

---

# Exposición ambiental después de una catástrofe natural

## INTRODUCCIÓN

Es común considerar a los refugios de urgencia, las ropas y las mantas, como artículos que pueden salvar la vida, sin los cuales las víctimas de un desastre estarían expuestas a un alto riesgo de muerte por exposición al medio ambiente. La finalidad de este capítulo es examinar tal criterio y establecer un esquema de referencia con el cual pueda valorarse el riesgo antedicho. (Este comentario se ha limitado al tema de exposición ambiental; el problema del suministro de albergues, sin duda, plantea situaciones mucho más complejas. A este respecto conviene consultar el trabajo de *Davis* [10].)

El mencionado esquema de referencia por fuerza tiene que ser teórico ya que no existe información confiable en la bibliografía respecto a muerte por exposición ambiental, después de cualquier desastre terrestre reciente. (Se conocen comunicados ocasionales que señalan un número importante de muertes por exposición posterior a algunas calamidades ocurridas antes de la segunda guerra mundial como el sismo de Erzincan, Turquía, en 1939 [2].) Con base en lo anterior, puede deducirse que no existe ningún problema por exposición, y que las personas que mueren por ella, después del desastre, quizá fallezcan en sitios remotos, en los cuales no se cuenta con instalaciones clínicas adecuadas que permitan la certificación fidedigna de las causas de muerte, por esta circunstancia, no es permisible suponer que no haya habido ninguna muerte por exposición.

El argumento que exponemos en este capítulo consiste en que si bien las consideraciones teóricas indican que la exposición ambiental es una consecuencia proba-

ble de los desastres, las observaciones acerca de la capacidad de los supervivientes para protegerse por sí mismos contra el entorno, sugieren que las muertes por exposición después del desastre son escasas. En el campo teórico, el principal impacto de dicha exposición sería la necesidad de alimento por parte de las poblaciones afectadas, y quizá una mayor prevalencia de desnutrición proteínocalórica (PC). Como cosa paradójica, dicho efecto prodría ser más importante después de desastres en países cálidos que en regiones templadas o frías.

Ante la falta de observaciones publicadas, que guarden relación directa con la exposición al ambiente, después de desastres, se acude a dos enfoques para abordar el tema: 1) examen de los efectos fisiológicos de las condiciones ambientales específicas, en los individuos, y 2) examen de las condiciones ambientales conocidas a las que se exponen las personas después de desastres naturales.

Presentamos más adelante un resumen de los aspectos teóricos de este tema, basado en referencias [11, 17-19].

## FISIOLOGÍA DE LA EXPOSICIÓN AMBIENTAL

Los humanos, como otros mamíferos, son homeotermos, es decir, regulan su temperatura dentro de límites muy precisos, al equilibrar el calor producido por el metabolismo de alimentos, con el que se pierde o gana en el entorno. El hombre occidental "estándar", por ejemplo, ingiere unas 3 000 kcal/día de las cuales en promedio el 95% son transformadas en calor; ello es equivalente a la producción térmica de 2 kcal/h/kg de peso corporal, y si el organismo no perdiera calor, su temperatura aumentaría 2°C/hora.

La ventaja biológica de la homeotermia es que el sujeto tiene una mayor posibilidad de existir independientemente del medio. Sin embargo, en condiciones ambientales extremas habrá que aumentar las cantidades necesarias de alimentos para conservar el cuerpo caliente, salvo que se evite la pérdida calórica. El organismo puede perder calor hacia el medio, por cuatro vías: radiación, conducción, convección y evaporación. El cuerpo puede captar o ganar calor del ambiente por radiación, conducción y convección. Existen variaciones considerables respecto de la importancia de cada una de las vías mencionadas en situaciones ambientales diversas.

### *Radiación*

El calor radiante, a semejanza de otras formas de radiación, por ejemplo, la luz, las ondas de radio o los rayos X, es una forma de energía ondulatoria electromagnética que se trasmite de su fuente al receptor a la velocidad de la luz. Todos los objetos irradian calor, hacia los más fríos, sea cual sea la temperatura del aire que se interponga entre ellos. La temperatura de la superficie del cuerpo humano varía extensamente, pero aproximadamente es de 33°C y sólo si la temperatura del entorno es menor que la expresada, aquel perderá calor por radiación.

Cuando hay algunas "zonas calientes" en el ambiente, el cuerpo puede ganar y perder simultáneamente calor por radiación, como sucede al sentarse alrededor de una fogata en una noche fría o por exposición directa al sol.

La rapidez con que se pierde o gana calor por radiación, en relación con cada unidad de superficie corporal (el flujo calórico) en toda la gama de temperaturas ambientales que son importantes en este comentario, es lineal y aproximadamente proporcional a la diferencia térmica entre la superficie corporal y el entorno.

En la práctica, la cantidad de calor que el cuerpo intercambia por radiación, con su medio ambiente, depende no sólo de la diferencia o gradiente térmico, sino también del área de piel expuesta al descubierto y de la naturaleza de los medios de recubrimiento. Las ropas disminuyen la temperatura superficial del área que cubren, lo cual restringe las pérdidas; y también refleja la radiación incidente. Por ejemplo, los vestidos de colores claros reflejan hasta el 70% de los rayos incidentes, y el hecho de permanecer a la sombra elimina del todo cualquier efecto radiante derivado del sol. A pesar de lo señalado, como lo sabe cualquier persona que se ha expuesto al sol tropical, los efectos calóricos de la radiación pueden ser extraordinarios: por ejemplo, *Blum* [4], ha calculado que el impacto promedio de la luz solar en un varón desnudo, es de unas 240 kcal/h, suponiendo que la piel blanca refleja 43% de la energía recibida.

