Entonces, las oleadas de calor en el hemisferio norte que ocurren en agosto y septiembre parecen ser menos letales que aquéllas de junio y julio (47). Durante una ola de calor sostenida, después de un dramático incremento inicial, el número de muertes tiende a retornar a sus niveles previos, aunque la temperatura siga elevada (46). Esta caída en la mortalidad cruda puede ser el resultado no sólo de la aclimatación, sino también de las muertes tempranas de personas susceptibles que disminuyen la población en riesgo (24).

### Urbanización y riesgo

Las oleadas de calor causan un impacto desproporcionadamente severo en las ciudades, comparado con las áreas rurales y suburbanas. En julio de 1980, las muertes en San Luis y en Kansas City, fueron 57 y 65% más altas, respectivamente, que en julio de 1979. En cambio, hubo un exceso de mortalidad de únicamente 10% en el resto de Missouri, el cual es más suburbano y rural (26). Este no es un descubrimiento reciente. En una revisión de muertes causadas por calor y registradas entre 1900 y 1928, Shattuck y Hilferty encontraron que la tasa de defunción por calor fue sustancialmente mayor

en las áreas urbanas (48). En un trabajo reciente, los mismos investigadores encontraron que el efecto del calor sobre las tasas de defunción se incrementó marcadamente con el ascenso en el tamaño de la ciudad, sugiriendo un 'efecto dosis-respuesta' de la urbanización (49).

Una razón para que los efectos en salud sean mayores en las ciudades es que aquí las temperaturas pueden ser mayores que en las zonas rurales y suburbanas. Durante la oleada de 1980, la temperatura máxima promedio diariamente era 2,5 °C mayor y la mínima, 4,1 °C, en el aeropuerto del centro de Kansas City que en el aeropuerto internacional suburbano (26).

Se ha invocado el concepto de 'islas urbanas de calor' para explicar la desproporcionada severidad del impacto en la salud en las ciudades. Las masas de piedra, ladrillo, concreto, asfalto y cemento, típicas de la arquitectura urbana, absorben el calor radiante del sol durante el día y emanan calor durante la noche que de otra manera sería fría. En muchas ciudades, hay relativamente pocos árboles para dar sombra. Las edificaciones altas pueden disminuir efectivamente la velocidad del viento y, así, disminuir la contribución del movimiento del aire a la evaporación y al enfriamiento por convección (3,50,51).

La pobreza relativa de algunas áreas urbanas es otro de los factores que pueden contribuir a esa mayor severidad (26). La gente pobre está menos dotada para contar con sistemas de enfriamiento y de energía que los ponga en funcionamiento.

Un reporte de Italia sugiere que el predominio de los efectos adversos en el área urbana puede no ser universal. Durante una oleada de calor en julio de 1983 en la región Latium, una de las 20 regiones en las cuales está dividido el país, la mortalidad registrada en los hospitales y clínicas se incrementó 49% con respecto al año anterior en la zona fuera de Roma, pero sólo 25% en esta ciudad (40). Las razones para este comportamiento anómalo no están claras.

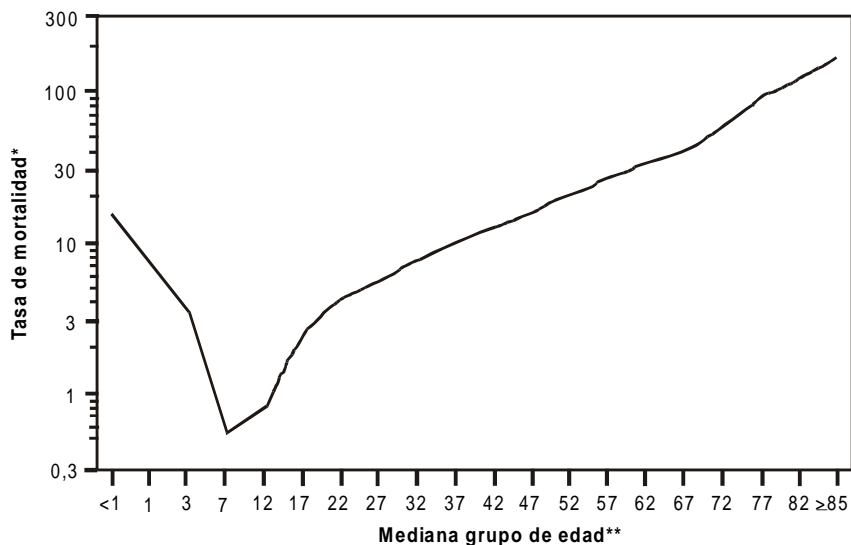
Hay considerable variaciones entre diferentes ciudades con respecto a la susceptibilidad ante los efectos del calor. Por ejemplo, las temperaturas de verano que podían no ser consideradas altas fuera de esa estación en Phoenix, Arizona, han ocurrido en San Luis, Missouri, y causado un impacto adverso severo sobre la salud pública. En julio de 1980, en San Luis, hubo 122 muertes, 229 hospitalizaciones y un incremento atribuido al calor, de 57% en la mortalidad total con respecto al año anterior (26). Sin embargo, durante ese período la temperatura máxima promedio en San Luis fue de 35,2 °C (4,5 °C menos que el promedio máximo diario normal en Phoenix) y el promedio mínimo diario en San Luis fue de 23,6 °C (1 °C menos que en Phoenix). La temperatura más alta registrada en San Luis durante esa oleada de calor fue de 41,6 °C, tan sólo 0,8 °C mayor que la máxima temperatura considerada normal en Phoenix (40,4 °C), cualquier día de julio (52). Aun después de tomar en cuenta la mayor humedad de San Luis, sus temperaturas en 1980 fueron apenas las de un julio promedio en Phoenix (7).

Las razones para estas diferencias en la sensibilidad al calor de varias ciudades no se han estudiado a fondo. Entre las posibles explicaciones se incluyen las diferencias en la estructura de edad y la aclimatación de la población, al estilo arquitectónico, los materiales de construcción y al uso de aire acondicionado.

## Grupos de alto riesgo

La mayor mortalidad observada durante las oleadas de calor afecta desproporcionadamente más a los ancianos. Durante una oleada de calor, en julio de 1983, las muertes en Roma, Italia, se incrementaron 23% en general, pero 35% entre los mayores de 64 años de edad (40). El incremento en la mortalidad en Greater London, resultante de la oleada de calor en 1975, ocurrió casi exclusivamente entre personas de 65 años o mayores (53). En la ciudad de Nueva York, en el verano de 1966, las muertes entre personas de 45 a 64 años se incrementaron sustancialmente, pero el de personas mayores de 80 fue mucho mayor. Los investigadores también anotan que el exceso de muertes entre los mayores de 80 años ocurre más temprano en la ola de calor que entre aquéllos de 45 a 64, lo cual indica una posible mayor susceptibilidad de los más viejos (30).

Las muertes específicamente atribuidas por los médicos a efectos del calor también ocurren con desproporcionada alta frecuencia en ancianos. Esta tendencia se observa fácilmente en la figura 12.2, un gráfico de tasas de muerte por calor, específicas por edad, en los Estados Unidos en el período 1979-91. La infancia y la niñez temprana son períodos de relativa sensibilidad al calor. La tasa de mortalidad es menor en la niñez tardía, tiende a incrementarse a través de la adolescencia y la vida adulta, con una pendiente en rápido ascenso hasta la ancianidad. Este patrón no es un hallazgo nuevo; Shattuck y Hilferty observaron esencialmente una tendencia idéntica en Massachussets en 1900-30, Nueva York en 1900-28 y Pensilvania en 1906-28 (49).



\* Por 10 millones de habitantes

\*\* Grupos de edad de 5 años excepto por los 3 primeros grupos que son <1, 1 y de 2 a 4 años de edad

**Figura 12-2.** Tasas de mortalidad atribuidas al calor (CIE E900), por edad, Estados Unidos, 1979-1991.

Los ancianos también son más susceptibles a los golpes de calor no fatales. Un estudio de 1980 con sobrevivientes a estos eventos en San Luis y en Kansas City, reveló que 71% tenía más de 65 años de edad, aunque este grupo representaba sólo 15% de la población en riesgo (26). Otros estudios han confirmado consistentemente la susceptibilidad de los ancianos (27,29,47).

La predisposición de los ancianos a los efectos del calor puede reflejar la presencia de respuestas fisiológicas comprometidas. La vasodilatación en respuesta al calor requiere mayor gasto cardíaco y los mayores de 65 tienen menor capacidad de desarrollarlo y de disminuir la resistencia vascular sistémica (54). Además, la temperatura corporal a la cual comienza la sudoración se incrementa con la edad (55). Los ancianos tienen mayor probabilidad de enfermedades crónicas o de tomar medicamentos (por ejemplo, tranquilizantes mayores y anticolinérgicos) que pueden incrementar el riesgo del golpe de calor (56,57).

Finalmente, las personas mayores perciben menos las diferencias de temperatura (58). Además, pueden regular menos efectivamente sus ambientes térmicos.

En el otro extremo, la tasa de defunción atribuida al calor por los diagnósticos médicos es más alta en los bebés y niños pequeños, como se ve en la figura 12.2. Sin embargo, la magnitud de ese mayor riesgo en ninguna forma es tan grande como el de los ancianos. No hubo incremento detectable en la mortalidad entre los 0 y 4 años de edad en Greater London, durante junio-julio de 1975 (53). Tan sólo una de las 83 personas fallecidas en Memphis en julio de 1980 tenía menos de 20 años (un bebé en el primer año de vida) (27). En San Luis y en Kansas City, en julio de 1980, no hubo casos de golpe de calor fatal o no fatal entre los 0 y 18 años, a pesar de los esfuerzos cuidadosos por encontrarlos en los hospitales pediátricos y consultorios médicos (26). Con todo, Henschel y colaboradores encontraron que 4 de 182 personas fallecidas en julio de 1966 en San Luis eran bebés menores de 1 año (29). El pequeño pero definitivamente incrementado riesgo de muerte por calor para los bebés y los niños pequeños se ve más claramente en el resumen de los datos nacionales y de los estados recogidos por varios años (figura 12.2), que en los estudios en ciudades individuales.

Otras observaciones documentan la sensibilidad al calor de los muy jóvenes. Los bebés sanos en las áreas calientes soportan temperaturas hasta de 39,4 °C y las enfermedades ligeras que causan fiebre pueden llevarlos a un franco golpe de calor. Los niños con anomalías congénitas del sistema nervioso central y con enfermedad diarreica parecen ser particularmente vulnerables (59,60). Los padres pueden contribuir al riesgo al no administrarles suficientes líquidos durante la oleada de calor o por el uso de demasiada ropa (60,61).

En los años de la adolescencia y durante la vida adulta temprana y media, los hombres tienen un riesgo de muerte mayor que las mujeres (tabla 12.3). Esta diferencia puede reflejar una tendencia a la mayor exposición al calor y el ejercicio entre los hombres en las actividades ocupacionales y de diversión, pero aún faltan datos al respecto. En las edades extremas, hay menos diferencia entre los sexos.

De forma interesante, muchos estudios de las oleadas de calor han demostrado mayor número de eventos entre las mujeres que entre los hombres. Durante la oleada

**Tabla 12.3** Tasas\* de mortalidad atribuidas al calor (codificadas como E900, CIE9) por grupo de edad y sexo con razones específicas por edad hombre/mujer, Estados Unidos, 1979 – 1991

Grupo de edad	Hombres	Mujeres	Razón de tasa
<1	15,60	13,99	1,12
1	9,16	5,68	1,61
2-4	3,34	3,34	1,00
5-9	0,60	0,45	1,33
10-14	1,11	0,45	2,47
15-19	3,95	0,73	5,41
20-24	6,88	1,23	5,59
25-29	8,60	1,73	4,97
30-34	12,59	2,09	6,02
35-39	16,43	3,23	5,09
40-44	19,98	4,44	4,50
45-49	22,70	7,71	2,94
50-54	30,12	10,97	2,75
55-59	37,16	15,34	2,42
60-64	43,83	22,20	1,97
65-69	49,43	29,71	1,66
70-74	68,29	47,43	1,44
75-79	99,25	81,22	1,22
80-84	130,28	10,40	1,21
85+	202,90	142,01	1,43

\* Por 10 millones de habitantes/año.

de calor de 1966 en Nueva York, las muertes entre mujeres se incrementaron en 50% más de lo esperado y las de hombres en un 25% (30). En julio del mismo año, en San Luis, 59% de las muertes ocurrieron entre mujeres (29). En julio de 1980, en Memphis, 61% de 83 personas en quienes se diagnosticó médicamente la muerte por efecto del calor, eran mujeres (28). En la región de Latium, Italia, el 65% de los casos fatales ocurrió en mujeres (40).

La razón probable para un aparente exceso de mujeres entre los muertos, a pesar de unas tasas específicas por edad mayores entre los hombres, es que la edad confunde la asociación entre sexo femenino y muerte por calor. Las poblaciones ancianas son las que están en mayor riesgo y hay más mujeres que hombres ancianos (62). La existencia de esa confusión se demostró en un estudio en el cual las tasas ajustadas por edad fueron virtualmente idénticas para ambos sexos a pesar de un predominio de ellas en los sujetos de estudio (26).

Los efectos en la salud también son desproporcionadamente severos en las áreas de bajo nivel socioeconómico. En 1966, en San Luis, la tasa de muerte se elevó dramáticamente en las áreas de bajos ingresos donde había hacinamiento (alto número de personas por dormitorio) (30). En 1980, en San Luis y en Kansas Ciy, la tasa de golpes de calor en el cuartil de mayores ingresos fue cerca de una sexta parte que la del cuartil con los menores ingresos. Las tasas fueron intermedias en los estratos medios (26). Los factores que llevan a una relativamente baja incidencia de efectos adversos

del calor en las áreas de bienestar incluyen la disponibilidad de aire acondicionado, la abundancia de árboles y arbustos que dan sombra y el acceso al cuidado sanitario.

En varios estudios, las tasas de enfermedad han sido mayores en los negros que en los blancos. En 1980, en Texas, la tasa de defunción fue de 21,1/millón para los negros y de 8,1/millón para los blancos (47). Las tasas ajustadas por edad fueron 3 a 6 veces mayores para las minorías raciales (principalmente negros) en San Luis y en Kansas City en julio de 1980 (26).

La asociación de la raza negra con un bajo nivel socioeconómico puede ser responsable de esa tasa en los Estados Unidos. No se ha demostrado mayor vulnerabilidad biológica de ninguna raza en particular.

Las personas con historia previa de golpe de calor han mostrado una menor homeostasis térmica que otros voluntarios comparables (63). No se sabe si un golpe de calor daña el aparato termorregulador cerebral o si las anomalías termorreguladoras anteceden al primer golpe de calor. Sin embargo, las personas con una historia de golpe de calor deben considerarse en riesgo de presentar una recurrencia.

La obesidad es un factor importante que afecta la tolerancia al calor. Los sujetos obesos que hacen ejercicio en ambientes calurosos muestran un incremento en la temperatura rectal y en la frecuencia cardíaca en comparación con los sujetos delgados (64,65). El efecto aislante de la grasa subcutánea impide la transferencia de calor metabólico del centro a la superficie. Los soldados del ejército que murieron por golpe de calor durante un entrenamiento básico en la segunda guerra mundial eran mucho más gordos que sus compañeros (66).

Sin embargo, la obesidad no influye en forma importante sobre la tasa de golpe de calor en las poblaciones ancianas altamente sedentarias que tienen un mayor riesgo durante la ola de calor (56).

Las personas con otras condiciones menos comunes también pueden tolerar pobremente el calor. Entre esas condiciones se incluye la ausencia congénita de glándulas sudoríparas y la esclerodermia con compromiso cutáneo difuso. En ambas condiciones, la transpiración está marcadamente disminuida (67,68).

Algunas drogas predisponen al golpe de calor. Las drogas neurolépticas (por ejemplo, fenotiazinas, butirofenonas y tioxantenos) han sido fuertemente implicadas. Los animales tratados con fenotiazina sobreviven menos tiempo que los controles en ambientes calurosos y el golpe de calor ocurre con incrementada frecuencia entre pacientes que toman esas drogas (56,69). Los neurolépticos parecen sensibilizar tanto al calor como al frío (69).

En las pruebas de laboratorio con voluntarios humanos, los anticolinérgicos deprimen la tolerancia al calor. Se ha reportado que las personas tratadas con ellos tienen disminución o cese de la sudoración y una elevación de la temperatura rectal mientras se expusieron al calor (70). Muchas drogas comúnmente formuladas (antidepresivos tricíclicos, algunos antiparinsonianos) y no formuladas (antihistamínicos, tabletas para dormir) tienen un efecto anticolinérgico importante y, en un estudio, el uso de tales drogas fue más frecuente entre los casos que en los



controles (56). El mecanismo probable parece ser la disminución de la transpiración.