Las pérdidas calóricas por radiación, también, son muy variables, aunque a bajas temperaturas pueden comprender del 60 al 65% de todo el calor que pierde el cuerpo [18].

### *Conducción*

La conducción es la transferencia directa de calor de un objeto a otro con el que se halle en contacto. La rapidez con que se pierde calor por conducción es directamente proporcional al gradiente térmico entre los dos objetos, y su capacidad para conducir calor. Cotidianamente, se usan objetos seleccionados por su carencia de conductividad (como la lana o las ropas). La vida en sí es más tolerable porque el medio que nos rodea, el aire, posee una conductividad extraordinariamente pequeña; esta es la razón por la que el aire ambiente a 18°C se siente tibio y grato, en tanto que el agua a la misma temperatura se siente fría.

En circunstancias corrientes, la pérdida calórica por conductividad hacia el entorno es pequeña, pero es fácil concebir situaciones después de desastres, en las que la pérdida mencionada puede adquirir enorme importancia. Por ejemplo, yacer sobre un piso de piedra, o la inmersión en agua, cuya temperatura es menor que la corporal, pueden aumentar en grado extraordinario las pérdidas calóricas por conducción. Un varón desnudo de talla promedio, sumergido en agua a 5°C, sufrirá los efectos devastadores de la hipotermia en lapso de 20 a 30 min; y a 15°C sobreviviría de 1.5 a 2 horas.

El límite de la tolerancia voluntaria a la inmersión (señalado por el comienzo de náuseas, malestar, calambres y disritmias cardíacas) guarda relación con la temperatura cutánea e interior, y la producción máxima de calor efectuada por el cuerpo. *Boutelier* y col. [5] han demostrado que las personas delgadas y desnudas presentan una tolerancia de sólo dos horas dentro agua a 26°C. La muerte por hipotermia ocurre cuando la temperatura rectal desciende a 25°C, aproximadamente.

En circunstancias normales, la conducción no es un mecanismo importante de pérdida calórica, pero la adquiere en grado sumo en el intercambio térmico dentro del cuerpo. El calor se pierde a partir de la superficie corporal, y la rapidez de su transmisión desde los órganos internos depende de la conductividad de los tejidos orgánicos. Los tejidos animales son definitivamente buenos aislantes (la constante de conductividad térmica de los tejidos humanos es de  $0.0005 \text{ cal/seg/cm}^2/\text{cm}/^\circ\text{C}$ , en comparación, por ejemplo, con el vidrio, que tiene una constante de  $0.0025 \text{ cal/seg/cm}^2/\text{cm}/^\circ\text{C}$ , o la madera blanda, cuya constante es de  $0.00009 \text{ cal/seg/cm}^2/\text{cm}/^\circ\text{C}$ ).

Los cambios en la corriente sanguínea modifican la conductividad de los tejidos, ésta puede variarse hasta en 10 veces por cambios fisiológicos en la corriente hemática, por vasodilatación o por vasoconstricción. Los mecanismos mencionados de homeostasia modifican el gradiente térmico entre el interior del organismo y la superficie cutánea. La vasoconstricción incrementa el gradiente de temperatura de tal forma que se conserva la temperatura cutánea menor en cualquier tipo de metabolismo, y aminora la pérdida calórica hacia el entorno. La vasodilatación posee el efecto contrario.

Las ropas aminoran la pérdida calórica hacia el ambiente, por medio del mismo mecanismo. Las ropas normales de una persona occidental tienen un valor de aislamiento de un clo (el "clo" es la unidad que se usa para estos fines y se define como el grado de aislamiento que permitirá el paso de una  $\text{kcal/m}^2/\text{h}$  con un gradiente térmico de  $0.18^\circ\text{C}$ , entre los dos lados), de tal modo que la temperatura superficial de las ropas es menor que la de la piel; la pérdida de calor se reduce de manera correspondiente.

### *Convección*

La pérdida calórica por conducción, como se mencionó entraña el paso de calor desde el cuerpo a la superficie con la que esté en contacto; la pérdida por convección implica la transferencia de calor desde la superficie corporal hacia el fluido que lo rodea, es decir, aire o agua con que se ha puesto en contacto el cuerpo.

La importancia posible de la convección para la pérdida de calor corporal es evidente para cualquier persona que se ha sentado al paso de una corriente de aire o en el viento. Se ha demostrado que la rapidez de la pérdida calórica por este mecanismo varía de forma lineal con la diferencia de temperaturas entre la piel y el aire, y con la raíz cuadrada de la velocidad del viento.

La relación anterior permite cuantificar los efectos enfriantes del viento, al expresar los efectos de la velocidad del aire en las pérdidas por convección, en términos de los cambios de la temperatura ambiental, la cual produciría el mismo resultado. Por ejemplo, el cambio en la velocidad del viento de  $0.9 \text{ m/s}$  ( $3.2 \text{ km/h}$ ) a  $4.5 \text{ m/s}$  ( $16 \text{ km/h}$ ) tiene casi el mismo efecto en la pérdida de calor por convección a  $20^\circ\text{C}$ , que una disminución de  $4^\circ\text{C}$  en la temperatura. A temperaturas menores, el efecto es mayor para una velocidad dada del viento. A  $0^\circ\text{C}$  el mismo cambio en la velocidad del viento equivale a un decrecimiento de  $14^\circ\text{C}$  de temperatura. Los cálculos anteriores son sólo aproximaciones por que no tienen en consideración los efectos