Ciertos estimulantes y antidepresivos tomados en combinación o las sobredosis pueden inducir un golpe de calor. Se ha reportado una severa hipertermia por sobredosis de anfetaminas, una anfetamina con un inhibidor de la monoaminoxidasa y un tricíclico combinado con un inhibidor de la monoaminoxidasa (71-73).

## Problemas metodológicos de los estudios

La literatura sobre la mortalidad y la morbilidad relacionadas con la oleada de calor ha sido complicada ya que diferentes investigadores han estudiado diferentes efectos en la salud. En algunas oleadas de calor que causan mortalidad en exceso, pocas o ninguna de las muertes se certificaron. Dado que las muertes certificadas son pocas en comparación con la magnitud del incremento total de la mortalidad, algunos investigadores decidieron que ese incremento como un resultado de importancia. En tales estudios, el número de muertes se abordó en relación con los resultados de medidas meteorológicas hechas en la estación climática local. Puesto que los mecanismos administrativos para el registro de la ocurrencia de una muerte sobre un dato dado son completamente dependientes, en los países desarrollados la medición del resultado en salud que se está estudiando (muerte en un día particular) es casi exacta. Sin embargo, la estación climática de la cual se obtiene el dato, puede estar en un sitio, como un aeropuerto, ubicado a millas de distancia del lugar donde ocurre la mayoría de las muertes. Aun si las lecturas se toman en el área habitada por la población en riesgo, son medidas fuera de casa y no necesariamente reflejan las condiciones variables dentro de las viviendas y otras edificaciones donde ocurren la mayoría de las muertes. Dado que los estudios tampoco toman en cuenta otros factores de riesgo de la persona y del medio, muy pocas conclusiones se pueden obtener.

Cierto número de estudios han usado información de los certificados de defunción y comparan las defunciones ocurridas en estaciones calurosas, con aquéllas en un período control. Un aparente exceso de muertes atribuidas a una variedad de entidades diagnósticas (por ejemplo, apoplejía, enfermedad cardíaca isquémica) ha sido estudiado, mas no aquellas muertes correspondientes a enfermedades relacionadas directamente con el calor (choque de calor). Esos estudios han permitido hallazgos interesantes pero la imprecisión bien conocida en algunos datos del certificado de muerte, lleva a la imprecisión en los resultados del estudio. En particular, los criterios médicos para el diagnóstico de varias causas de muerte cambia con el tiempo y la localidad. En un intento por tratar específicamente con la mortalidad y la morbilidad claramente atribuidas al calor - excluyendo los casos de morbilidad y muerte que pudieran haber ocurrido en ausencia de calor - algunos investigadores han limitado sus estudios de enfermedad a casos clasificados como 'relacionados con el calor'. Este término se refiere generalmente a una determinación médica de que la enfermedad o muerte estuvieron de alguna forma relacionadas con el ambiente caluroso. Pero, aun definido de esta forma, el término es algo ambiguo. El calor puede producir varios síndromes distintos, todos 'relacionados

con el calor'. Además, las muertes relacionadas con el calor en algunos estudios se refieren únicamente a aquéllas en las cuales se pensó que el ambiente caluroso era la causa subyacente de la muerte, pero en otros estudios, también se incluyen las muertes para las cuales el calor sólo fue un factor contribuyente. Además, el uso de esta categorización en el diagnóstico y en la codificación de la causa de muerte, puede variar mucho de región a región. Escribiendo acerca de la oleada de calor de 1966, la cual causó severas consecuencias sanitarias en Nueva York y San Luis, Schuman observó que 130 muertes en San Luis se atribuyeron a 'excesivo calor e insolación' pero que, en Nueva York, 'únicamente una parte de las muertes fueron codificadas, prefiriéndose... las condiciones subyacentes circulatorias y degenerativas' (30). La variación entre los médicos con respecto a la determinación de esa 'relación' con el calor continúa complicando los estudios (74).

En un esfuerzo por limitar sus investigaciones al estudio de las enfermedades claramente causadas por el calor, quienes investigaron los efectos de la oleada de calor de 1980 en San Luis y Kansas City definieron así a quienes tenían golpe de calor:

Pacientes con una temperatura (medida en cualquier parte del cuerpo) mayor o igual a 41,1 °C (106 °F); pacientes con temperatura documentada mayor o igual a 40,6 °C (105 °F), si también están presentes alteraciones del estado mental o anhidrosis, y aquéllos que arribaron muertos al hospital o al consultorio médico, si la temperatura corporal... era igual o mayor de 41,1 °C (56).

Desde entonces, otros estudios han definido el choque de calor en forma similar (14,75). También, se pueden desarrollar definiciones estrictas para el estudio de otros resultados cuya causa directa es el calor (agotamiento, síncope y calambres por calor). Tales definiciones no necesariamente ayudan al clínico que intenta definir el diagnóstico en un individuo en particular. Su utilidad radica en el valor como criterio de entrada para los estudios epidemiológicos del grupo de pacientes, capacitando al investigador para explicar precisamente cuáles entidades clínicas han sido estudiadas cuando las enfermedades 'relacionadas con el calor' son el objeto de estudio. De esta manera, los futuros investigadores podrán clarificar y cuantificar mejor las consecuencias del calor sobre la salud.

## **Prevención de efectos adversos**

### Oportunidad de las medidas preventivas

En muchas partes de los Estados Unidos, no todos los años suceden oleadas de calor lo suficientemente severas para amenazar la salud y varios veranos, relativamente leves, ocurren entre las diferentes oleadas. Su ocurrencia errática impide la planeación de esfuerzos preventivos efectivos. Para los departamentos de salud, puede ser administrativamente difícil destinar recursos que estarán disponibles si se necesitan pero no se gastarán si no ocurre el fenómeno.

Aunque las predicciones del clima a largo plazo (algunos meses antes) no se pueden establecer, la ocurrencia de períodos severamente calurosos, aquéllas que los

predicen varios días antes son bastante exactas. ¿Se podría predecir la magnitud de la mortalidad y de la morbilidad esperada? ¿Un aviso, 1 o 2 días antes, acerca de la probable magnitud de los efectos adversos podría usarse en la planeación de medidas preventivas?

La temperatura aparente, también conocida como índice de calor (uno de los índices ya mencionados) se ha propuesto como guía para la forma de anticiparse a los peligros. El riesgo que implica el estrés por calor no depende únicamente de su magnitud en un momento dado sino también de cómo ha variado en el tiempo. Además, este índice en ninguna forma tiene en cuenta la variación en la sensibilidad de las diferentes regiones. Por tanto, la temperatura aparente por sí misma, independiente de la localización geográfica y de los antecedentes climáticos, probablemente no dará un pronóstico muy exitoso de la magnitud de los efectos que deben esperarse en una población en riesgo (2,3,7).

Varios autores han intentado desarrollar modelos matemáticos para cuantificar el incremento en el número de muertes esperadas por un grado de incremento en la temperatura. Esas fórmulas han tenido en cuenta factores como la tendencia estacional de la mortalidad, la aclimatación, la estructura de edad y la exposición previa de las poblaciones en riesgo a los climas calurosos. Los modelos matemáticos actualmente disponibles se han ajustado retrospectivamente a los datos de mortalidad y meteorológicos pasados. Están razonablemente de acuerdo con las observaciones de las cuales se desarrollaron. Sin embargo, ninguno de esos modelos ha demostrado aún su utilidad en la predicción prospectiva de los efectos adversos del calor en la salud (43,46,51). Esta es una importante área de investigación.

En ausencia de una predicción confiable, la detección temprana de esas consecuencias podría brindar información útil a los profesionales de salud para la movilización de recursos hacia la prevención relativamente temprana de una epidemia de enfermedades relacionadas con el calor. Un gran incremento en el número de casos atendidos por los médicos locales, inexplicable por ningún otro desastre, se ha propuesto como indicador precoz de los efectos severos del calor sobre la salud de las comunidades. Esta propuesta se basó en los datos de 1980 en dos ciudades del medio oeste que mostraron cómo el número de casos reportados a los médicos clínicos se incrementó proporcionalmente en mayor grado que el de otras medidas indirectas del impacto del calor, incluyendo la tasa de mortalidad, las visitas a las salas de urgencias y los ingresos hospitalarios. Además, el número total de estos casos se obtiene más fácilmente. A menudo, el tiempo requerido para el diagnóstico postmortem no retrasa la recolección de datos (36). Aunque aún no se ha hecho una evaluación prospectiva de la utilidad de este indicador, este hecho no disculpa a los departamentos de salud locales y estatales de la evaluación futura del método en su jurisdicción. No hay aún criterios firmes con respecto a cómo un incremento en el número de casos deberá iniciar la implementación de programas preventivos.

### Contenido de los programas de prevención

Los programas de prevención deben concentrarse sobre medidas cuya eficacia es soportada en bases empíricas. Muchos esfuerzos preventivos se han centrado sobre

la distribución de ventiladores eléctricos a las personas en riesgo. Sin embargo, el estudio de la ola de calor de Missouri en 1980, no mostró un efecto protector apreciable de estos ventiladores (56). Este hallazgo es consistente con las predicciones teóricas y con los datos empíricos que muestran cómo, conforme la temperatura del aire alcanza los 37,2 °C – el valor exacto depende de la humedad y de otros factores –, el movimiento incrementado del aire deja de disminuir el estrés por calor. A muy altas temperaturas, el movimiento incrementado del aire exacerba el estrés por calor (2-4,7). Aunque se requieren más estudios para evaluar la eficacia preventiva de los ventiladores, éstos probablemente deben usarse en situaciones en las cuales los índices establecidos de estrés por calor sugieran que podrían ser peligrosos.

El aire acondicionado previene efectivamente el golpe de calor y puede disminuir la incidencia de otros efectos adversos. En un estudio, la presencia de aire acondicionado en el hogar, las 24 horas del día, reduce el riesgo de golpe de calor en un 98%. Adicionalmente, el gastar más tiempo en los lugares con aire acondicionado (independientemente de disponer de uno en el hogar) estuvo asociado con una reducción de 4 veces para el golpe de calor (56). Esos hallazgos sugieren que los alojamientos con aire acondicionado son un medio efectivo para la prevención de dicha entidad. Las personas en riesgo que no dispongan de aire acondicionado en sus casas pueden beneficiarse pasando unas horas cada día en ambientes con ese elemento.

El mantenimiento de una adecuada hidratación es importante en la prevención de entidades relacionadas con el calor. El incremento en la temperatura corporal de voluntarios bajo estrés por calor se redujo cuando las pérdidas de líquidos se reemplazaron frecuentemente (76). Además, la ingestión extra de líquidos se ha asociado con un menor riesgo de golpe de calor (56). Puede requerirse más líquido que el dictado por la sed con el fin de reponer las pérdidas incrementadas que ocurren en los climas calurosos (76,77). Entonces, a menos que haya una contraindicación médica, las personas en riesgo deben ser instruidas en esforzarse por incrementar la cantidad de líquidos que consuman.

La adecuada ingestión de sal con las comidas es importante. Aunque puede ser importante el suplemento de sal con tabletas para prevenir los desequilibrios electrolíticos en individuos cuidadosamente seleccionados, que deben tolerar intensos y prolongados períodos de calor (20), es de dudoso beneficio en la prevención de las entidades relacionadas con el calor en la población general (56). Además, tal suplemento puede ser peligroso para las personas con ciertas enfermedades crónicas en las cuales una ingestión elevada de sodio es indeseable (por ejemplo, hipertensión, falla cardíaca congestiva). De ahí que las tabletas de sal no se deben recomendar para el consumo general durante la oleada de calor.

Las personas en alto riesgo deben ser advertidas para que reduzcan su actividad, pues tales comportamientos parecer haber reducido el riesgo de golpe de calor en un estudio (56). Por el contrario, el ejercicio atlético bajo el calor incrementa mucho ese riesgo, aunque no tanto en quienes se han aclimatado por entrenamiento en ese medio (66).

## Grupos objetivo

Para ser efectivos al máximo, los programas de prevención de enfermedades por calor deben dirigirse hacia los grupos particularmente en riesgo. Las ciudades – especialmente de nivel socioeconómico bajo, áreas internas de las mismas – son los objetivos apropiados para los esfuerzos preventivos. Los ancianos deben recibir atención especial, pues la edad avanzada es uno de los factores más fuertemente asociados con un mayor riesgo de golpe de calor o muerte por otras causas durante una oleada

En lo posible, los establecimientos al cuidado de personas ancianas, deben disponer de aire acondicionado durante las estaciones excesivamente calurosas. Sin embargo, los ancianos que viven en sus casas no se deben pasar por alto ya que tienen un mayor riesgo que los institucionalizados (78). Los padres deben ser conscientes de la mayor sensibilidad de los bebés y de los menores de 5 años de edad. Los pacientes que toman neurolépticos o anticolinérgicos deben informarse sobre su posible mayor sensibilidad al calor.

## Referencias

1. Collins KJ. *Hypothermia: the facts*. New York: Oxford University Press; 1983.
2. Steadman RG. The assessment of sultriness. Part 1. A temperature-humidity index based on human physiology and clothing science. *J Appl Meteorology* 1979;18:861-73.
3. Steadman RG. The assessment of sultriness. Part II. Effects of wind, extra radiation, and barometric pressure on apparent temperature. *J Appl Meteorology* 1979;18:874-85.
4. Yaglou CP. Temperature, humidity, and air movement in industries: the effect temperature index. *Journal of Industrial Hygiene* 1927;9:297-309.
5. American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers (ASHRAE). *Handbook of Fundamentals*. Atlanta: ASHRAE; 1981.
6. American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers (ASHRAE). *1989 ASHRAE Handbook: fundamentals* (I-P ed.). Atlanta: ASHRAE; 1989.
7. Steadman RG. A universal scale of apparent temperature. *J Climate and Appl Meteorology* 1984;23:1674-87.
8. Lee DHK. Seventy-five years of searching for a heat index. *Environ Res* 1980;22:331-56.
9. Beshir MY, Ramsey JD, Burford CL. Threshold values for the Botsball: a field study of occupational heat. *Ergonomics* 1982;25:247-54.
10. Knochel JP. Heat stroke and related heat stress disorders. *Dis Mon* 1989;35:301-78.
11. Hart GR, Anderson RJ, Crumpler CP, Shulkin A, Reed O, Knochel JP. Epidemic classical heat stroke: clinical characteristics and course of 28 patients. *Medicine* 1982;61:189-97.
12. Gauss H, Meyer KA. Heat stroke: report of one hundred and fifty-eight cases from Cook County Hospital, Chicago. *Am J Med Sci* 1917;154:554-64.
13. Shibolet S, Coll R, Gilat T, Sohar E. Heatstroke: its clinical picture and mechanism in 36 cases. *Q J Med* 1967;36:525-48.
14. Steinzeig SM. Heat stroke: experience at the Windfield State Training School during a record heat wave. *J Kan Med Soc* 1955;56:426-9.
15. Graham BS, Lichtenstein MJ, Hinson JM, Theil GB. Nonexertional heatstroke: physiologic management and cooling in 14 patients. *Arch Intern Med* 1986;146:87-90.
16. Al-Aska K, Abu-Aisha H, Yaqub B, Al-Harshi SS, Sallam A. Simplified cooling bed for heatstroke [letter]. *Lancet* 1987;1:381.