**TABLA I.** Temperatura ambiental mínima calculada para lograr comodidad térmica por largo tiempo

Actividad corporal	Viento, cielo y altura	Temperatura ambiente de mínima calculada para lograr comodidad térmica por largo tiempo °C		
		persona desnuda (0 clo)	traje de negocios (1 clo)	traje ártico (4 clo)
Posición sedente tranquila	sin viento, cielo nublado, nivel del mar	28	21	1
Posición sedente tranquila	5 millas/hora, nublado, nivel del mar	31	24	4
Posición sedente tranquila	25 millas/hora, nublado, nivel del mar	32	26	6
Posición sedente tranquila	5 millas/hora, soleado, nivel del mar	24	18	-2
Posición sedente tranquila	5 millas/hora, soleado, a 6 600 m	19	12	-8
Marcha, 3.5 millas/hora	5 millas/hora, nublado, nivel del mar	25	12	-29

Modificado de la tabla de *Newburgh* [19].

de la velocidad del viento y las temperaturas ambientales en las pérdidas inducidas por otros mecanismos, y suponen que la temperatura cutánea permanece en un nivel constante de 31 °C; sin embargo, permiten entender la enorme importancia del llamado factor de "enfriamiento por el viento", incluso por corrientes aéreas de velocidad pequeña. La tabla I muestra el nivel de aislamiento por ropas, necesario para la comodidad física duradera en diversos entornos. Por ejemplo, para una persona que usa un "clo", situación típica existente en muchos países en vías de desarrollo, en un medio sin viento, y estando aquella en reposo, ello es posible solamente a temperaturas de 21 °C o mayores.

### *Evaporación*

El agua absorbe energía al pasar del estado líquido al gaseoso, energía que ha sido llamada "calor latente de evaporación". La cifra para el agua es de 0.58 kcal/g a temperatura normal de la piel. El agua se evapora del cuerpo por tres vías: la que se pierde por el aire espirado; la difusión pasiva a través de la piel, y la secreción activa en la piel por las glándulas sudoríparas.

La rapidez con que el cuerpo pierde agua por evaporación, depende de la velocidad de la pérdida de agua. La rapidez de eliminación de agua por el aire ambiente depende de la diferencia de la presión de vapor en la interfase piel/aire, más aún, del aire ambiente, y de la velocidad de la corriente del viento, tal como ocurre con la convección, las pérdidas por evaporación varían con la raíz cuadrada de la velocidad del viento.

Si la temperatura del medio es menor que la de la piel, las pérdidas calóricas por evaporación son pequeñas y permanecen esencialmente constantes, sea cual sea el índice térmico y la velocidad del viento. En un adulto, esta "pérdida insensible" comprende unos 30 g/h, que equivale a una pérdida calórica de 400 kcal/día; sin embargo, conforme las temperaturas ambientales aumentan por arriba de la de la piel y el cuerpo no pierde calor por otras vías, la evaporación por medio del sudor adquiere una importancia cada vez mayor.

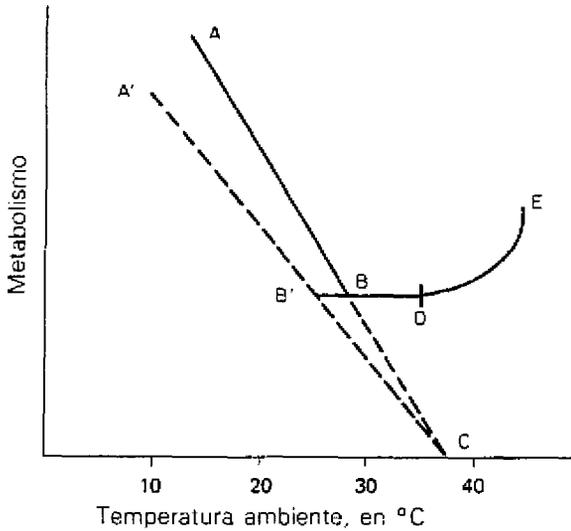
La velocidad de sudación varía enormemente en diferentes ambientes. En algunos experimentos se han señalado tasas incluso de 4 litros/h y en situaciones más reales, como sería la marcha bajo el sol directo, a 40 °C, las pérdidas pueden llegar a 1 litro por hora. Sentarse en la sombra a la misma temperatura puede hacer que se pierdan 0.5 litros de sudor por hora.

El organismo se adapta a la deshidratación de poca magnitud, y es importante reponer el agua y el sodio perdidos. La concentración de cloruro de sodio en el sudor de personas aclimatizadas, es de 1 a 1.5 g/litro.

## **CONCEPTO DE TERMONEUTRALIDAD**

La exposición hasta este momento ha señalado que aun cuando el organismo puede perder calor, un individuo, dentro de ciertos límites, tiene la facultad de controlar la velocidad de dicha pérdida por medio de mecanismos fisiológicos, como el flujo de sangre por la piel, y también por sudoración. Al controlar las pérdidas calóricas se crean diversas situaciones ambientales en las que la generación térmica está en equilibrio con la pérdida calórica; esta "zona" de temperaturas ha sido llamada de termoneutralidad (a menudo se define como los "límites de temperatura ambiente dentro de los cuales el metabolismo se encuentra en niveles mínimos, y en cuyo interior se logra la regulación térmica únicamente por medio de procesos físicos, sin intervención de la evaporación; fig. 1).