17. Vicario SJ, Okabajue R, Haltom T. Rapid cooling in classic heatstroke: effect on mortality rates. *Am J Emerg Med* 1986;4:394-8.
18. Katsouyanni K, Trichopoulos D, Zavitsanos X, Touloumi G. The 1987 Athens heatwave. *Lancet* 1988;2:573.
19. Costrini A. Emergency treatment of exertional heatstroke and comparison of whole body cooling techniques. *Med Sci Sports Exerc* 1990;22:15-8.
20. National Institute for Occupational Safety and Health. *Criteria for a recommended standard occupational exposure to hot environments*. Revised Criteria 1986. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office; 1986.
21. National Center for Health Statistics. *Mortality public use computer data tapes for the years 1979-1991*. Hyattsville, MD: National Center for Health Statistics; 1994.
22. Ellis FP. Mortality from heat illness and heat-aggravated illness in the United States. *Environ Res* 1972;5:1-58.
23. Ellis FP, Prince HP, Lovatt O, Whittington RM. Mortality and morbidity in Birmingham during the 1976 heat wave. *Q J Med* 1980;49:1-8.
24. Schuman SH, Anderson CP, Oliver JT. Epidemiology of successive heat waves in Michigan in 1962 and 1963. *JAMA* 1964;180:131-6.
25. Bridger CA, Helfand LA. Mortality from heat during July 1966 in Illinois. *Int J Biometeorol* 1968;12:51-70.
26. Jones TS, Liang AP, Kilbourne EM, et al. Morbidity and mortality associated with the July 1980 heat wave in St. Louis and Kansas City, Missouri. *JAMA* 1982;247:3327-31.
27. Applegate WB, Runyan JW Jr, Brasfleid L, Williams ML, Konigsberg C, Fouche C. Analysis of the 1980 heat wave in Memphis. *J Am Geriatr Soc* 1981;29:337-42.
28. Ellis FP, Nelson F, Pincus L. Mortality during heat waves in New York City, July 1972 and August and September, 1973. *Environ Res* 1975;10:1-13.
29. Henschel A, Burton LL, Margolies L, Smith JE. An analysis of the heat deaths in St. Louis during July 1966. *Am J Public Health* 1969;59:2232-42.
30. Schuman SH. Patterns of urban heat-wave deaths and implications for prevention: data from New York and St. Louis during July, 1966. *Environ Res* 1972;5:59-75.
31. Gover M. Mortality during periods of excessive temperature. *Public Health Rep* 1938; 53:1122-43.
32. Fish PD, Bennett GCJ, Millard PH. Heat wave morbidity and mortality in old age. *Age Ageing* 1985;14:243-5.
33. Keatinge WR, Coleshaw SRK, Easton JC, Cotter F, Mattock MB, Chelliah R. Increased platelet and red cell count, blood viscosity, and plasma cholesterol levels, during heat stress, and mortality from coronary and cerebral thrombosis. *Am J Med* 1986;43:353-60.
34. Strother SV, Bull JMC, Branham SA. Activation of coagulation during therapeutic whole body hyperthermia. *Thromb Res* 1986;43:353-60.
35. Nialamud N, Haymaker W, Custer RP. Heat stroke: a clinicopathologic study of 125 fatal cases. *Military Surgeon* 1946;99:397-449.
36. Centers for Disease Control. Medical examiner summer mortality surveillance-United States, 1979-1981. *MMWR* 1982;31:336-43.
37. Marshall TK, Hoare FE. Estimating the time of death: the rectal cooling after death and its mathematical expression. *J Forensic Sci* 1962;7:56-81.
38. Marshall TK. Estimating the time of death: the use of the cooling formula in the study of postmortem body cooling. *J Forensic Sci* 1962;7:189-210.
39. Marshall TK. Estimating the time of death: the use of body temperature in estimating the time of death. *J Forensic Sci* 1962;7:211-21.
40. Centers for Disease Control. Heat-related mortality-Latium Region. Italy. Summer 1983. *MMWR* 1984;33:518-21.

41. Housworth J, Langmuir AD. Excess mortality from epidemic influenza, 1957-1966. *Am J Epidemiol* 1974;100:40-8.
42. Lyster WR. Death in summer [letter]. *Lancet* 1976;2:469.
43. Oechsli FS, Buechley RW. Excess mortality associated with three Los Angeles September hot spells. *Environ Res* 1970;3:277-84.
44. Bonner RM, Harrison MH, Hall CJ, Edwards RJ. Effect of heat acclimatization in intravascular responses to acute heat stress in man. *J Appl Physiol* 1976;41:708-13.
45. Wyndham CH, Rogers OG, Senay LC, Mitcheil D. Acclimatization in a hot humid environment: cardiovascular adjustments. *J Appl Physiol* 1976;40:779-85.
46. Marmor M. Heat wave mortality in New York Citv, 1949 to 1970. *Arch Environ Health* 1975;30:130-6.
47. Greenberg JH, Bromberg J, Reed CM, Gustafson TL, Beauchamp RA. The epidemiology of heat-related deaths Texas-1950, 1970-79 and 1980. *Am J Public Health* 1983;73:805-7.
48. Shattuck OC, Hilferty MM. Sunstroke and allied conditions in the United States. *Am J Trop Med Hyg* 1932;12:223-45.
49. Shattuck OC, Hilferty MM. Causes of death from heat in Massachusetts. *N Engl Med* 1933;209:319.
50. Clarke JF. Some effects of the urban structure on heat mortaiity. *Environ Res* 1972;5:93-104.
51. Buechley RW, Van Bruggen J, Truppi LE. Heat island = death island? *Environ Res* 1972;5:85-92.
52. National Climatic Center. Local climatological data: annual summaries for 1980. Asheville, N.C.: National Climatic Center, 1981.
53. MacFarlane A, Waller RE. Short term increases in mortality during heat waves. *Nature* 1976;264:434-6.
54. Sprung CL. Hemodynamic alterations of heat stroke in the elderly. *Chest* 1979;75:362-6.
55. Crowe JP, Moore RE. Physiological and behavioral responses of aged men to passive heating. *J Physiol* 1973;236:43-5.
56. Kilbourne EM, Choi K, Jones TS, Thacker SB, and the Field Investigation Team. Risk factors for heatstroke: a case-control study. *JAMA* 1982;247:3332-6.
57. Adams BE, Manoguerra AS, Luja GP, Long RS, Ruiz E. Heatstroke associated with medications having anticholinergic effects. *Minn Med* 1977;60:103-6.
58. Collins KJ, Exton-Smith AN, Dore C. Urban hypothermia: preferred temperature and thermal perception in old age. *Br Med J* 1981;282:175-7.
59. Cardullo HM. Sustained summer heat and fever in infants. *J Pediatr* 1949;35:24-42.
60. Danks DM, Webb DW, Allen J. Heat illness in infants and young children: a study of 47 cases. *Br Med J* 1962;2:287-93.
61. Bacon C, Scott D, Jones P. Heatstroke in well-wrapped infants. *Lancet* 1979;1:913-6.
62. U.S. Bureau of the Census. *Computer tapes containing population data for the years 1970 and 1980*. Washington, D.C.: U.S. Bureau of the Census; 1980.
63. Shapiro Y, Magazanik A, Udassin R, Ben-Baruch GG, Shwartz E, Shoenfeld Y. Heat intolerance in former heatstroke patients. *Ann Intern Med* 1979;90:913-6.
64. Bar-Or O, Lundegren HM, Buskirk ER. Heat tolerance of exercising obese and lean women. *J Appl Physiol* 1969;26:403-9.
65. Haymes EM, McCormick RJ, Buskirk ER. Heat tolerance of exercising lean and obese prepubertal boys. *J Appl Physiol* 1975;39:457-61.
66. Schickele E. Environment and fatal heat stroke: an analysis of 157 cases occurring in the army in the U.S. during World War II. *Military Surgeon* 1947;98:235-56.
67. MacQuaide DHG. Congenital absence of sweat glands. *Lancet* 1944;2:531-2.
68. Buchwald I. Scleroderma with fatal heat stroke. *JAMA* 1967;201:270-1.

69. Kollias J, Ballard RW. The influence of chlorpromazine on physical and chemical mechanisms of temperature regulation in the rat. *J Pharmacol Exp Ther* 1964;145:373-381.
70. Littman RE. Heat sensitivity due to autonomic drugs. *JAMA* 1952;149:635-636.
71. Ginsberg MD, Hertzman M, Schmidt-Nowara WW. Amphetamine intoxication with coagulopathy, hyperthermia, and reversible renal failure. *Ann Intern Med* 1970;73:81-85.
72. Stanley B, Pal NR. Fatal hyperpyrexia with phenelzine and imipramine. *Br Med J* 1964;2:1011.
73. Lewis E. Hyperpyrexia with antidepressant drugs. *Br Med J* 1965;1:1671-2.
74. Centers for Disease Control and Prevention. Heat-related deaths-Philadelphia and United States 1993-1994. *MMWR* 1994;43:453-5.
75. Centers for Disease Control. Illness and death due to environmental heat-Georgia and St. Louis, Missouri, 1983. *MMWR* 1984;33:325-6.
76. Dill DB, Yousef MK, Nelson JD. Responses of men and women to two-hour walks in desert heat. *J Appl Physiol* 1973;35:231-5.
77. Pitts GC, Johnson RE, Consolazio FC. Work in the heat as affected by intake of water, salt and glucose. *Am J Physiol* 1994;142:253-9.
78. Centers for Disease Control. Heat-associated mortality-New York City. *MMWR* 1984;33:430-2.



## Ambientes fríos

EDWIN M. KILBOURNE

### Antecedentes y aspectos físicos y fisiológicos

#### Alcance del problema

A diferencia de las oleadas de calor en verano, los períodos sostenidos de inviernos fríos no están característicamente asociados con un incremento en el número de muertes por todas las causas. Con todo, el frío causa severa morbilidad y mortalidad de importancia en salud pública. Si se consideran únicamente las muertes certificadas por médicos en los Estados Unidos, el número promedio de las atribuidas al frío, aproximadamente 770 anuales, es bastante mayor que el atribuido al calor, cerca de 270 (1).

La temperatura, la velocidad del aire, la humedad y la energía radiante son las cuatro medidas ambientales de mayor importancia al abordar el estrés por calor y frío. El movimiento del aire facilita la pérdida de calor corporal por convección, en condiciones frías mucho más eficientemente que en las cálidas. Los cambios en la humedad no afectan tanto el estrés por frío como lo hacen con el calor, dado que la transpiración no es un mecanismo fisiológico importante para mantener la temperatura corporal en el frío. El calor radiante emitido por los aparatos caseros (estufas o radiadores) puede disminuir el estrés por frío bajo techo; sin embargo, dado que el sol transmite calor radiante a la superficie terrestre menos eficientemente en el invierno que en el verano, las variaciones en el calor radiante al aire libre no son tan importantes en la determinación

del estrés por frío. Por tanto, para la mayoría de propósitos, la temperatura del aire y la velocidad del viento son los dos factores más importantes en la determinación del estrés térmico bajo condiciones de frío, particularmente al aire libre (2).

Es lógico, entonces, que el índice de ‘sensación térmica’ ampliamente usado, formulado por Siple y Passel en 1945, recaiga tan sólo sobre la temperatura del aire y la velocidad del viento para predecir el estrés por frío que resulta de condiciones meteorológicas específicas (2). Aunque este índice es ampliamente aplicado y generalmente útil, tiene inexactitudes a velocidades extremas del viento y se han propuesto esquemas alternativos (3,4). En la tabla 13.1 se muestra una guía equivalente, relativamente estándar, basada en dicho índice.

### Mecanismos adaptativos

Las principales respuestas adaptativas al frío son el estremecimiento (tiritar, temblar) y la vasoconstricción. La actividad muscular relacionada con el estremecimiento incrementa la producción de calor metabólico. La vasoconstricción periférica lleva a la redistribución del flujo sanguíneo desde la piel y otros lechos vasculares superficiales hacia los tejidos profundos, donde el calor puede ser mejor retenido. Además, el retorno sanguíneo de las piernas es enviado de las venas superficiales constreñidas a las venas acompañantes de las arterias mayores, y desencadenan un mecanismo de contracorriente para el intercambio de calor. Al pasar muy cerca de las venas, la sangre arterial calienta a la venosa que retorna al centro. Por el contrario, la sangre venosa que entra enfría a la que sale, sangre arterial, para que ésta ceda menos calor a la periferia. El resultado es una caída de la temperatura en la superficie corporal en defensa de la central. Entonces, la diferencia entre las temperaturas central y la de la piel es una medida aproximada de la eficacia de la vasoconstricción (5,6).

## Frío y mortalidad

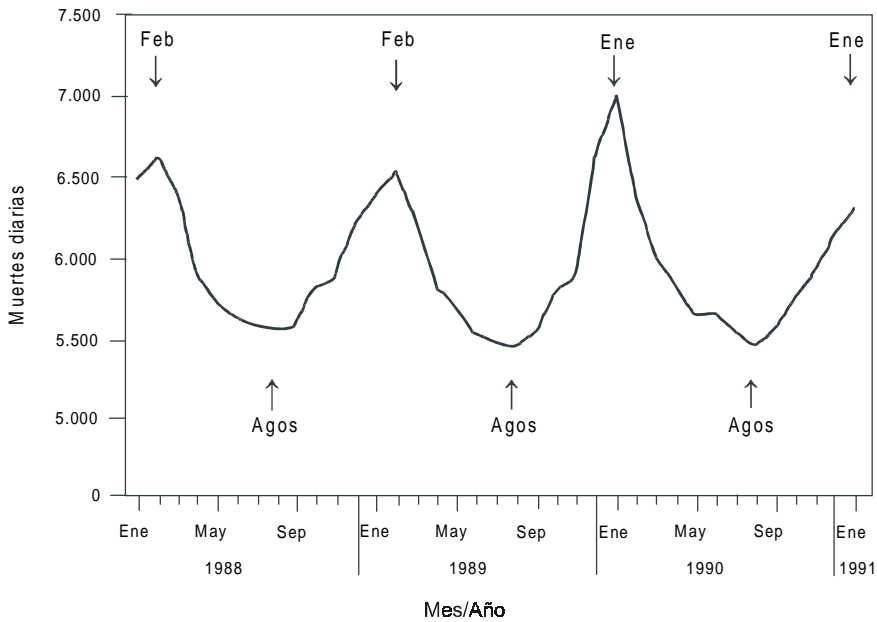
En los Estados Unidos, la mortalidad usualmente hace un pico a mitad del invierno y alcanza un punto bajo en el verano tardío (figura 13.1). Decenas de miles de muertes ocurren en enero más que en agosto, pero el número de muertes en ‘exceso’ en el invierno sobrepasa en mucho al de muertes certificadas cada año como resultado del frío (1). En otros países de las regiones templadas de ambos hemisferios, ocurre algo similar. Si bien los patrones estacionales de esos dos hemisferios están desfasados 6 meses, las tasas de muerte son máximas en el invierno en cada hemisferio (5).

Para la mayoría, las ‘rachas de frío’ en invierno (varios días de clima inusualmente frío) parecen no causar el súbito y llamativo incremento en la mortalidad que causan las oleadas de calor en verano. Una aparente excepción fue la duplicación del número de personas mayores de 65 años muertas que llegaron al Hope Hospital en Manchester, Inglaterra, durante el severo frío de enero-febrero de 1985 (se esperaban aproximadamente 25 y llegaron 50) (7).

**Tabla 13.1** Temperaturas\* equivalentes de sensación térmica para una velocidad del viento de referencia de 6,4 km/h (1,79 m/seg)

Temperatura °C (°F)	Velocidades de viento en km/hora (m/seg)							
	6,4 (1,79)	8 (2,24)	16 (4,47)	32 (8,94)	48 (13,41)	64 (17,88)	80 (22,35)	
4,4 (40)	4,4 (40)	3,0 (37)	-2,2 (28)	-7,7 (18)	-10,6 (13)	-12,2 (10)	-12,8 (9)	
1,7 (35)	0,7 (35)	0,1 (32)	-5,6 (22)	-11,7 (11)	-14,9 (5)	-16,6 (2)	-17,3 (1)	
-1,1 (30)	-1,1 (30)	-2,9 (27)	-9,0 (16)	-15,6 (4)	-19,1 (-2)	-21,0 (-6)	-21,8 (-7)	
-3,9 (25)	-3,9 (25)	-5,8 (22)	-12,4 (10)	-19,6 (-3)	-23,4 (-10)	-25,4 (-14)	-26,2 (-15)	
-6,7 (20)	-6,7 (20)	-8,7 (16)	-15,8 (4)	-23,5 (-10)	-27,6 (-18)	-29,7 (-22)	-30,7 (-23)	
-9,4 (15)	-9,4 (15)	-11,6 (11)	-19,2 (-3)	-27,6 (-18)	-31,8 (-25)	-34,1 (-29)	-35,1 (-31)	
-12,2 (10)	-12,2 (10)	-14,5 (6)	-22,7 (-9)	-31,8 (-25)	-36,1 (-33)	-38,5 (-37)	-39,6 (-39)	
-15,0 (5)	-15,0 (5)	-17,5 (1)	-26,1 (-15)	-35,4 (-32)	-40,3 (-41)	-42,9 (-45)	-44,1 (-47)	
-17,8 (0)	-17,8 (0)	-20,4 (-5)	-29,5 (-21)	-39,4 (-39)	-44,6 (-48)	-47,3 (-53)	-48,5 (-55)	
-20,6 (-5)	-20,6 (-5)	-23,3 (-10)	-32,9 (-27)	-43,3 (-46)	-48,8 (-56)	-51,7 (-61)	-53,0 (-63)	
-23,4 (-10)	-23,4 (-10)	-26,2 (-15)	-36,3 (-33)	-47,3 (-53)	-53,1 (-64)	-56,1 (-69)	-57,4 (-71)	
-26,1 (-15)	-26,1 (-15)	-29,1 (-20)	-39,8 (-40)	-51,3 (-60)	-57,3 (-71)	-60,5 (-77)	-61,9 (-79)	
-28,9 (-20)	-28,9 (-20)	-32,1 (-26)	-43,2 (-46)	-55,2 (-67)	-61,5 (-79)	-64,9 (-85)	-66,4 (-87)	

\*Derivada de la fórmula de Siple y Passel (2)



**Figura 13-1.** Promedio de muertes diarias en los Estados Unidos (todas las causas) para los meses de enero de 1988 a enero de 1991.

No obstante, los investigadores han tenido que confiar en el análisis de grandes series de datos diarios de temperatura y mortalidad para demostrar la existencia y la magnitud de la variación diaria en el número potencialmente explicable de muertes causadas por efecto del clima frío (8-12). Esos análisis se complican mucho por el patrón de variación estacional de la mortalidad. Aun las diferencias en las muertes diarias para períodos tan cortos como 60-90 días, pueden tener un componente estacional que debe ser analizado para establecer correctamente qué tanto del cambio cotidiano en la mortalidad está relacionado con los cambios diarios de temperatura.

La tendencia a mayores muertes en el invierno es más marcada entre los ancianos y se torna más prominente con el incremento en la edad. Sin embargo, para personas de 44 años o menos, la tendencia es revertida. Para este grupo, las muertes ocurren con más frecuencia en verano que en invierno. Muchas de las principales causas de muerte están asociadas con un incremento en la mortalidad en el invierno, entre ellas, las enfermedades cardiacas, las cerebrovasculares, la neumonía, la influenza y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica. Por el contrario, las muertes por neoplasias malignas permanecen virtualmente constantes a lo largo del año (13).

Debido a la fluctuación estacional en la mortalidad, el análisis de regresión basado en observaciones diarias y que controla el efecto estacional, muestra una correlación inversa entre mortalidad y temperatura – en otras palabras, una asociación directa de la tasa elevada de muertes con el frío. La fuerza de esta asociación refleja el patrón estacional de mortalidad, pero no necesariamente implica que el frío sea la causa directa

de todo ese incremento. De hecho, varias observaciones tienden a indicar que este incremento estacional no es completamente atribuible a la temperatura. Una de tales observaciones es que los picos y valles en la curva de mortalidad en los Estados Unidos, no han aparecido siempre en enero o febrero y septiembre, respectivamente, como sucede ahora. A comienzos del siglo, el pico era usualmente en febrero o marzo y el punto más bajo en junio (14). Si las diferencias estacionales en la mortalidad fueran completamente dependientes de la temperatura, no se esperaría ver ese patrón. Además, el incremento de muertes en invierno ocurre aún en los estados con inviernos relativamente leves (Florida y Hawai) y tales incrementos son de similar magnitud a los observados donde éste es característicamente severo (Minnesota y Montana) (11).

Un análisis epidemiológico buscaba controlar el efecto de confusión de las fluctuaciones estacionales en la mortalidad, limitando sus observaciones a los meses de noviembre a febrero. La tasa de muertes para hombres menores de 65 años se incrementó modestamente los días con temperaturas promedio por debajo del promedio mensual, pero se observó poco cambio en el número de muertes entre hombres y mujeres de 65 o más años, el grupo para el cual el incremento en la mortalidad estacional es más pronunciado (11,15).

No obstante, la capacidad del frío para causar enfermedad severa y muerte no se debe subestimar. Las muertes por apoplejía, enfermedad cardíaca isquémica y neumonía pueden incrementarse (9,10). Los incrementos en la presión sanguínea y la coagulabilidad pueden causar el incremento reportado en las muertes por apoplejía y enfermedad cardíaca isquémica (16,17). La baja humedad en invierno (resultado directo del frío) puede aumentar el exceso de muertes en esa época, pues favorece la transmisión de ciertos agentes infecciosos, principalmente influenza (18).

## Síndromes clínicos específicos

### Hipotermia

El término hipotermia se refiere al descenso no intencional ni provocado de la temperatura corporal central. Por ejemplo, se ha inducido esa disminución para deprimir el consumo de oxígeno durante ciertos procedimientos quirúrgicos (5,6). La hipotermia no intencional (accidental) resulta de la sobreexposición a temperaturas ambientales frías y es un problema de importancia considerable en salud pública. Sólo de esta hipotermia se ocupará lo que sigue del capítulo.

La hipotermia es la única enfermedad conocida relacionada con el frío con una importante letalidad. Es razonable suponer que los casos de hipotermia ocasionan la gran mayoría de muertes para las cuales se certifica la exposición al frío como causa subyacente (código E901, *Clasificación Internacional de Enfermedades*, novena revisión). Sin embargo, este supuesto no se ha verificado.

La mayoría de las autoridades están de acuerdo en que la hipotermia es clínicamente significativa cuando la temperatura corporal cae a 35 °C (95 °F) o menos. Conforme cae la temperatura, la conciencia se nubla y el paciente aparece confundido o desorientado.

La palidez resulta de la intensa vasoconstricción. Al principio, se presenta estremecimiento pero decrece marcadamente en intensidad a medida que la temperatura sigue cayendo y la hipotermia misma compromete la termorregulación. Con la hipotermia severa, temperatura corporal menor de 30 °C (86 °F), se pierde la conciencia, la respiración se torna imperceptible y el pulso no es palpable. A temperaturas tan bajas, el miocardio se torna irritable y es común la fibrilación ventricular. El paciente puede parecer muerto aunque puede recuperarse con el tratamiento apropiado (5).

Las personas encontradas aparentemente muertas en circunstancias que sugieren hipotermia, se deben manejar para esa entidad hasta que se confirme su muerte (19). No se debe subestimar el potencial de recuperación de estas personas después de prolongadas maniobras de resucitación cardiopulmonar. Una víctima aparente de ahogamiento en aguas heladas se recuperó completamente después de carecer de latidos cardíacos durante 2,5 horas (20). Un hombre de 30 años que sufrió hipotermia severa aguda (temperatura corporal de 23 °C, (73,4 °F) se recuperó sin secuelas permanentes después de 4,5 horas de resucitación cardiopulmonar (21).

La hipotermia puede ser un evento fisiopatológico primario o puede representar fallas termorreguladoras secundarias a una enfermedad subyacente, particularmente sepsis, infarto de miocardio, daño del sistema nervioso central o alteraciones metabólicas. La hipotermia secundaria tiene peor pronóstico que la primaria, probablemente por la naturaleza severa de la enfermedad asociada (22).

Existe controversia con respecto al método óptimo de recuperar el calor en los pacientes con hipotermia. Quienes defienden la forma lenta, argumentan que al hacerlo abruptamente se liberan de la vasoconstricción las partes periféricas lo cual resulta en un flujo de sangre fría y acidótica al centro, lo cual exacerba el desequilibrio metabólico de la hipotermia. Además, se dice que la inducción de la vasoconstricción resulta en una hipovolemia relativa que puede precipitar el choque (6,23). Quienes defienden la forma rápida, afirman que la acidosis y el déficit de volumen se pueden corregir rápidamente con la infusión de fluidos y bicarbonato de sodio y que la mejor forma de tratar cualquier efecto deletéreo adicional es la recuperación del calor (24,25). Hay menos desacuerdo con respecto al tratamiento de la hipotermia en circunstancias extremas (por ejemplo, cuando ocurre fibrilación ventricular inmanejable). En tales casos, se recomienda el calentamiento rápido e invasor con métodos como el lavado mediastinal o pleural abierto o la derivación cardiopulmonar (17,26,27). Noruega ha implementado un sistema para el manejo de emergencia de las víctimas de hipotermia con ambulancias y helicópteros de rescate y un protocolo para la remisión de pacientes directamente a los centros con facilidades para la circulación extracorpórea (28).

Una revisión reciente del tratamiento de la hipotermia brindó una visión equilibrada, argumentando que el manejo de elección debe depender del cuadro clínico del paciente. Si el calentamiento es activo o pasivo y si se usan técnicas invasoras o extracorpóreas dependerá de factores tales como la presencia o ausencia de latidos, el nivel de hipotermia, el éxito del tratamiento inicial y la disponibilidad del equipo requerido para los tipos específicos de calentamiento extracorpóreo (es decir, derivación cardiopulmonar).

Sin importar el método utilizado, todos requieren cuidados intensivos, incluyendo el soporte respiratorio, la corrección del desequilibrio electrolítico y del balance ácido-base y la optimización del volumen intravascular. La glicemia se debe evaluar y, si está presente, corregir la hipoglicemia. Además, el paciente debe ser tratado para cualquier condición médica subyacente.

### Congelamiento parcial (*frostbite*)

La quemadura por frío es el daño tisular local causado por el enfriamiento. A nivel celular, las causas precisas de la destrucción tisular del típico 'congelamiento lento' no han sido totalmente dilucidadas; sin embargo, la formación de cristales de hielo (primero en el espacio extracelular) y la consecuente concentración de solutos en el fluido remanente no congelado, pueden jugar un papel importante. El daño celular puede ser causado por el estado hiperosmolar local resultante (29). Como consecuencia de la vasculopatía que se presenta en el área afectada, ésta puede contribuir al daño tisular. Los mecanismos de vasoconstricción y el mecanismo de contracorriente de intercambio de calor, ya mencionados, sirven para bajar la temperatura de la periferia del cuerpo (manos, pies, orejas y nariz) haciéndolos particularmente susceptibles al congelamiento. En los casos leves, la recuperación es usualmente completa. En los casos más severos, la viabilidad del tejido se ve afectada; se puede desarrollar gangrena y llegar a requerirse la amputación del tejido afectado (30).

La experiencia clínica sugiere que el tratamiento óptimo de esta entidad incluye el rápido calentamiento en un baño de agua a una temperatura entre 37 y 41 °C y posterior cuidado de soporte. El descongelamiento con excesivo calor y el descongelamiento seguido de un nuevo congelamiento tienen un efecto deletéreo, que conlleva mayores e innecesarias amputaciones (31).

### Lesión tisular local no congelada

La exposición prolongada a condiciones frías por encima de las temperaturas de congelamiento también puede causar lesión tisular. El pie de trinchera o pie inmerso en agua fría, resultan de exposiciones prolongadas (días o semanas) a la humedad y a las condiciones frías por encima de las de congelamiento, pero por debajo de la usual en las extremidades. Los miembros afectados están inicialmente hinchados y entumecidos, y pronto se desarrolla una fase dolorosa e hiperémica. Los efectos a largo plazo (posthiperémico) pueden incluir dolor persistente, hiperestesia, malestar con el frío, debilidad muscular, atrofia o fibrosis. En la presentación inicial de los casos severos, puede haber gangrena (32-34).

La exposición prolongada a condiciones de calor húmedo produce un síndrome diferente y más benigno, el cual ha sido llamado pie inmerso en agua tibia. También implica dolor e hinchazón de las extremidades inferiores. Responde al reposo en cama, a la elevación y al aire seco sobre el pie y las piernas; típicamente se resuelve sin secuelas (32).

El eritema pernio se presenta como placas eritematosas o violáceas, pruríticas o dolorosas, que tienden a distribuirse en la periferia de las orejas, la nariz, las manos y, especialmente, las extremidades inferiores y los pies. Las lesiones severas pueden ampollarse o ulcerarse. Resultan de la prolongada respuesta vasoconstrictora al frío y la consiguiente insuficiencia circulatoria. Las lesiones mejoran con la terapia vasodilatadora (nifedipina o prazosín) y no causan dificultades duraderas (35-37).

## **Determinantes del riesgo de hipotermia**

### Factores situacionales

La hipotermia no intencional tiende a surgir bajo dos categorías de circunstancias. Una es la que afecta a las personas relativamente jóvenes y generalmente sanas durante el ejercicio de deportes al aire libre u otras actividades típicamente realizadas en tiempo frío (esquiar, excursiones, campamentos). En esta situación, un sujeto no comprometido puede estar sometido a una sobrecarga de frío. La hipotermia se puede desarrollar rápidamente, en cuestión de horas. En este caso, el congelamiento parcial acompaña con frecuencia a la hipotermia dado que están involucradas temperaturas por debajo del punto de congelación. Los factores que incrementan la probabilidad de desarrollar hipotermia incluyen el abrigo insuficiente, las ropas húmedas (pierden su valor aislante) y el permanecer inmerso en agua fría, situación en que la relativamente alta capacidad del agua para conducir calor resulta en su pérdida rápida del cuerpo. La hipotermia puede comprometer el discernimiento de los recreacionistas, lo cual hace que permanezcan en situación de peligroso estrés por frío o que no se protejan adecuadamente (5).

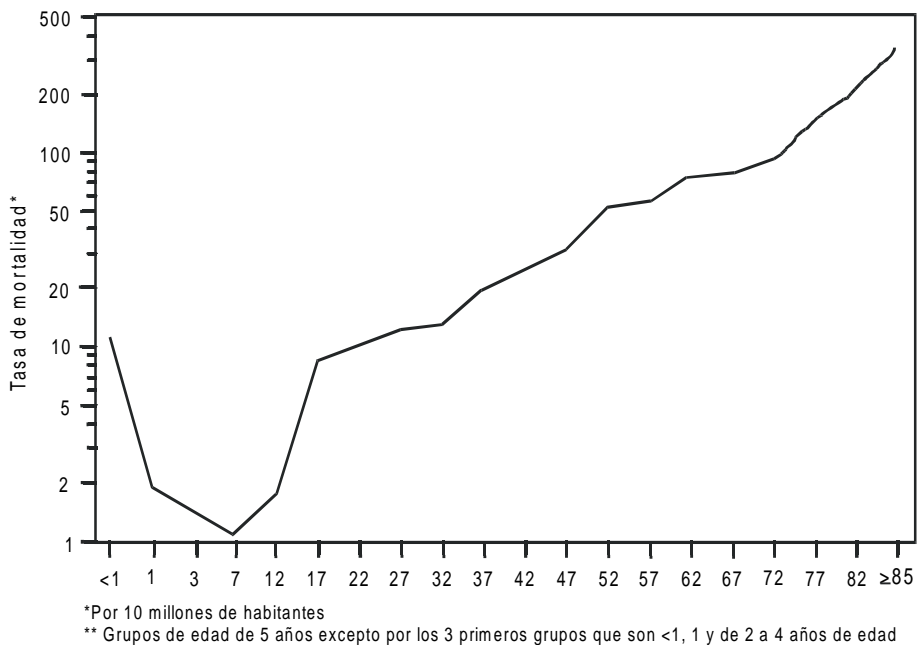
La otra situación en la cual ocurre comúnmente la hipotermia, involucra a personas particularmente vulnerables sujetas a moderado, pero prolongado, estrés por frío puertas adentro. Un ejemplo común es el de una persona anciana que vive una casa con calefacción inadecuada. En tales circunstancias, la hipotermia puede que no ocurra sino hasta días o semanas después del comienzo del estrés por frío y la congelación parcial no se presenta comúnmente (5). Los factores de riesgo en esta situación son distintos de aquéllos involucrados en la hipotermia de los recreacionistas.

### Hipotermia en la ancianidad

La vulnerabilidad especial de las personas ancianas a la hipotermia ha sido crecientemente apreciada en los últimos años. Después del primer año de vida, la tasa de muertes por efectos del frío se incrementa con la edad (figura 13.2). En los Estados Unidos, casi la mitad de las 770 personas que mueren cada año tienen 60 o más años, aun cuando sólo representan el 17% de la población general (1,38).

La magnitud de la morbilidad por hipotermia en ancianos se mide menos fácilmente. Un estudio nacional en época de invierno con 1.020 personas de 65 años o mayores,





**Figura 13-2.** Tasas de mortalidad atribuidas al frío (CIE, código: E 901) por edad, Estados Unidos, 1979-1991.

conducido en Gran Bretaña, encontró que pocos (0,58%) tenían temperaturas bajas (35 °C o menos) en la mañana. Sin embargo, un número importante (9%) tenía temperaturas cercanas a la hipotermia (menos de 35,5 °C y más de 35 °C) (39). En contraste, 3,6% de 467 pacientes mayores de 65 años admitidos en los hospitales de Londres al final del invierno y comienzos de la primavera tenían hipotermia (40). El hecho de que la hipotermia es relativamente común en los ancianos admitidos en hospitales – aunque virtualmente ausente en la comunidad – ha sido interpretado como demostrativo de que la mayoría de los ancianos británicos con hipotermia son hospitalizados rápidamente.