Si la temperatura ambiental disminuye a niveles menores que la zona de termoneutralidad, el control de la pérdida calórica no basta para conservar la temperatura corporal. En esta situación, el metabolismo debe aumentar o disminuir dicha temperatura. Aquella en la cual se manifiesta el incremento del metabolismo ha recibido

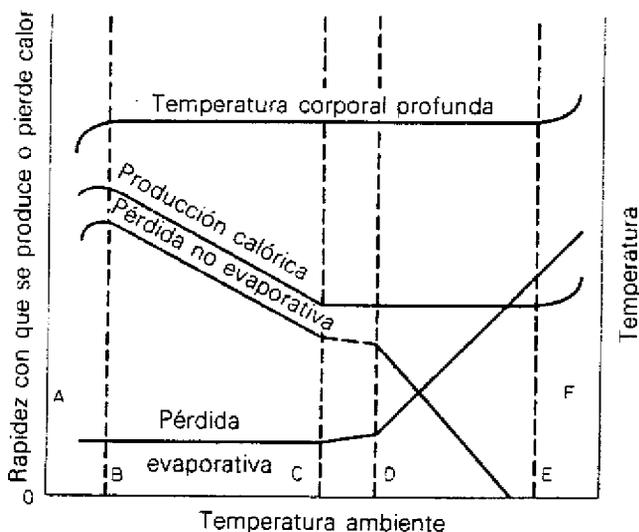


**FIGURA 1.** Esquema que señala el concepto de termoneutralidad. La producción calórica permanece constante y es mínima (zona termoneutral) en la gama de temperaturas de B/B'-D. Por debajo de B/B' y por arriba D (TCS) aumenta la producción calórica. La magnitud de la zona de termoneutralidad (BD o B'D) es mayor cuando aumenta el aislamiento corporal: por debajo de B/B' el aislamiento ya no conserva el calor. El metabolismo aumenta en una razón proporcional al gradiente entre la temperatura interna del cuerpo y la del ambiente. La línea AB extrapola a la temperatura interna (C) con metabolismo cero; cuanto mayor sea el aislamiento, menor será la inclinación del "nivel" (A'B'). Figura reproducida con permiso de Maclean y Emslie-Smith [18].

el nombre de "temperatura crítica inferior (TCI)" (punto B; fig. 1). De forma semejante, si la temperatura ambiental aumenta se llega a otra, denominada "crítica superior" (TCS), por arriba de la cual se necesita una mayor actividad metabólica para regular la temperatura corporal por medio del sudor. Por debajo de TCI, la actividad metabólica aumenta (mediante trabajo activo, sudoración y un proceso conocido como "termogénesis por mecanismos químicos") que corresponden con bastante aproximación al decrecimiento de la temperatura; por arriba de TCS, la relación no es lineal.

En virtud de todo lo comentado, dentro de la zona de termoneutralidad se gasta un mínimo de energía para conservar la temperatura corporal en un nivel constante, pero, por arriba y por debajo de las temperaturas críticas, el calor corporal puede conservarse solamente por medio del consumo de energía adicional. En algún punto, por debajo de TCI, la actividad metabólica no es lo suficientemente grande y la temperatura del cuerpo disminuye. La figura 2 señala la relación entre la producción calórica por metabolismo, las pérdidas térmicas y la temperatura corporal interna o profunda.

Las cifras de temperaturas críticas medidas en experimentos no se definen con tanta exactitud como podría indicar la figura 1. Los experimentos en el ser humano tienden a producir relaciones curvilíneas en los puntos de transición, y no las inflexiones netas que se señalan en el esquema. También, las cifras reales de las temperaturas críticas no son fijas sino que varían con arreglo a talla, edad, composición



**FIGURA 2.** Esquema que representa la relación entre producción de calor, pérdida por evaporación y por mecanismos no evaporativos, y temperatura corporal profunda en un animal homeotermo. A = Zona de hipotermia; B = temperatura del metabolismo máximo e hipotermia incipiente; C = temperatura crítica (CTI en la fig. 1); D = temperatura de incremento notable en la pérdida por evaporación; E = temperatura del incremento hipertérmico incipiente (TCS en la fig. 1); F = zona de hipertermia; CD-zona del mínimo esfuerzo termoregulator; CE-zona de metabolismo mínimo (zona termoneutral en la fig. 1) con permiso de Mount (17).

corporal y aislamiento del individuo en cuestión. La oblicuidad de la línea AB en la figura 1 es un índice del nivel de aislamiento, es decir, conforme el punto A se desplaza hacia el A', disminuye la TCI indicada por el punto B'.

Aún más, no corresponde a la realidad imaginarse a una persona con un metabolismo constante, pues éste muda de acuerdo con sus actividades y con el consumo de alimentos. El metabolismo es mínimo en la persona en ayunas y en reposo; es mayor en aquella que no guarda ayuno ni reposo, y todavía más en la persona que no ayuna y que hace ejercicio. Como señala la figura 1, según disminuye el metabolismo, aumenta la temperatura crítica inferior.

Si consideramos las limitaciones mencionadas, la TCI para un adulto de complejión europea típica, en estado basal (en reposo, con un ayuno de 12 a 14 h), sería de 26 a 28 °C; las ropas ligeras dentro de la casa disminuirían dicha cifra a 24 °C, en tanto que la ropa ligera y el consumo de alimentos, en las cantidades promedio para la cultura occidental, la disminuirían todavía más a 18 °C o aproximadamente a la temperatura ambiente. De forma más real dentro del marco de los desastres que afectan preferentemente a personas pobres en países en vías de desarrollo, en que el consumo de alimentos podría ser el 60% del que priva en regiones que cuentan con mayores recursos económicos, aumentarían las cifras de TCI a 30 °C para el sujeto en estado basal y a 20 °C para el que lleva vestidos.

## ¿ES POSIBLE PREDECIR LAS CONSECUENCIAS FISIOLÓGICAS Y NUTRICIONALES DE LA EXPOSICIÓN AL ENTORNO?

Desde la sección anterior, pudimos advertir que es posible conocer con anticipación algunas relaciones generales teóricamente satisfactorias, entre la pérdida de calor corporal y el entorno, pero, por desgracia, no siempre puede calcularse en la práctica. Es conveniente dejar constancia de que surgen problemas de índole conceptual y experimental, principalmente en la definición del estado del individuo.