La aparente mayor sensibilidad al frío de los ancianos se puede deber a factores fisiológicos. Collins y colaboradores encontraron que una alta proporción de personas de 65 o más años de edad fallan en experimentar importante vasoconstricción en respuesta a los ambientes fríos controlados y que la proporción de tales personas se incrementaba con la edad de la cohorte examinada. Los ancianos con vasoconstricción anormal tendían a mostrar temperaturas centrales relativamente bajas (41). La tasa metabólica declina sustancialmente con la edad, lo cual hace que los ancianos luchen contra el frío a partir de un nivel relativamente bajo de termogénesis basal (42) y el estremecimiento, como mecanismo de defensa, se encuentra comprometido en algunos de ellos (43). La actividad muscular voluntaria también libera calor, pero la ancianidad conlleva más frecuentemente el desarrollo de enfermedades crónicas debilitantes que

limitan la movilidad. La grasa parda, un tipo de tejido cuyo propósito principal parece ser la generación de calor metabólico, es menos abundante en las personas ancianas que en los niños y adultos jóvenes (44).

Las personas ancianas parecen percibir el frío menos bien que las jóvenes y pueden ajustar voluntariamente los equipos de calefacción a temperaturas relativamente bajas (45). Además, la elevación en el costo de la energía en años recientes, junto con la pobreza relativa de algunas personas ancianas, pueden hacer que no eleven la temperatura de sus equipos lo suficiente para mantener una calefacción adecuada.

### Drogas que predisponen a la hipotermia

La ingestión de etanol es un factor importante hacia la hipotermia. La gran mayoría de pacientes en muchas series de casos sobre hipotermia, son hombres alcohólicos de mediana edad (46,47). El etanol produce vasodilatación lo cual interfiere con la vasoconstricción periférica, que es una importante defensa fisiológica contra el frío (6). Aunque generalmente se bebe en entornos fríos para obtener una sensación subjetiva de calor, esta práctica es peligrosa. El etanol también predispone a las personas a la hipotermia indirectamente al inhibir la gluconeogénesis hepática y, en voluntarios sanos, puede producir hipoglicemia (48).

Irónicamente, el tratamiento con etanol parece mejorar la supervivencia en los episodios de hipotermia, un fenómeno que se puede demostrar por la relativamente baja mortalidad observada entre alcohólicos con hipotermia (49). El etanol parece retrasar el peligro producido por el compromiso de la circulación y respiración al deprimir el metabolismo celular y, por ende, los requerimientos de oxígeno, especialmente en el sistema nervioso central (50). Además, el etanol puede reducir la tendencia a la fibrilación ventricular asociada con la hipotermia (47).

El tratamiento con neurolépticos (fenotiacinas, butirofenonas y tioxantenos) también predispone a la hipotermia. La clorpromacina suprime el estremecimiento, probablemente por un mecanismo central y causa vasodilatación (51,52). La acción hipotérmica de las drogas de este tipo se torna más pronunciada con el descenso de la temperatura ambiente (53).

### Otros factores de riesgo

Los menores de un año de edad tienen una tasa de muerte por frío más elevada que los mayorcitos (figura 13.2). Los neonatos, especialmente prematuros o pequeños para la edad, están en alto riesgo. Aunque los mecanismos para mantener la homeostasis térmica (vasoconstricción y termogénesis por estremecimiento) están presentes en el momento del nacimiento, parecen funcionar menos efectivamente que en los niños más grandes. Los niños tienen una razón relativamente mayor de superficie perdedora de calor a volumen de calor generado y una capa relativamente delgada de grasa subcutánea aislante. Quizás más importante, los bebés carecen de la capacidad de controlar su propio medio y dependen totalmente de otros para el cuidado de sus

necesidades térmicas. Si no se brinda la suficiente asistencia en un ambiente frío, puede sobrevenir la hipotermia (5).

La hipotermia que afecta a los niños puede ser un problema importante de salud pública en las áreas con severos climas fríos. En diciembre y enero de 1961-62 y 1962-63, 110 bebés con severa hipotermia fueron admitidos en los hospitales de Glasgow, Escocia. La mortalidad en este grupo fue de 46% (54). En los climas tropicales, asociado con malnutrición proteico-calórica, la hipotermia que afecta a los bebés y a los niños pequeños, también puede ser un problema en el invierno (55).

Aunque no tan alta como la de los menores de un año, la tasa de mortalidad por frío hasta los cuatro años, está levemente elevada en comparación con la de los de 5 a 9, el grupo con la menor mortalidad (figura 13.2).

Después de la edad de 5 a 9 años, la mortalidad debida al frío comienza un monótono ascenso con la edad. La tasa es relativamente baja en los adolescentes y los adultos jóvenes comparada con aquéllas de la vida adulta y los ancianos (figura 13.2). Sin embargo, cualquiera a cualquier edad es vulnerable.

Las muertes son más frecuentes entre los hombres en casi todas las edades (tabla 13.2). Las razones para esta diferencia entre los sexos no están completamente claras, pero hay indicios acerca de las diferencias en la ocurrencia de factores de riesgo y en los patrones de exposición al frío que pueden jugar algún papel. Un amplio estudio

**Tabla 13.2** Tasas\* de mortalidad atribuidas al frío (causa codificada como E901, CIE9) por grupo de edad y sexo con tasas específicas por edad hombre/mujer, Estados Unidos, 1979 – 1991

Grupo de edad	Hombres	Mujeres	Tasa
<1	12,93	9,32	1,39
1	2,50	1,31	1,91
2 – 4	1,60	1,06	1,51
5 – 9	1,47	0,63	2,33
10 – 14	2,89	0,45	6,42
15 – 19	14,35	2,10	6,82
20 – 24	16,19	2,85	5,68
25 – 29	18,55	4,97	3,73
30 – 34	21,09	3,95	5,34
35 – 39	31,66	5,65	5,60
40 – 44	41,35	8,58	4,82
45 – 49	51,46	10,85	4,74
50 – 54	85,24	17,29	4,93
55 – 59	94,07	16,80	5,60
60 – 64	123,82	25,67	4,82
65 – 69	126,57	31,92	3,97
70 – 74	147,39	49,06	3,00
75 – 79	237,97	86,53	2,75
80 – 84	306,36	146,18	2,10
85 +	518,74	257,16	2,02

\* Por 10 millones de habitantes

sobre hipotermia demostró que un número esencialmente igual de hombres y mujeres, víctimas de ese evento, se encontraban bajo techo (86 y 83, respectivamente), pero muchos más hombres que mujeres se encontraban afuera (208 y 47, respectivamente). Las proporciones de hombres y mujeres que desarrollaron hipotermia en asociación con enfermedades o infección era de 62% para ambos sexos. Sin embargo, 22% de los hombres y tan sólo 13% de las mujeres con hipotermia, sufrieron lesiones (56).

Aunque el ajuste por posibles variables de confusión es incompleto, esos datos sugieren que el comportamiento premórbido de los hombres (por ejemplo, pasar más tiempo fuera o estar involucrados en actividades que conllevan lesiones) los colocaba en riesgo de hipotermia. Las diferencias del comportamiento parecen jugar un papel menor en las edades extremas, infancia y ancianidad, donde predominan los casos entre hombres, aunque en grado menor (tabla 13.2). El predominio de la hipotermia en hombres a lo largo de la vida, aún en las edades donde las diferencias de comportamiento son probablemente pocas, sugiere una mayor vulnerabilidad biológica al frío.

La hipotermia es común entre las personas con hipotiroidismo. Las personas con mixedema (severo hipotiroidismo) pueden estar hipotérmicas sin tener ningún estrés por frío. La falta de la hormona tiroidea resulta en una baja tasa de producción metabólica de calor, la cual lleva a la hipotermia (57).

## **Factores de riesgo para congelamiento parcial**

Los factores aparentemente asociados con un mayor riesgo para este evento se han inferido de la aparentemente desproporcionada ocurrencia de características específicas de los pacientes en múltiples series de casos. Ocurre principalmente en hombres. La proporción de hombres oscila entre 75 y 100% en varias series (58-63).

La mayoría de los casos son atribuibles a factores que disminuyen la función cerebral, particularmente, la ingestión de alcohol y los desórdenes psiquiátricos. El gran culpable es el alcohol y el alcoholismo, responsable de 40 a 80% de los casos en algunas series (56,57,59,60). El alcohol puede causar la franca pérdida de la conciencia en el frío, la reducción en la capacidad física para buscar refugio o el compromiso del juicio, lo cual afecta directamente la decisión de buscar un medio cálido. Los desórdenes psiquiátricos también están frecuentemente implicados con proporciones alrededor de 14 a 22% en las series de casos (56,57,59,60).

Las personas que han sufrido algún trauma o falla vehicular bajo condiciones de frío alcanzaron 19 y 15%, respectivamente, en una serie de casos (56).

Ninguno de esos factores de riesgo necesariamente juega un papel en los casos de los trabajadores cuyas labores los ponen en riesgo tanto al aire libre como bajo techo. Las actividades puerta adentro se pueden relacionar con las labores en salas refrigeradas y la manipulación de sustancias criogénicas (generadoras de frío), como los gases comprimidos.

El riesgo de congelamiento parcial para quienes trabajan al aire libre es importante y se incrementa con el descenso de la temperatura y el incremento en la velocidad del

viento, como se esperaba de las observaciones sobre sensación térmica de Siple y Passel (2,58). En Ohio, una revisión encontró que 72 trabajadores se lesionaron durante 3 días de racha de frío. Veintiséis de esas lesiones ocurrieron durante los días más fríos, cuando la temperatura bajó a  $-32,8^{\circ}\text{C}$  ( $-27^{\circ}\text{F}$ ). La mayoría de las quemaduras por frío ocurrió al aire libre, cuando las temperaturas cayeron a  $-12,2^{\circ}\text{C}$  ( $10^{\circ}\text{F}$ ) y la velocidad del viento excedió los 16 kilómetros por hora (58).

## Prevención de las enfermedades resultantes del frío

Ya que las enfermedades severas y la muerte por hipotermia no se ven tan sólo en las rachas de frío, se deben hacer esfuerzos para evitarlas a lo largo de todo el invierno. Las personas ancianas son particularmente vulnerables a la hipotermia y son un primer grupo blanco de esos esfuerzos.

Todas las viviendas, principalmente aquéllas donde viven ancianos, deben estar apropiadamente calentadas. El gobierno puede asistir en los esfuerzos del mantenimiento que requieren los equipos para que brinden una temperatura razonable bajo las condiciones esperadas de frío (64). El mantenimiento de los estándares térmicos es particularmente importante en los ancianos, los hospitales y otras instituciones donde haya ancianos.

En el Reino Unido, existen recomendaciones sobre las temperaturas mínimas de las diferentes habitaciones de la casa (65). Para la protección de la salud, la OMS recomienda que las temperaturas adentro deben ser, por lo menos, de  $18^{\circ}\text{C}$  ( $64,4^{\circ}\text{F}$ ) y 2 a  $3^{\circ}\text{C}$  adicionales como mínimo en las habitaciones ocupadas por ancianos sedentarios, niños pequeños y discapacitados (66).

Las personas ancianas en desventaja económica no pueden disponer del equipo suficiente por el costo de los combustibles. En los Estados Unidos, en años recientes, se ha brindado asistencia financiera a los ancianos por parte de las agencias federales y del estado, con el fin de cubrir esos costos. La publicidad con respecto a esa asistencia mejorará sus propósitos. Los programas de educación pueden ser útiles para esos fines.

Los padres, los pediatras y otros profesionales de la salud involucrados en el cuidado de bebés durante el primer año de vida, deben estar conscientes de la vulnerabilidad en que están los pequeños. Requieren una temperatura ambiental adecuada y suficiente aislamiento con sábanas y vestidos.

La prevención de la hipotermia, el congelamiento parcial y las lesiones sin congelamiento entre recreacionistas participantes en deportes de invierno, requiere de un vestido con aislamiento adecuado. Los profesores y entrenadores de tales deportes deben informar a sus estudiantes y clientes de la magnitud del estrés por frío y de la necesidad de un vestuario adecuado. Se debe tener cuidado en mantener la ropa seca y evitar la inmersión en agua fría (67).

Los trabajadores expuestos a condiciones riesgosas deben ser educados sobre el tipo de peligros que enfrentan y la manera de minimizarlos. Por ejemplo, la proporción

de congelamiento parcial relacionada con fallas del vehículo sugiere que los conductores deben equiparse para mantener su seguridad personal ante esas fallas.

No se debe beber alcohol durante los períodos anticipados de frío y se debe evitar el uso de sedantes en la medida de lo posible. En particular, la práctica -mantenida en el tiempo- de ingerir alcohol entre las personas expuestas al frío, es peligrosa y se debe abandonar. Las personas que toman neurolépticos deben ser advertidas de su mayor susceptibilidad al frío y asumir comportamientos acordes con ese riesgo. Los amigos y familiares de alcohólicos y de personas con desórdenes psiquiátricos deben evaluarlos con frecuencia durante los períodos particularmente fríos e intentar liberarlos del alcohol y de la exposición prolongada al frío.

### *Reconocimientos*

Partes de este capítulo se han extraído o adaptado de: Kilbourne EM. Illness due to thermal exposure. En: Last JM, Wallace RB. *Maxcy-Rosenau-Last Public Health & Preventive Medicine*. 13<sup>th</sup> ed. Norwalk, Connecticut: Appleton & Lange; 1992. p.491-501. Usadas con permiso.

## **Referencias**

1. National Center for Health Statistics. *Mortality computer tapes for the years 1968-1985*. Hyattsville, MD: National Center for Health Statistics; 1985.
2. Siple PA, Passel CF. Measurement of dry atmospheric cooling in subfreezing temperatures. *Proc Am Philos Soc* 1945;89:177-99.
3. Steadman RG. Indices of windchill of clothed persons. *J Appl Meteorology* 1971;10:674-83.
4. Steadman RG. A universal scale of apparent temperature. *J Climate and Appl Meteorology* 1984;23:1674-87.
5. Collins KJ. *Hypothermia: the facts*. New York: Oxford University Press; 1983.
6. MacLean D, Emslie-Smith D. *Accidental hypothermia*. Oxford: Blackwell Scientific Publications; 1977.
7. Randall PE, Heath DF, Little RA. How common is accidental hypothermia? [letter]. *Arch Emerg Med* 1985;2:174-5.
8. States SJ. Weather and death in Birmingham, Alabama. *Environ Res* 1976;12:340-54.
9. Anderson TW, Rochard C. Cold snaps, snowfall and sudden death from ischemic heart disease. *CMA Journal* 1979;121:1580-3.
10. Rogot E. Associations between coronary mortality and the weather, Chicago, 1967. *Public Health Rep* 1974;89:330-8.
11. Bull GM, Morton J. Environment, temperature and death rates. *Age Ageing* 1978;7:210-24.
12. Kunst AE, Croenhof MA, Mackenbach JP. The association between two windchill indices and daily mortality variation in the Netherlands. *Am J Pub Health* 1994;84:1738-42.
13. Feinlieb M. Statement of Manning Feinlieb. In: *Deadly cold: health hazards due to cold weather*. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office; 1984.
14. Rosenwaike I. Seasonal variation of deaths in the United States, 1951-1960. *J Am Stat Assoc* 1966;61:706-19.
15. Anderson TW, Rochard C. Cold snaps, snowfall, and sudden death from ischemic heart disease. *Can Med Assoc J* 1979;121:1580-3.

16. Keatinge WR, Coleshaw SRK, Cotter F, Mattock M, Murphy M, Chelliah R. Increases in platelet and red cell counts, blood viscosity, and arterial pressure during mild surface cooling: factors in mortality from coronary and cerebral thrombosis in winter. *Br Med J* 1984;289:1405-8.
17. Collins KJ, Easton JC, Belfield-Smith H, Exton-Smith AN, Pluck RA. Effects of age on body temperature and blood pressure in cold environments. *Clin Sci* 1985;69:465-70.
18. Schulman JL, Kilbourne ED. Experimental transmission of influenza virus in mice. II. Some factors affecting incidence of transmitted infection. *J Exp Med* 1963;118:267-75.
19. Althaus U, Aeberhard P, Schupbach P, Nachbur BH, Muhlemann W. Management of profound accidental hypothermia with cardiorespiratory arrest. *Ann Surg* 1982;195:492-5.
20. Young RSK, Zaineraitis EL, Dooling EC. Neurological outcome in cold water drowning. *JAMA* 1980;244:1233-5.
21. Stoneham MD, Squires SJ. Prolonged resuscitation in acute deep hypothermia. *Anaesthesia* 1992;47:784-8.
22. Miller JW, Danzl DF, Thomas DM. Urban accidental hypothermia: 135 cases. *Ann Emerg Med* 1980;9:456-60.
23. Duguid H, Simpson RG, Stowers JM. Accidental hypothermia. *Lancet* 1961;2:1213-9.
24. Ledingham IM, Mone JC. Treatment of accidental hypothermia: a prospective clinical study. *Br Med J* 1980;1:1102-5.
25. Frank DH, Robson MC. Accidental hypothermia treated without mortality. *Surg Gynecol Obstet* 1980;151:379-81.
26. Maresca L, Vasko JS. Treatment of hypothermia by extracorporeal circulation and internal rewarming. *J Trauma* 1987;89-90.
27. Lonning PE, Skulberg A, Abyholm F. Accidental hypothermia: review of the literature. *Acta Anaesthesiol Scand* 1986;30:601-13.
28. Wisborg T, Husby P, Engedal H. Anesthesiologist-manned helicopters and regionalized extracorporeal circulation facilities: a unique chance in deep hypothermia. *Arctic Med Res* 1991;50(Suppl.6):108-11.
29. Purdue CF, Hunt JL. Cold injury: a collective review. *J Burn Care Rehabil* 1986;7:331-42.
30. Mills WJ Jr. Frostbite. A discussion of the problem and a review of the Alaskan experience, 1973 [classical article]. *Alaska Med* 1993;35:29-30.
31. Mills WJ Jr. Comments on this issue of Alaska Medicine - from then (1960) until now (1993). *Alaska Med* 1993;35:70-87.
32. Mills WJ Jr, Mills WJ 3d. Peripheral non-freezing cold injury: immersion injury. *Alaska Med* 1993;35:117-28.
33. Parsons SL, Leach IH, Charnley RM. A case of bilateral trench foot. *Injury* 1993;24:680-1.
34. Wren K. Immersion foot. A problem of the homeless in the 1990s. *Arch Intern Med* 1991; 151:785-8.
35. Goette DK. Chillblains (perniosis). *J Am Acad Dermatol* 1990;23:257-62.
36. Spittell JA Jr, Spittell PC. Chronic pernio: another cause of blue toes. *Int Angiol* 1992;11:46-50.
37. Rustin MHA, Newton JA, Smith NP, Dowd PM. The treatment of chilblains with nifedipine: the results of a pilot study, a double-blind placebo-controlled randomized study and a long-term open trial. *Br J Dermatol* 1989;120:267-75.
38. U.S. Bureau of the Census. *Computer files containing population data for years 1980 and 1990*. Washington, D.C.: U.S. Bureau of the Census; 1990.
39. Fox RH, Woodward PM, Exton-Smith AN, Green MF, Donnison DV, Wicks MH. Body temperatures in the elderly: a national study of physiological, social, and environmental conditions. *Br Med J* 1973;1:200-6.

40. Coidman A, Exton-Smith AN, Francis C, O'Brien A. A pilot study of low body temperatures in old people admitted to hospital. *J R Coll Physicians Lond* 1977;11:291-306.
41. Collins KJ, Dore C, Exton-Smith AN, Fox RH, MacDonald IC, Woodward PM. Accidental hypothermia and impaired temperature homeostasis in the elderly. *Br Med J* 1977;1:353-6.
42. Shock NW, Watkin DM, Yiengst MJ, *et al.* Age differences in the water content of the body as related to basal oxygen consumption in males. *J Gerontol* 1963;18:1-8.
43. Collins KJ, Easton JC, Exton-Smith AN. Shivering thermogenesis and vasomotor responses with convective cooling in the elderly. *J Physiol* 1981;320:76.
44. Heat J. The distribution of brown adipose tissue in the human. *J Anat* 1972;112:35-9.
45. Collins KJ, Exton-Smith AN, Dore C. Urban hypothermia: preferred temperature and thermal perception in old age. *Br Med J* 1981;282:175-7.
46. Weyman AE, Creenbaum DM, Grace WJ. Accidental hypothermia in an alcoholic population. *Am J Med* 1974;56:13-21.
47. Centers for Disease Control. Exposure-related hypothermia deaths-District of Columbia, 1972-1982. *MMWR* 1982;31:669-71.
48. Haight JSJ, Keatinge WR. Failure of thermoregulation in the cold during hypoglycemia induced by exercise and ethanol. *J Physiol* 1973;229:87-97.
49. MacGregor DC, Arnour JA, Goldman BS, Bigelow WC. The effects of ether, ethanol, propanol, and butanol on tolerance to deep hypothermia: experimental and clinical observations. *Dis Chest* 1966;50:523-9.
50. Miller DA, Miller J Jr. Interactions among ethanol, hypothermia, and asphyxia in guinea pigs. *Cryobiology* 1967;3:400-6.
51. Courvoisier S, Fournel J, Ducrot R, Kolsky M, Koetschet P. Propriétés pharmacodynamiques du chlorhydrate de chlor-3 (diméthylamino-3'propyl)-10 phénothiazine (4.560 R.P.). *Arch Int Pharmacodyn* 1953;92:305-61.
52. Kollias J, Ballard RW. The influence of chlorpromazine on physical and chemical mechanisms of temperature regulation in the rat. *J Pharmacol Exp Ther* 1964;145:373-81.
53. Higgins EA, Iampietro PF, Adams T, Holmes DD. Effects of a tranquilizer on body temperature. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine* 1964; 115:1017-9.
54. Arneil GC, Kerr MM. Severe hypothermia in Glasgow infants in winter. *Lancet* 1963;2:756-9.
55. Cutting WAM, Samuel GA. Hypothermia in a tropical winter climate. *Indian J Pediatr* 1971;8:752-7.
56. Danzl DF, Pozos RS, Auerbach PS, *et al.* Multicenter hypothermia survey. *Ann Emerg Med* 1987;16:1042-55.
57. Forester CF. Coma in myxedema. *Arch Intern Med* 1963;111:100-9.
58. Kid SM, Chasmar LR, Clapson JB. Frostbite in the prairies: a 12-year review. *Plast Reconstr Surg* 1993;92:633-41.
59. Urschel JD. Frostbite: predisposing factors and predictors of poor outcome. *J Trauma* 1990;30:340-2.
60. Sinks T. Hazards of working in cold weather include frostbite, hypothermia. *Occup Health Saf* 1988;57:20-5.
61. Antti-Poika I, Pohjolainen T, Alaranta H. Severe frostbite of the upper extremities - a psychosocial problem mostly associated with alcohol abuse. *Scand J Soc Med* 1990; 18:59-61.
62. Urschel JD, Urschel JW, Mackenzie WC. The role of alcohol in frostbite injury [letter]. *Scand J Soc Med* 1990;18:273.
63. Kappes BM, Mills WJ. A sample of personality profiles on frostbite patients in Alaska 1980-86. *Arctic Med Res* 1988;47(Suppl.1):243-5.



64. U.S. Public Health Service. *APHA-CDC recommended housing maintenance and occupancy ordinance*. Atlanta, Georgia: Centers for Disease Control; 1975.
65. Lloyd E. Hypothesis: temperature recommendations for elderly people: are we wrong? *Age Ageing* 1990;19:264-7.
66. Collins KJ. Low indoor temperatures and morbidity in the elderly. *Age Ageing* 1986;15:212-20.
67. Bullard RW, Rapp CM. Problems of body heat loss in water immersion. *Aerospace Med* 1970;41:1269-77.

# Inundaciones

JOSEPHINE MALILAY

## Antecedentes y naturaleza de las inundaciones

De todos los riesgos naturales, las inundaciones ocurren con más frecuencia y son las más extendidas en espacio y severidad (1,2). De todos los desastres naturales de los Estados Unidos, las inundaciones son las principales causas de muerte (3). Se definen como la sumersión de áreas que no lo están normalmente, bajo las aguas de una corriente que ha roto su cauce normal o que se han acumulado por falta de drenaje (4). Cuando los niveles suben por encima de lo normal y llegan a los terrenos de las comunidades, las vuelven vulnerables a los movimientos rápidos o a las mayores elevaciones del agua que se tornan peligrosas.

## Alcance e importancia relativa de las inundaciones

Como la mayoría de los riesgos naturales, las inundaciones pueden llevar a pérdida de vidas y daños a la propiedad, con gran impacto sobre la salud pública que puede tardar en recuperarse. Desde 1980 hasta 1985, hubo aproximadamente 160 eventos relacionados con inundaciones en el mundo, en los cuales 120.000 personas, por lo menos, murieron o se lesionaron y 20'000.000 perdieron sus viviendas (2). En términos de pérdidas físicas, las inundaciones son responsables del 40% de los daños a la propiedad ocasionados por todos los desastres naturales (1). En los Estados Unidos, las pérdidas económicas directas alcanzaron los 4.000 millones de dólares por año

antes de las grandes inundaciones del medio oeste en 1993 (5). En el valle del río Mississippi, se espera que las pérdidas por esta sola inundación sobrepasen los 10.000 millones (6), y los efectos a largo plazo de los pozos contaminados, los problemas de salud mental y las enfermedades transmitidas por vectores requerirán una vigilancia continuada más allá del período de respuesta.

## **Factores que contribuyen al problema de las inundaciones**

Los pronósticos adecuados del clima, los oportunos sistemas de alerta por inundaciones y las prácticas mitigadoras, como los planes de manejo, han ayudado mucho a la prevención o la reducción de los efectos de las inundaciones sobre la salud y el bienestar de las comunidades en años recientes (5,7). A pesar de los crecientes niveles de preparación, las muertes, enfermedades y lesiones continúan ocurriendo en las comunidades afectadas.

Existen varias posibles explicaciones para esta condición. Primero, la composición topográfica de algunas áreas implica un riesgo constante para los residentes. Por ejemplo, los habitantes de Bangladesh, un delta aluvial formado por tres ríos, están sujetos anualmente a inundaciones, condición que se exagera durante la estación lluviosa por la escorrentía de los ríos desde los terrenos altos y por las mareas altas de la bahía de Bengala (8). En Puerto Rico, las hoyas de drenaje difieren en longitud y en grado de pendiente. Donde son largas mas no pendientes, las muertes ocurren cuando los motoristas cruzan los puentes sumergidos; las personas localizadas cerca de los sumideros cortos y pendientes, experimentan inesperadas oleadas y, subsecuentemente, se ahogan (9). Las inundaciones también pueden acompañar otros desastres naturales como las marejadas durante los huracanes o los tsunamis. Los deslizamientos de tierra pueden ser secundarios a una inundación y pueden exagerar las condiciones peligrosas descritas anteriormente.

## **Factores que afectan la ocurrencia y severidad de las inundaciones**

### Factores naturales

Varios mecanismos pueden causar inundaciones y las diferentes características de las inundaciones pueden afectar la ocurrencia y severidad del evento. Características tales como las propiedades hidrometeorológicas, las condiciones geológicas y la variación estacional son inherentes a la naturaleza de la inundación misma.

Por ejemplo, la alta pluviosidad puede resultar en inundaciones repentinas. Estas exhiben dos características: primero, siguen a un evento causal como una excesiva precipitación en un sistema de almacenamiento o la liberación súbita de agua en una represa natural o hecha por el hombre, en minutos u horas, y con flujos de alta velocidad

y grandes volúmenes; segundo, las inundaciones que comúnmente duran menos de 24 horas (1), acompañadas por un tiempo extremadamente corto para las voces de alerta y respuesta y un gran potencial para la pérdida de vidas (10). Además, hay factores específicos que afectan las inundaciones repentinas y tienen que ver con la intensidad, la cantidad y la duración de las precipitaciones, la topografía general de la tierra, las condiciones del suelo y la superficie del terreno (10,11).

De otro lado, las inundaciones ribereñas que usualmente resultan de las precipitaciones o de la caída de nieve o hielo derretidos, son de lento progreso. Como las inundaciones repentinas, están afectadas por factores climáticos como la intensidad y la cantidad de las precipitaciones. El tamaño, la ruta y la tasa de movimiento de una tormenta son factores hidrometeorológicos adicionales que afectan su ocurrencia y severidad. Además, se deben considerar las características de las bases de drenajes naturales o hechos por el hombre, inclusive el tamaño, la forma, la densidad del drenaje y la permeabilidad (1).

### Factores generados por el hombre

Las alteraciones humanas del ambiente también pueden comprometer los patrones normales de drenaje y, por consiguiente, predisponer algunas áreas a las inundaciones. Incluyen la urbanización, las prácticas agrícolas como el exceso de ganado, la deforestación y el uso de técnicas y materiales inapropiados en la construcción de estructuras de protección como malecones y diques.

## **Impacto en la salud pública de los desastres por inundación: perspectiva histórica**

### Mortalidad

Los efectos en la salud relacionados con las inundaciones se han documentado extensamente en la literatura de salud pública en todo el mundo, particularmente en la República Popular de China, Bangladesh, Brasil, Gran Bretaña, Holanda, Portugal y los Estados Unidos. Los resultados de esos estudios, algunos de los cuales datan de los años 50, describen la mortalidad en números absolutos y también se enfocan en las poblaciones desplazadas por efecto de las inundaciones (12). Igualmente han demostrado que la mortalidad específica por inundaciones varía de país en país. Por ejemplo, en las áreas propensas de Bangladesh, aproximadamente 15.000 personas mueren cada año debido a estos desastres (13). En los Estados Unidos, con más de 20.000 ciudades y comunidades sujetas únicamente a inundaciones repentinas, el promedio anual de muertes se ha estimado entre 46,7 y 146 (1,14). En la República Popular de China, donde se estima que más de 40 millones de personas se ven afectadas por las inundaciones cada año (13), aproximadamente 1.000 personas perecieron en las inundaciones del verano de 1994 (15). Dados los niveles diferenciales de mortalidad asociada con los eventos individuales de las inundaciones en varias partes del mundo,

se debe garantizar la investigación de los factores que contribuyen a las muertes, las enfermedades y las lesiones.

Como ya se mencionó anteriormente, la mayor parte de la mortalidad ocurre en las inundaciones repentinas y tienen que ver con las circunstancias del evento mismo (2). Un estudio de estas muertes en los Estados Unidos de 1969 a 1981, mostró que 1.185 se atribuyeron a 32 inundaciones repentinas y violentas, con un promedio de 37 muertes por evento (16). En estos casos, debido primordialmente a la ruptura de diques asociadas con las lluvias intensas (16), el ahogamiento causó un estimado de 93% de esas muertes. En general, la mortalidad debida al deshielo se observa frecuentemente en los incidentes de inundaciones repentinas y violentas, ejemplos de los cuales ocurrieron en Nmes, Francia, en 1988, Puerto Rico en 1992, Missouri en 1993 y Georgia en 1994, cuando grandes corrientes de agua inundaron las comunidades con gran velocidad e intensidad (9,17-19).

Finalmente, se evidencian crecientes niveles de estrés físico y emocional, particularmente relacionado con los grandes esfuerzos en la evacuación del área inundada y en las actividades de limpieza, después de casi todos los desastres naturales. Muchas muertes relacionadas con las inundaciones se han atribuido a ese estrés y esfuerzo extra, lo cual incrementa la probabilidad del infarto del miocardio y del paro cardíaco en personas con condiciones preexistentes (17).

## Morbilidad

### Enfermedades infecciosas

Después de cada desastre natural, entre las autoridades públicas y de salud, normalmente surge el temor de potenciales epidemias de enfermedades transmisibles. Se piensa que los trastornos en los sistemas de purificación del agua y de disposición de excretas tornan más susceptibles a las comunidades ante las infecciones por agua y alimentos (20-22). Los estudios han mostrado que tales epidemias raramente ocurren y que los programas masivos de inmunización para la fiebre tifoidea y el cólera, comunes en el pasado, son innecesarios (23-26).

Sin embargo, se encuentra presente el potencial para la transmisión de enfermedades transmitidas por el agua (por ejemplo, *E. coli* enterotoxigénica, *Shigella*, hepatitis A, leptospirosis, giardiasis) y para el aumento de los niveles de enfermedades endémicas en las áreas afectadas por la inundación (27).