En este marco aparecen tres problemas principales. En primer término, la dificultad de predecir la presión de vapor del agua en la superficie cutánea, excepto cuando la humedad es muy grande y deja a la piel mojada. En segundo lugar, el problema de medir la temperatura real de la piel, porque la de otras partes del cuerpo es variable. Por último, la cuestión de definir la superficie corporal. La superficie "efectiva" para cada mecanismo de pérdida térmica es diferente, y cada una no concuerda con la anatómica verdadera. Por ejemplo, la de radiación en un adulto varón podría ser únicamente del 70 al 80% de la anatómica (por que diversas áreas del cuerpo, como la cara interna de los muslos intercambiarían pérdidas por radiación). Se calcula que la superficie "efectiva" de convección en el sujeto erecto es el 80% de la anatómica. En esta última posición, la única vía importante de pérdida por conducción, es a través de las plantas de los pies; en el sujeto que duerme sobre el suelo, la zona de contacto es mucho mayor, aunque también varía con la postura que asuma durante el sueño. A pesar de lo dicho y de las dificultades mencionadas, hay que destacar que se cuenta con información suficiente como para definir, dentro de límites útiles, la magnitud del problema al que posiblemente se enfrenten los supervivientes de un desastre en diversas situaciones del entorno, aún si es imposible asignar cifras exactas a los efectos metabólicos en un caso específico. Por ejemplo, la importancia del movimiento de masas de aire en las pérdidas calóricas no es una cuestión de ventarrones, sino incluso de corrientes leves. Los experimentos en Inglaterra han indicado que en abril, los vientos alcanzan intensidades suficientes para duplicar el metabolismo en una persona vestida con ropas ligeras [20]. Traducido en términos de alimentos, se necesitarían 2.5 litros de leche adicionales por día. De manera sorprendente, se ha demostrado que una corriente imperceptible en el nivel consciente, incrementa en un 20 a 75% la pérdida calórica del cuerpo descubierto.

Como se ha dicho, la exposición a la lluvia o la inmersión en agua pueden aumentar en grado extraordinario la pérdida calórica. La ropas secas aíslan, pero no las húmedas. La ropa "de casa" normal puede contener 3 kg de agua cuando se humedece, y si no se quita, el cuerpo debe aportar el calor necesario para la evaporación. Se necesitaría en esta situación 1 700 kcal adicionales, que en algunos países se iguala al consumo promedio de alimentos de un adulto. Como cálculo arbitrario, si se cuenta con un albergue suficiente una vez por semana para evitar que la persona se moje, ello representa, en el mejor de los casos, el equivalente calórico de medio litro de leche al día, y en el peor de los casos, la diferencia entre la muerte por "exposición", y la supervivencia [20].

No se cuenta con pruebas directas de estos cálculos para poblaciones afectadas por desastres; sin embargo, el riesgo de hipotermia puede ser muy grande incluso

en los trópicos, como la ilustran 24 adultos hipotérmicos internados en el hospital de Kampala, Uganda, entre enero de 1970 y enero de 1972 [21]. En los 24 se diagnosticó hipotermia, es decir, temperatura rectal menor de 35 °C, y en 8 tal situación fue profunda, con una temperatura rectal de 29 a 33 °C. Sin duda, el grupo estuvo compuesto principalmente por vagabundos que sufrían diversas enfermedades. A pesar de ello, las temperaturas en Kampala, que está sobre el ecuador, son muy constantes y la media mínima durante todo el año va de 16 a 18 °C.

## GRUPOS POBLACIONALES ESPECÍFICOS

Hasta este momento en los comentarios se ha supuesto que para un nivel particular de aislamiento, los individuos se enfrentan a riesgos prácticamente iguales de exposición al ambiente. Sin embargo, los niños y ancianos tienen una susceptibilidad relativamente mayor a dicha exposición. En muchos países en vías de desarrollo, los niños menores de 5 años de edad pueden comprender incluso el 15% del total de la población.

En términos generales, los niños no tienen tanta capacidad para tolerar los extremos de temperatura porque su cuerpo es más pequeño y presentan una superficie mayor en relación con su peso corporal. Un bebé que pesa 10 kg tiene una superficie de 0.5 m<sup>2</sup>, o 0.05 m<sup>2</sup>/kg de peso corporal. Un adulto de 25 años que pesa 68 kg con una superficie de 1.8 m<sup>2</sup> tiene un área de 0.027 m<sup>2</sup>/kg de peso corporal, que es casi la mitad de la del bebé. El lactante también pierde calor con mayor rapidez, por el menor aislamiento entre la superficie corporal y el aire, quizá porque su cuerpo tiene un radio menor de curvatura y por el menor aislamiento de sus tejidos.

La TCI de un nonato es mucho mayor que la de un adulto; puede aumentar la actividad metabólica con temperaturas cutáneas incluso de 35 a 37 °C. La TCI aumenta conforme el bebé tiene mayor edad. En tanto que la exposición a temperaturas alpinas incrementa el metabolismo de adultos de un 38 a 79%, en niños lo hace de un 72 a 225% [20].

Los niños con desnutrición proteínocalórica son menos resistentes al frío y si se les aleja de su medio externo normal o del calor del cuerpo de su madre, ello puede ser suficiente para que se precipite la hipotermia, incluso en los trópicos [16]. El factor más importante en estos casos quizá sea la deficiente producción de calor (aunque dichos niños pueden tener poca grasa subcutánea), por consunción corporal, con lo que queda una área de superficie relativamente grande por unidad de peso.

En zonas rurales de países en vías de desarrollo, no es raro observar que incluso el 10% de todos los niños de 1 a 3 años de edad pueden presentar un cierto grado de desnutrición proteínocalórica, es decir, menos de un 80% del peso correspondiente a su talla, en comparación con las cifras de referencia de niños estadounidenses (el peso de un niño medido, en porcentaje de la mediana de pesos de otros bien nutridos de la misma talla; 80% corresponde a unas dos desviaciones estándares por debajo de la media de los niños occidentales). Cabría esperar que la tolerancia de tales niños a la exposición al entorno sería menor que la de sus coetáneos mejor alimentados.

Un problema importante, aunque no estudiado lo suficientemente, es la participación del frío en la etiología de la desnutrición proteínocalórica y su contribución a la variación estacional en la prevalencia de dicho trastorno, y a cuadros clínicos diferentes.

## **CIRCUNSTANCIAS A LAS QUE ESTÁN EXPUESTAS LAS POBLACIONES DESPUÉS DE DESASTRES NATURALES**

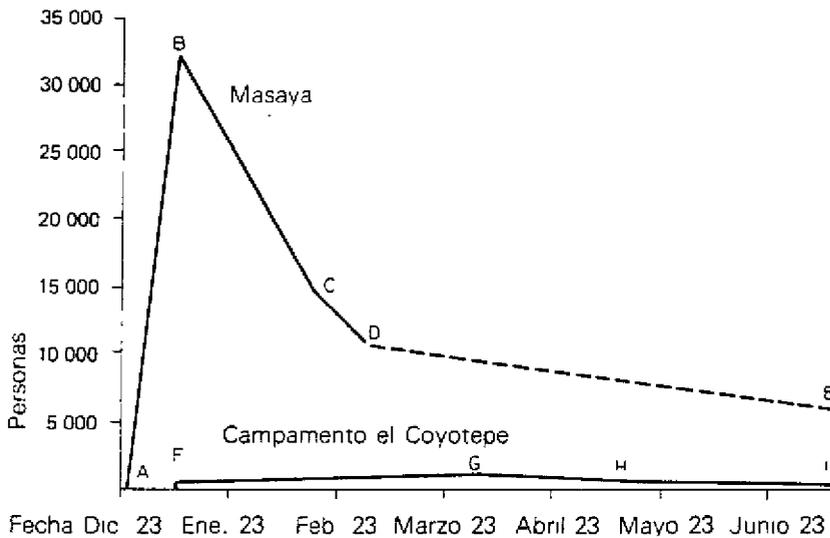
Las solas consideraciones fisiológicas indican que la exposición de un humano incluso a pequeñísimas variaciones ambientales, si son lo suficientemente duraderas, hará que aumente el consumo de energía en el mejor de los casos, o en el peor, que el sujeto muera por hipotermia. Aún más, dichos efectos son mucho más intensos en niños y enfermos, los cuales abundan en poblaciones afectadas por desastres, en países en vías de desarrollo.

A pesar de lo dicho, es obvio que para obtener un estimado efectivo de las consecuencias fisiológicas y nutricionales reales en cualquier situación específica, se necesita también definir el entorno al cual están expuestas en la realidad las poblaciones afectadas. Los grupos diezmados por desastres, incluso si pierden de forma repentina e inesperada su albergue no necesariamente se enfrentan a todos los peligros del medio en el área en que viven. Al contar con otros albergues alternativos, estructuras y otros recursos que sirven de abrigo contra el viento y demás elementos, aquellos pueden restablecer rápidamente un "microambiente" para sí mismos, completamente distinto al entorno del área en que acaeció la calamidad. Este patrón de comportamiento, llamado a veces "termorregulación conductual" es de extrema importancia para conocer el probable efecto que tiene la exposición al medio ambiente en las víctimas de desastre.

Por desgracia, la descripción de las condiciones ambientales a las que se enfrentan los afectados por una calamidad han sido esporádicas. Excepto una encuesta levantada por *Sommer y Mosely* [22] posteriormente al ciclón y marejadas en la costa oriental de Bengala, en 1970, no se cuenta con otros ejemplos publicados de cuantificación sistemática de la pérdida de viviendas a consecuencia de una desgracia, y mucho menos de una definición de las necesidades de albergues en términos de supervivencia. Sin embargo, se poseen observaciones suficientes para sugerir que, dentro de ciertos límites, las poblaciones perjudicadas por los desastres logran restablecer rápidamente el "microclima" básico necesario para su supervivencia; lo cual puede lograrse de dos formas: 1) al cambiarse a edificaciones no deterioradas y 2) al construir o hallar refugios temporales.

## **ACOMODO DE LOS DAMNIFICADOS EN EDIFICACIONES NO DETERIORADAS, DENTRO O FUERA DEL ÁREA AFECTADA**

Muchas comunidades tienen más edificaciones de las que se necesitan para refugios básicos de la población. Quizá la solución más común, en el caso de personas sin