La vigilancia de las entidades transmitidas por el agua y los vectores, de las enfermedades endémicas y de las lesiones durante las actividades de limpieza, ha sido recomendada e implementada durante los períodos de respuesta y recuperación en las comunidades afectadas (27-30). Aunque no se notaron incrementos significativos en las enfermedades transmisibles después de varias inundaciones en el mundo (19,20), en ciertos casos se han notado incrementos aislados de las enfermedades endémicas. Después de las inundaciones durante un deshielo en 1993, se detectó una epidemia de

diarrea relacionada con giardiasis en Utah (27). Después de fuertes y extensas inundaciones en Sudán en 1988, los niveles endémicos de hepatitis E y de malaria resistente a la cloroquina subieron y se esperaba que aumentaran con el tiempo (31-34). Finalmente, en Bangladesh en 1988, los epidemiólogos atribuyeron la mayoría de las muertes y de las enfermedades a un proceso diarreico inespecífico después de una extensa inundación (35).

La vigilancia de las enfermedades por arbovirus, como la encefalitis de San Luis o la equina del oeste, fue un tópico de creciente interés después de las inundaciones en el medio oeste y en el sur de los Estados Unidos en 1993 y 1994, respectivamente (30). El agua estancada de las intensas lluvias produjo ambientes propicios para la proliferación de los mosquitos y rápidamente se podría transmitir el arbovirus. En estos casos, la vigilancia indicó que el riesgo para la transmisión fue mínimo y, por tanto, se abortaron los costosos planes de control del mosquito a gran escala.

### *Efectos crónicos en la salud*

Se han documentado en la literatura los efectos crónicos en la salud, secundarios a las inundaciones. Después de la inundación del valle de un río al este de Nueva York en 1972, se pensó que se había presentado un conglomerado de muertes atribuidas a leucemia y linfoma y uno de malformaciones congénitas y que estaban asociados con los antecedentes de una elevada radiación natural en los depósitos locales de rocas superficiales, radiación originada en una planta nuclear cercana y se sospechó de radiación de un nuevo pozo de agua. Aunque las muestras de radiación estuvieron dentro de los límites establecidos por las guías federales, el estudio sugirió que la inundación pudo haber sido un posible evento etiológico para las muertes por leucemia y linfoma (36).

### *Lesiones*

Luego del impacto de una inundación, las lesiones probablemente ocurran cuando los residentes retornan a sus viviendas para limpiarlas y remover los detritos. Se han presentado electrocuciones por líneas caídas de alto voltaje, cables eléctricos y manejo inapropiado de herramientas húmedas. Las lesiones por fuego y explosiones de gas también ocurren cuando se usan fósforos para inspeccionar los daños en estructuras oscuras. Aunque de naturaleza menor, las laceraciones y los pinchazos son accidentes comunes en la remoción de detritos de vidrio y clavos (37).

El hábitat natural de muchos animales salvajes se puede ver alterado por las inundaciones. Como resultado, algunos animales, como las serpientes, se pueden ver forzadas a buscar refugio en las áreas que pueden estar habitadas o que son usadas por los humanos. Las mordeduras de animales son posibles, aunque la vigilancia en salud pública en el pasado no ha indicado que esto haya sido un problema importante (28,29,38).

### *Efectos de sustancias tóxicas*

En una inundación, existe el potencial para la exposición a agentes químicos o

biológicos peligrosos. Las tuberías subterráneas se pueden romper, los tanques de almacenamiento se pueden vaciar, los desechos tóxicos pueden fluir y los químicos almacenados en terreno se pueden escapar (35). Los riesgos se exacerban cuando las áreas industriales o agrícolas quedan sumergidas. Aunque un estudio demostró que las sustancias tóxicas no causaron efectos adversos en la salud durante una inundación en Francia (35), otro mostró que las sustancias tóxicas implicaron un importante compromiso en la salud después de una extensa inundación repentina y una inundación ribereña que esparció niveles inusualmente altos de químicos industriales y agrícolas en el río Mississippi, sus tributarios y en el Golfo de México en 1993. Aunque no se notaron los efectos emergentes inmediatos, aquellos a largo plazo ya han sido totalmente evaluados (39).

### *Efectos en la salud mental*

Una gran cantidad de literatura psicosocial está dedicada a la salud mental de las víctimas de las inundaciones (40-43). Los estudios longitudinales se han dirigido a las consecuencias psicológicas de estos desastres sobre los individuos y las comunidades. Los estudios muestran que las alteraciones severas son raras (42,43), aunque los problemas emocionales leves y transitorios son comunes (41). Los resultados de un estudio que controló los síntomas emocionales antes del desastre, mostraron que las inundaciones precipitaron importantes reacciones psicológicas al estrés y al esfuerzo (43). Probablemente, los ancianos y las personas muy jóvenes tienen un riesgo mayor de presentar reacciones psicológicas, por variadas razones. Los factores psicosociales se discutieron en el capítulo 6, 'Consecuencias de los desastres en la salud mental'.

### *Otros problemas sanitarios potenciales*

El desalojo de las sepulturas en los cementerios inundados también ha sido objeto de interés por la seguridad pública y por la afectación mental de los familiares de los muertos que han quedado expuestos por la inundación.

La contaminación de los pozos después de extensas inundaciones ha llevado a la preocupación con respecto a la seguridad del agua de bebida. Por ejemplo, después de las inundaciones en el medio oeste en 1993, las autoridades locales y federales condujeron estudios regionales en 9 de los estados afectados para determinar la prevalencia de pozos contaminados con atracina, coliformes y nitratos.

Un problema potencial, suscitado a partir de las inundaciones de 1993 en el oeste medio de los Estados Unidos, tiene que ver con los efectos sanitarios de los mohos y de los hongos. Actualmente están bajo estudio para determinar si han tenido algún impacto negativo en el sistema respiratorio.

## **Factores que influyen en la mortalidad y la morbilidad**

En años recientes, los resultados de los estudios epidemiológicos han ampliado el conocimiento de los factores de riesgo para la mortalidad y la morbilidad. Estos

resultados han originado el desarrollo de estrategias para reducir o evitar muertes, enfermedades o lesiones a las poblaciones en riesgo.

### Factores naturales

La velocidad de las corrientes y el terreno de un área pueden predisponer a los residentes y transeúntes al riesgo de muerte o lesiones. La mayoría de las muertes ocurridas durante una inundación en Puerto Rico, a comienzo de 1992, sucedió cuando una oleada particularmente violenta de agua siguió a una premonitoria más pequeña que llevaba hojas y otros detritos (9). Además, los hallazgos topográficos de las áreas inundadas pueden representar un gran riesgo para los motoristas y transeúntes. Por ejemplo, en Puerto Rico, los receptáculos del drenaje difieren en longitud y grado de pendiente. Donde son largos pero poco pendientes, se han presentado muertes de motoristas que cruzaban los puentes sumergidos; de forma similar, también ocurrieron muertes cerca de los drenajes cortos y pendientes cuando surgieron inesperadamente olas violentas en el área (9).

Secundariamente, pueden ocurrir deslizamientos de tierra en los desastres por inundaciones, lo cual incrementa los riesgos. Después de la gran inundación causada por una tormenta tropical en Puerto Rico en 1988, casi la mitad de las muertes se atribuyó a asfixia traumática por los deslizamientos de tierra (20).

### Factores generados por el hombre

Los asentamientos humanos frecuentemente están en áreas propensas a inundaciones con el consiguiente incremento de la vulnerabilidad de la comunidad a los efectos de estos fenómenos. Aunque se han instaurado medidas de control a través de los planes de manejo en algunas áreas del mundo, los valles a la ribera de los ríos y las zonas costeras continúan atrayendo un gran número de colonos por obvias razones económicas y sociales.

La falta de conciencia sobre los peligros de los rápidos movimientos de las aguas de las inundaciones ha llevado a comportamientos inadecuados en las personas. De ahí que las actividades recreativas como vadear, montar en bicicleta o conducir en aguas de inundación causaron varias muertes durante las inundaciones del medio oeste en los Estados Unidos (17). Los motoristas en particular están en alto riesgo de morir cuando conducen en aguas turbulentas o cuando el tráfico es desviado por las inundaciones (9,10,17,18,37). De hecho, de todas las muertes por ahogamiento relacionadas con inundaciones, la mayoría ocurrió entre los ocupantes de automotores (9,17,18). Esas muertes se pueden atribuir en parte a la concepción errada de la protección que brinda el vehículo en aguas en ascenso o correntosas. Cuando se conduce a través del agua, los vehículos se tornan más boyantes ya que el impulso del agua se transfiere al auto. Por ejemplo, por cada 30 cm de agua al lado del carro, un estimado de 1.500 libras de fuerza le son aplicadas debido al agua desplazada. Por consiguiente, no más de 60 cm de agua son capaces de barrer a la mayoría de los vehículos (11).



El uso de alcohol y de otras sustancias compromete el juicio e incrementa el riesgo de mortalidad y morbilidad en las inundaciones. En Puerto Rico, durante una inundación ocurrida una tarde de festejo en 1992, 12 (75%) de los 16 adultos que murieron, tenían niveles de alcohol en sangre superiores a 0,01%. De éstos, 5 tenían valores por encima de 0,1% (9).

Paradójicamente, la ingeniería para el control de inundaciones puede contribuir a mayores pérdidas humanas y daños físicos (por ejemplo, fallas en los diques). En la mayoría de programas estratégicos de mitigación de inundaciones, la planificación de las barreras de control, incluyendo el diseño y la construcción de estructuras, intenta reducir los efectos de inminentes inundaciones. Esos controles incluyen la elevación de los terraplenes, su protección de la erosión, el manejo de los sistemas de drenaje y la promulgación de las regulaciones de seguridad de los diques (44). Durante las inundaciones de Georgia en julio de 1994, la mitad de las muertes en el condado de Sumter fueron atribuidas por las autoridades locales a la ruptura de los diques cuyas aguas inundaron los esteros circundantes, lo cual causó la expansión del desastre (18).

## Medidas de prevención y control

La severidad de estos desastres está bastante influida por las fases en el tiempo en las que ocurre el evento. Conocido como el ciclo del desastre, las fases temporales que conforman un evento desastroso incluyen las medidas de mitigación y las actividades de alerta, preparación, respuesta y recuperación, propuestas por Western y modificadas por Cuny (45,46). Antes, durante y después del evento, las actividades pueden ser asumidas por la población en riesgo y por los funcionarios de emergencia para prevenir o reducir el riesgo de lesiones, enfermedad o muerte.

### Mitigación

Se define como la reducción de los efectos peligrosos de un desastre, para limitar su impacto sobre la salud humana y la infraestructura económica. En el pasado, las medidas de mitigación se han usado en los campos tradicionales de ingeniería y planificación urbana; en la actualidad, esas medidas se refieren a las modificaciones estructurales u orientadas políticamente que pueden ser independientes de un desastre específico. Las actividades mitigadoras relacionadas con las inundaciones reducen las muertes y las lesiones garantizando la seguridad estructural por medio del refuerzo adecuado de los códigos de construcción, la promulgación de legislación para reubicar las estructuras lejos de las áreas en riesgo de inundación, la planificación del uso apropiado de la tierra y el manejo de las costas y planicies inundables. Algunas acciones mitigadoras incluyen estrategias de ingeniería y administrativas, usadas para asegurar la seguridad pública cuando la inundación es inminente. Las estructuras para el control de inundaciones adecuadamente diseñadas y construidas, como diques y terraplenes, ofrecen alguna protección; sin embargo, fallan de vez en cuando, como lo mostró la

inundación en el medio oeste norteamericano durante el verano de 1993. En un esfuerzo por promover los movimientos de población lejos de las áreas propensas a inundaciones, algunas políticas de control propenden por iniciar compras de viviendas y convertir tales áreas a lo largo de los ríos en humedales. A pesar de eso, los asentamientos humanos en esas áreas continúan creciendo.

### Alerta y preparación

La detección temprana, la alerta y la respuesta apropiada de los ciudadanos a esas alertas, han probado ser efectivas en la reducción de las muertes por inundaciones. En los Estados Unidos, los pronósticos del tiempo y los avisos sobre fenómenos climáticos peligrosos han mejorado la seguridad pública por inundaciones en los últimos años (5). También, muchos países han implementado programas de seguimiento del clima y alertas que llevan a las autoridades oficiales a tomar acciones apropiadas como la evacuación y los refugios. En general, tales sistemas tienen dos componentes que se basan en la duración esperada de la inundación y la extensión del área afectada. Montados en el uso de patrones climáticos a gran escala, los *observatorios* se instalan cuando las condiciones meteorológicas indican que el clima adverso puede afectar un área (47). Cuando los meteorólogos determinan qué condiciones amenazan la vida o la propiedad, los observatorios pasan a emitir advertencias (47). Un factor crucial es la oportunidad con la cual los observatorios y las advertencias son comunicados al público. Durante la inundación relámpago de Puerto Rico en 1992, 20 de las 23 muertes ocurrieron antes de que las dos se transmitieran a las municipalidades específicas (9). Además, la difusión se debe adelantar considerando el tiempo de recepción de las alertas por parte del público. Las inundaciones en Puerto Rico sucedieron la Noche de Reyes, una fiesta en toda la isla, cuando la mayoría de los residentes no estaba en su casa y, probablemente, no había tenido acceso a los medios de difusión (9).

Como ya se discutió, los comportamientos apropiados son críticos en la prevención de las muertes, las lesiones y las enfermedades. De ahí, la importancia del diseño de mensajes efectivos para lograr obtener el comportamiento que se persigue. Los grupos especiales de la población pueden estar en un riesgo particular ante los efectos de las inundaciones. Se incluyen los ancianos, los inmigrantes que no hablan el lenguaje local, los discapacitados y los residentes en áreas remotas, para quienes la toma de medidas salvadoras puede requerir alertas especiales o exigir más tiempo que el usual antes de darse una evacuación segura.

Los avances en ciencia y tecnología (mejores radares, satélites y sistemas de procesamiento de información), sirenas y el uso público de canales dedicados al clima han mejorado la oportunidad de los observatorios y de las advertencias en las inundaciones. La efectividad en los sistemas de detección y alerta se puede evaluar y se pueden dar recomendaciones de estándares apropiados para tales sistemas (47).

### Evaluación de necesidades

Después del impacto de las inundaciones, se debe adelantar una evaluación rápida

de las necesidades para determinar la salud y los requerimientos médicos de la comunidad afectada. Esas actividades son especialmente importantes después del impacto súbito, durante el cual los tipos, las cantidades y la entrega de servicios para cubrir las necesidades, varían diariamente durante el período de socorro. El establecimiento de las necesidades consiste en la aplicación de un cuestionario estandarizado que determina el estado de salud, los requerimientos médicos y farmacéuticos, el estado de los servicios públicos de salud y la condición de servicios públicos como el suministro de agua, los sistemas de alcantarillado y de electricidad. Se pueden seleccionar aleatoriamente individuos u hogares con el fin de obtener esta información. En forma similar, los departamentos locales de salud se pueden estudiar para determinar el impacto y las necesidades de estas autoridades (28,48). Se pueden desarrollar varias investigaciones en el curso del período de emergencia (usualmente 1 semana) para detectar los cambios en la naturaleza de la emergencia.

## Vigilancia

Una actividad fundamental después de la inundación es la vigilancia de la mortalidad y de la morbilidad asociadas con el desastre. La vigilancia de la mortalidad permite determinar la naturaleza y las circunstancias que rodearon las muertes con el fin de tomar acciones preventivas apropiadas en los futuros eventos. La vigilancia de la morbilidad se conduce para determinar: 1) cualquier incremento de las enfermedades endémicas del área; 2) cualquier caso de enfermedad infecciosa (transmitida o no por el agua) que deba ser controlada, y 3) cualquier caso de lesiones que pueda requerir la formulación de consejos al público o el control de poblaciones de animales o insectos. Los sistemas específicos de vigilancia en las inundaciones deben determinar también cualquier incremento en las poblaciones de vectores como mosquitos e incluir la vigilancia de las fuentes de agua, ya sean pozos públicos o privados, basada en el laboratorio.

Se deben establecer definiciones de muertes, enfermedades o lesiones relacionadas con la inundación, antes de implementar el sistema de vigilancia. Las autoridades locales de salud deben determinar el tiempo que debe operar el sistema de vigilancia, usualmente un mes desde la respuesta hasta la recuperación. En las inundaciones ribereñas, este período puede requerir su extensión, particularmente cuando las lluvias intensas y las inundaciones repentinas persisten durante la estación lluviosa. Un sistema idóneo de vigilancia en inundaciones debe incluir el reporte de los diferentes tipos de proveedores de servicios médicos y de salud (médicos, trabajadores comunitarios de salud) y ubicación de los mismos (hospitales, consultorios privados, refugios en campo). Además, se deben tomar oportunamente decisiones con respecto a la inclusión de las diferentes fuentes de notificación y cada esfuerzo debe estimular a que las organizaciones que provean cuidados médicos (ONG, voluntarios) se sometan al sistema local de información en salud. Es importante incluir en los programas de monitorización de enfermedades y lesiones el resultado (pacientes tratados, hospitalizados, dados de alta, defunciones), en especial si se está planeando el seguimiento epidemiológico.