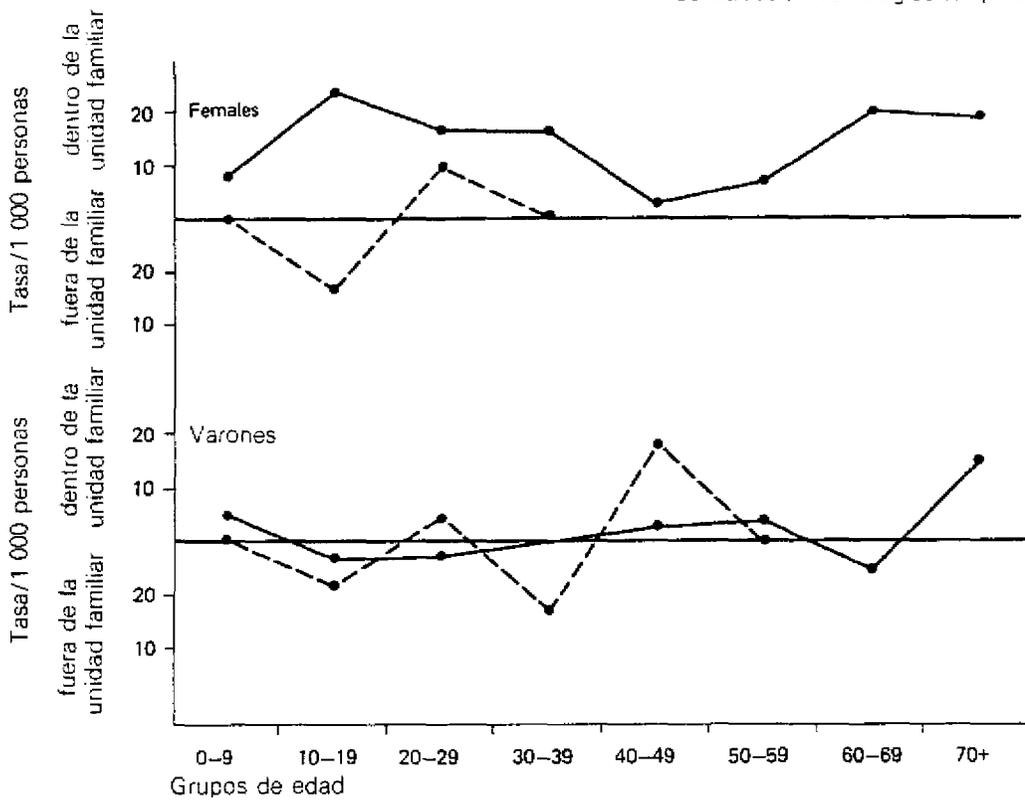
**FIGURA 3.** Población de refugiados de Masaya y otra en el campamento de Coyotepe del 23 de diciembre al 23 de junio de 1973, después del terremoto en Managua, Nicaragua (1973) A = terremoto, B = mitad de febrero, en que había unos 32 000 refugiados en Masaya y que vivían principalmente con parientes; C = censo oficial, febrero 15, 14 100 refugiados; D = en el censo (10 200 personas afirmaron que no volverían a Managua); DE = retorno gradual a Managua, aunque la cifra es conjetural; FI = población en albergues temporales, el campamento de Coyotepe; F = 880 personas; G = 1 300 personas; H = 846 personas; I = 745 personas. Con permiso Davis (8)

hogar, es acomodarlas en casa de amigos y parientes, u ocupar escuelas y otros edificios públicos.

En Nicaragua, después del terremoto de 1972, que derruyó gran parte de Managua, se calcula que quedaron sin hogar unas 250 000 personas y que, aproximadamente, el 90% de ellas hallaron cabida en hogares de parientes y amigos. El censo hecho 4 semanas después del sismo en 4 poblaciones de las afueras, indicó que en éstas se habían refugiado al "agregarse" a las familias, 130 000 damnificados [8]. 3 semanas más tarde aún permanecían en dichos poblados 80 000 personas. La figura 3 señala el número de damnificados que residieron en tiendas y refugios de urgencia, el cual se compara con el de los que fueron absorbidos por familias de Masaya, población situada a unos 24 km de Managua.

En el estudio de Sommer y Mosely [22], llevado a cabo después del ciclón y la marejada que asolaron Bangladesh en 1970, se encontró que un número mayor de personas emigró hacia unidades familiares establecidas en comparación con el de un área no afectada utilizada como "testigo" (fig. 4 y apartado "Muerte y lesión"). Tal desplazamiento fue más notorio en mujeres de todas las edades quienes emigraron al hogar de familias residentes; ello fue consecuencia principalmente de que los núcleos familiares habían perdido a su jefe, y las mujeres buscaban el amparo de sus parientes.

En Italia, después del sismo que asoló Nápoles en 1980, muchas personas hallaron refugio temporal al acomodarse en automóviles, vagones de ferrocarril y establos [24].



**FIGURA 4.** Tasas de migración neta según edades, dentro y fuera de la unidad familiar en áreas afectadas por el ciclón y la marejada de 1970 en Bengala, (—) en comparación con el área testigo (---). Con permiso de *Sommer y Masely* [22].

## CONSTRUCCIÓN DE REFUGIOS TEMPORALES

A menudo se observa que las poblaciones privadas de techo por desastres naturales fácilmente encuentran o construyen estructuras para protegerse del viento, o edifican refugios temporales, a veces muy adecuados.

Después del terremoto de Guatemala ocurrido en 1976, se calculó que sólo en la ciudad de ese nombre quedaron destruidas más de 59 000 unidades de alojamiento y albergue (40% de la capacidad de alojamiento) y otras 163 000 unidades más en áreas rurales. En las tierras altas, durante la estación en que acaeció el terremoto, los días son soleados y cálidos, pero por la noche, a una altura de más de 2 000 metros, las temperaturas a veces llegan al punto de congelación.

*De Ville de Goyet y col.* [26] observaron que el sistema de familias ensanchadas no pudo absorber a toda la población de damnificados, porque comunidades y familias completas habían quedado sin techo. “Muchas personas habían perdido su ropa de cama y de otra clase en el desastre, y se necesitó toda la primera semana para rescatar por medio de excavaciones artículos utilizables suficientes. Mientras tanto, la única posibilidad era la de erigir toscos albergues que fueron levantados con cualquier material disponible: hojas de metal y plástico corrugadas, madera, tela y cartones.” Se advirtió una mejoría constante en la calidad de las edificaciones. “Pronto fue sustituido el cartón por madera o láminas acanaladas, antes de que se agregaran a las viviendas de una sola pieza, largas cocinas.”