Los hallazgos del sistema de vigilancia deben ser recogidos, analizados y difundidos periódicamente a quienes toman decisiones, usualmente sobre bases semanales. Detalles adicionales al respecto aparecen en el capítulo 3, 'Vigilancia y epidemiología'.

### Respuesta y recuperación

Existen varios asuntos específicos que están muy cercanos a la salud pública y a la seguridad luego del impacto de una inundación (49). Entre estos asuntos se incluyen: 1) la calidad del agua, 2) la seguridad alimentaria, 3) el saneamiento ambiental y la higiene, 4) las precauciones durante las actividades de limpieza, 5) las potenciales inmunizaciones según lo determinen las autoridades locales de salud (vacunación antitetánica a los lesionados de acuerdo con su historia personal de inmunización), 6) las medidas protectoras ante vectores potenciales como mosquitos, roedores y otros animales salvajes, 7) los riesgos químicos y 8) las medidas para la salud y el bienestar mental como la reducción del estrés y la consejería a víctimas y encuestados. La toma de medidas protectoras y preventivas durante este período puede disminuir significativamente las consecuencias adversas para la salud pública en las inundaciones.

Cuando ocurren inundaciones, las autoridades locales de salud necesitarán información sobre los requerimientos de emergencia, la entrega de servicios o suministros a las comunidades y el control de los efectos adversos en salud. Las autoridades locales pueden trabajar con sus contrapartes para implementar recomendaciones surgidas de los estudios epidemiológicos anteriores de desastres hidrológicos (por ejemplo, controlar el acceso a las áreas donde comúnmente han ocurrido muertes de conductores). Entre las recomendaciones de la investigación de las circunstancias de muerte después de las inundaciones en Missouri en 1994, se incluyeron: la identificación de las vías inundadas para bloquearlas al acceso vehicular, asegurarse que haya avisos de peligro en los sitios de alto riesgo potencial y estimular y reforzar los medios de alerta pública (37).

### Educación continuada en salud para el público

Las recomendaciones sobre saneamiento e higiene son determinadas por los departamentos locales de salud y varían de uno a otro sitio. En general, es fundamental estimular al público a mantener las medidas apropiadas de saneamiento e higiene después de los desastres hidrológicos y puede ser necesario el refuerzo de los mensajes de alerta. Las guías detalladas de prevención para individuos y hogares se encuentran en el folleto del CDC: *Beyond the flood: a prevention guide for personal health and safety* (49).

## Vacíos de conocimiento

Aunque el riesgo de ahogarse mientras se conduce un vehículo durante una inundación ha sido bien dilucidado, se deben estudiar otros importantes vacíos en el

conocimiento epidemiológico. La siguiente es una lista de esos vacíos relacionados con los efectos de las inundaciones en la salud pública:

- La asociación entre la mortalidad y los hallazgos topográficos de las áreas alrededor del sitio donde ocurrieron las muertes.
- La asociación entre la mortalidad y el tipo de medidas mitigadoras que se tomaron (por ejemplo, los sistemas de barrera o de drenaje, los terraplenes y los diques).
- La falta de conocimiento de las relaciones entre los factores de riesgo en los estudios epidemiológicos y los factores de riesgo de los análisis clásicos (por ejemplo, la determinación de los predictores de muertes en la ruptura de represas y en las inundaciones repentinas) (50).
- Los efectos adversos de las exposiciones químicas y biológicas debidas a la inundación.
- Las consecuencias en la salud asociadas con los hoyos sopladores inundados o con las grandes cavernas subterráneas para minería.
- El papel del sector salud en la labor intersectorial de preparación y respuesta ante el desastre (51).

## **Problemas metodológicos de los estudios epidemiológicos en las inundaciones**

Se han identificado los siguientes problemas metodológicos en anteriores estudios:

- En el reconocimiento de casos en condiciones relacionadas con la inundación, los criterios para determinar si una muerte, enfermedad o lesión está relacionada con el fenómeno están aún por ser totalmente estandarizados y evaluados. Por tanto, cuando se comparan varias bases de datos o estudios sobre la mortalidad y la morbilidad, surgidos de una inundación, es importante conocer las definiciones de caso que se utilizaron en cada investigación.
- Puede esperarse una mala clasificación de la enfermedad, lesión o muerte relacionada con el evento cuando ocurren al mismo tiempo múltiples tipos de desastres. Las inundaciones, en particular, pueden resultar de lluvias intensas que frecuentemente acompañan a los huracanes. Una inundación seria puede causar deslizamientos de lodo que pueden ser más peligrosos que la misma inundación.
- El período de seguimiento de un desastre por inundación para que se cuenten los muertos, enfermos y lesionados aún está por establecerse. En el pasado, la determinación de ese período (usualmente un mes después de la inundación) se ha dejado en manos de las autoridades locales. La restricción de estas actividades a un mes puede ser inapropiada en los desastres por inundación, ya que si las lluvias intensas continúan, pueden ocurrir repetidamente inundaciones repentinas durante el curso de varias semanas.

## Recomendaciones para investigación

- La vigilancia de la morbilidad, la mortalidad, las lesiones, las poblaciones de vectores y de salud ambiental debe continuar a lo largo de los períodos de respuesta y recuperación. Cualquier condición inusual se debe anotar y se deben adelantar investigaciones o estudios especializados con el fin de hacer las intervenciones apropiadas.
- Estudios sistemáticos de sensibilidad, calidad y utilidad de la información recolectada por los diversos sistemas de vigilancia, basándose en los tipos de fuentes de datos (por ejemplo, hospitales, consultorios médicos privados, clínicas de campo, etc.).
- Investigaciones sobre la efectividad de los observatorios locales y los sistemas de alarma para lograr la evacuación. Se deben investigar tanto los sistemas de alerta pasivos como los activos.
- Estudios para identificar los factores de riesgo hidrológicos y meteorológicos adicionales para la mortalidad, tales como la velocidad de la corriente y la topografía del área circundante.
- Estudios para examinar el impacto de las estructuras y prácticas mitigadoras (por ejemplo, diques, represas, uso de terrenos de aluvión) en el incremento o disminución de la mortalidad.
- Investigaciones para evaluar los efectos sobre la salud de cualquier liberación de productos tóxicos en las aguas de la inundación, especialmente donde los químicos industriales y agrícolas se almacenan y transportan regularmente.
- Estudios para determinar cualquier efecto adverso en la salud debido a la preparación de actividades ante las inundaciones (por ejemplo, terraplenes apuntalados, construcción de malecones, etc.).
- Investigaciones para establecer cualquier efecto adverso en la salud relacionado con exposiciones biológicas, químicas y físicas durante el período de recuperación.

## Resumen

Las inundaciones son los eventos más frecuentes entre todos los desastres naturales y son responsables de un estimado del 40% de los daños. En los Estados Unidos, son la mayor causa de mortalidad por desastres naturales.

Los riesgos son tanto de origen natural como generados por el hombre. Los factores naturales incluyen la topografía y las características propias de las áreas y de los sistemas de drenaje alrededor de los ríos y de otras rutas de las aguas. Los riesgos generados por el hombre incluyen el diseño y la construcción de los muros de contención, los sistemas de observación o alerta insensibles, los comportamientos inadecuados de la gente al enfrentar una inundación y el incremento de los asentamientos humanos en los sitios propensos como las costas.

Entre los asuntos específicos de salud pública en este tipo de desastre, se incluyen: la calidad del agua, la seguridad alimentaria, el saneamiento y la higiene, las precauciones durante las actividades de limpieza, las inmunizaciones determinadas localmente, las medidas contra las enfermedades transmitidas por vectores, la potencial liberación de sustancias tóxicas y las consecuencias adversas en la salud mental.

Los sistemas efectivos de observación y alerta, especialmente para las inundaciones repentinas, son absolutamente críticos para la seguridad pública. La oportuna comunicación a través de los medios noticiosos disponibles para la mayoría de personas a una hora particular y la presentación de las alertas de manera que puedan ser entendidas por la mayoría de las personas en un área geográfica o cultura dadas, son factores importantes para reducir la mortalidad y la morbilidad.

En respuesta a las necesidades en salud que probablemente surjan, son recomendables los estudios epidemiológicos para determinar los requerimientos en servicios médicos; la continua vigilancia en salud pública y la monitorización de la mortalidad, la morbilidad, las poblaciones de vectores, el agua y los sistemas de alcantarillado, durante el período de recuperación.

## Referencias

1. Alexander D. *Natural disasters*. New York: Chapman & Hall, Inc.; 1993.
2. World Meteorological Organization. The role of the World Meteorological Organization in the International Decade for Natural Disaster Reduction. Report No. WMO-745. Geneva: World Meteorological Organization; 1990.
3. Frazier K. The violent face of nature-severe phenomena and natural disasters. New York: William Morrow & Company Inc.; 1979.
4. Gunn SWA. *Multilingual dictionary of disaster medicine and international relief*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers; 1990.
5. National Research Council. *The U.S. national report. Facing the challenge*. Washington, D.C.: National Academy Press; 1994.
6. Parrett C, Meicher NB, James RW Jr. *Flood discharges in the upper Mississippi River Basin*. U.S. Geological Survey Circular 1120-A. Denver, CO: U.S. Government Printing Office; 1993.
7. Organization of American States. *Primer on natural hazard management in integrated regional development planning*. Washington, D.C.: Organization of American States; 1991.
8. Seaman J. *Epidemiology of natural disasters*. Basel: S. Karger; 1984.
9. Staes C, Orengo JC, Malilay J, Noji E, Rullán J. Deaths due to flash floods in Puerto Rico. January, 1992: implications for prevention. *Int J Epidemiol* 1994;23:968-75.
10. Grunfest E, Huber CJ. Toward a comprehensive national assessment of flash flooding in the United States. *Episodes* 1991;14:26-35.
11. National Weather Service/American Red Cross/Federal Emergency Management Agency. *Flashfloods and floods... the awesome power!: a preparedness guide*. Report No. NOAA/PA 92050, ARC 4493. Washington, D.C.: U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service; 1992.
12. French JC. Floods. In: Gregg MB, editor. *The public health consequences of disasters*. Atlanta: Centers for Disease Control; 1989. p.39-49.

13. International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. *World Disasters Report 1993*. Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers; 1993.
14. National Weather Service (NWS). *Summary of natural hazard deaths for 1991 in the United States*. Rockville, MD: National Weather Service; 1992.
15. United Nations Disaster Assessment and Coordination Team. *Floods in southern China, 27 June to 11 July, 1994, report*. Beijing, People's Republic of China: United Nations Disaster Assessment and Coordination Team; 1994.
16. French J, Ing R, Von Allmen S, Wood R. Mortality from flash floods: a review of the National Weather Service Reports, 1969-81. *Public Health Rep* 1983;98:584-8.
17. Centers for Disease Control and Prevention. Flood-related mortality-Missouri, 1993. *MMWR* 1993;42:941-3.
18. Centers for Disease Control and Prevention. Flood-related mortality-Georgia, July 1994. *MMWR* 1994;43:526-9.
19. Duclos P, Vidonne O, Beuf P, Perray P, Stoebner A. Flash flood disaster - Nimes, France, 1988. *Eur J Epidemiol* 1991;7:365-71.
20. Dietz VJ, Rigau-Perez JG, Sanderson LM, Diaz L, Cunn RA. Health assessment of the 1985 flood disaster in Puerto Rico. *Disasters* 1990;14:164-70.
21. Aghababian RV, Teuscher J. Infectious disease following major disasters. *Ann Emerg Med* 1992;21:362-7.
22. Toole MJ. Communicable disease epidemiology following disasters. *Ann Emerg Med* 1992;21:418-20.
23. Western KA. *Epidemiologic surveillance after natural disaster*. Scientific Publication No.420. Washington, D.C.: Pan American Health Organization; 1982.
24. Dai Z. No epidemics despite devastating floods. *Chin Med J* 1992;105:531-4.
25. Blake PA. Communicable Disease Control. In: Gregg MB, editor. *The public health consequences of disasters*. Atlanta: Centers for Disease Control; 1989. p.7-12.
26. Centers for Disease Control and Prevention. Current trends flood disasters and immunization- California. *MMWR* 1983;32:171-2, 178.
27. Centers for Disease Control and Prevention. Outbreak of diarrheal illness associated with a natural disaster-Utah. *MMWR* 1983;32:662-4.
28. Centers for Disease Control and Prevention. Public health consequences of a flood disaster-Iowa, 1993. *MMWR* 1993;42:653-5.
29. Centers for Disease Control and Prevention. Morbidity surveillance following the Midwest flood-Missouri, 1993. *MMWR* 1993;42:797-8.
30. Centers for Disease Control and Prevention. Rapid assessment of vectorborne diseases during the Midwest flood, United States, 1993. *MMWR* 1994;43:481-3.
31. McCarthy MC, He J, Hyams KC, El-Tigani A, Khalid IO, Carl M. Acute hepatitis E infection during the 1988 floods in Khartoum, Sudan. *Trans Roy Soc Trop Med and Hyg* 1994;88:177.
32. Homeida M, Ismail AA, El Tom I, Mahmoud B, Ali HM. Resistant malaria and the Sudan floods [letter]. *Lancet* 1988;2:912.
33. Novelli V, El Tohami TA, Osundwa VM, Ashong F. Floods and resistant malaria [letter]. *Lancet* 1988;2:1367.
34. Barclay AJG, Coulter JBS. Floods and resistant malaria [letter]. *Lancet* 1988;2:1367.
35. Siddique AK, Baqui AH, Eusof A, Zaman K. 1988 floods in Bangladesh: pattern of illness and causes of death. *J Diarrhoeal Dis Res* 1991;9:310-4.
36. Janerich DT, Stark AD, Greenwald P, Burnett WS, Jacobson HI, McCusker J. Increased leukemia, lymphoma, and spontaneous abortion in western New York following a flood disaster. *Public Health Rep* 1981;96:350-6.



37. Missouri Department of Health. *Flood mortality statistics, summer/fall 1993*. Jefferson City, MO: Missouri Department of Health; 1993.
38. American Red Cross/Federal Emergency Management Agency. *Repairing your flooded home*. Report No.ARC4477/FEMA234. Washington, D.C.: Federal Emergency Management Agency; 1992.
39. Coolsby DA, Battaglin WA, Thurman EM. *Occurrence and transport of agricultural chemicals in the Mississippi River Basin, July through August 1993*. United States Geological Survey Circular 1120-C. Denver, CO: U.S. Government Printing Office; 1993.
40. Kinston W, Rosser R. Disaster: effect on mental and physical state. *J Psychosomat Res* 1974;18:436-56.
41. Logue JN, Hansen H, Struening E. Emotional and physical distress following Hurricane Agnes in Wyoming Valley of Pennsylvania. *Public Health Rep* 1979;94:495-502.
42. Norris FH, Murrell SA. Prior experience as a moderator of disaster impact on anxiety symptoms in older adults. *Am J Community Psychol* 1988;16:665-83.
43. Phifer JF, Norris FH. Psychological symptoms in older adults following natural disaster: nature, timing, duration, and course. *J Gerontol* 1989;44:S207-17.
44. Watanabe M. Problems in flood disaster prevention. In: Starosolszky O, Melder OM, editors. *Hydrology of disasters. Proceedings of the World Meteorological Organization Technical Conference in Geneva, November 1988*. London: James & James; 1989. p.84-105.
45. Western K. *The epidemiology of natural and man-made disasters: the present state of the art* [dissertation]. London: University of London; 1972.
46. Cuny FC. Introduction to disaster management; lesson 2: concepts and terms in disaster management. *Prehospital and Disaster Medicine* 1993;8:89-94.
47. Belville JD. The National Weather Service warning system. *Ann Emerg Med* 1987;16:1078-80.
48. Pan American Health Organization. *Assessing needs in the health sector after floods and hurricanes*. Technical paper No.11. Washington, D.C.: Pan American Health Organization; 1987.
49. Centers for Disease Control and Prevention. *Beyond the flood. A prevention guide for personal health and safety*. Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention; 1994.
50. De Kay ML, McClelland GH. Predicting loss of life in cases of dam failure and flash flood. *Risk Annal* 1993;13:193-205.
51. Shao XH. The role of health sectors in disaster preparedness: floods in southeastern China 1991. *Prehospital and Disaster Medicine* 1993;8:173-5.