Según *Davis* [9] un cálculo aproximado sugirió, que en la ciudad de Guatemala, al término de 24 horas del sismo, se habían erigido unos 50 000 alojamientos improvisados.

El terremoto de 1972 en Perú, también afectó tierras altas. En un poblado de la sierra, “los refugios improvisados estaban en muy mal estado; sin duda por la noche eran muy fríos y no durarían hasta la estación de lluvias. En las casas había poca comida, exiguas pertenencias personales y a veces sólo dos mantas para una familia de 8 personas. . . se necesitaban mantas, cobijas y ropas calientes, pero al parecer no había problemas inmediatos de salud. . .” [12].

Los ejemplos anteriores fueron tomados de terremotos, calamidades en las cuales, cabría esperar que se pudieran aprovechar materiales básicos de construcción, en que el combustible de los edificios deteriorados sería relativamente abundante, y que estarían en pie un gran número de edificaciones. El hecho que no se hayan observado en tales circunstancias, muertes por la exposición al entorno quizá refleja su ausencia o rareza en poblaciones compuestas por personas que se hallaban secas, vestidas y que podían escapar de los vientos.

Sólo en aquellas situaciones en las cuales, las personas quedan durante largo tiempo, atrapadas debajo de los escombros de casas, cabría esperar que mueran por exposición al medio, como consecuencia de los terremotos; ello podría suceder en las casas de construcción resistente, en combinación con labores de rescate lentas y difíciles. Con posterioridad al sismo del 23 de noviembre de 1980 en Campania y Basilicata, situadas en el sur de Italia, “muchos muertos rescatados de los escombros no mostraron signos de lesión física y quizá fallecieron de frío, deshidratación o choque”; “los gritos de los supervivientes atrapados se apagaron poco a poco después de dos noches de tiempo seco, pero frío, lapso en el cual muchos murieron por exposición al medio” [1]. Sin embargo, en el mismo terremoto, se pudo rescatar vivos a 3 neonatos (uno de ellos prematuro) de las ruinas del hospital de Sant’Angelo dei Lombardi, luego de 3 días del terremoto, y todavía se pudo salvar pasados 5 días, a un anciano de 68 años.

Un índice de la gravedad del riesgo de la exposición al medio lo constituyen las prioridades que las propias personas establecieron después de algunos desastres. Los damnificados suelen considerar a la obtención de un refugio de urgencia, proveído por las organizaciones de auxilio, como una prioridad menor, en comparación con la conservación de la tierra y de las propiedades o el mantenimiento de la integridad de la unidad familiar.

Por ejemplo, en San Martín, situado en tierras altas guatemaltecas, después del terremoto de 1976, el ejército levantó 3 000 tiendas; dos semanas más tarde sólo 7 estaban ocupadas, no obstante las amenazas a punto de pistola, ejercidas por la tropa para obligar a las personas a vivir en ellas [9]. En cierta medida, tal rechazo fue consecuencia de la idea de que la posesión del terreno, casa y los escombros que se usarían en la reconstrucción, corrían peligro de ser vendidos en masa durante las operaciones de despeje. En Sicilia, después del sismo de 1968, en que gran parte de la población vivía en tiendas y casuchas, fracasaron los intentos para transferir a los niños a albergues más adecuados [13]. *Davis* [9] observó que también fracasaron intentos semejantes de “políticas de expulsión” en sitios tan alejados como Darwin, Australia; Skopje, Yugoslavia, y los campamentos Bustee en Bangladesh.

Un caso en que dichas políticas de evacuación quizá lograrán resultados más satisfactorios, para evitar la exposición al entorno, fue observado después del terremoto de Van, en la porción oriental de Turquía, en 1976, y que según informaciones, dejó sin casa a más de 50 000 personas [25]. *Krimgold* [15], quien visitó el área afectada con posterioridad al sismo, afirmó que si bien hubo retrasos en la provisión inmediata de tiendas, el riesgo de exposición disminuyó gracias a un invierno extraordinariamente cálido en la zona y a la política adoptada por el gobierno turco de ofrecer auxilio sólo a aquellas personas que querían desplazarse a zonas más bajas y cálidas. Es posible que en el área mencionada, en un invierno normal, las temperaturas descendiesen a  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  y en estos casos el riesgo de exposición al frío hubiera sido muy grande.

En los casos mencionados, la definición de entorno o medio ambiente es insuficiente para especular con alguna confianza, respecto de los efectos metabólicos más sutiles por exposición, en la población. En el campo fisiológico cabría suponer que sería difícil, cuando menos para niños y ancianos, permanecer dentro de la "zona termoneutra". Por ejemplo, en Sicilia en que la tienda típica, particularmente durante el primer mes transcurrido después del sismo de 1968, tenía "suelo de paja, carecía de calefacción y electricidad, y no contaba con camas suficientes. . ." [13] y en un lugar donde "las temperaturas nocturnas estaban bajo cero", cabría suponer que en tales circunstancias dificultaban que se pudiera permanecer en la zona termoneutra. Las condiciones mencionadas sin duda causarían hipotermia a ancianos que vivían solos [18]. Luego de dos meses del ciclón de Bangladesh en 1970, el 53% de los alojamientos revisados eran "inadecuados" y, por lo común, eran "pequeñas chozas de paja, de 1 a 1.5 m de altura y quizá unos 2 m de largo [22]. Análogamente, es casi seguro que las circunstancias descritas en un poblado de tierra altas de Perú, serían más que deficientes para la supervivencia de niños desnutridos.

Para detectar ejemplos en los que pudiera demostrarse de manera más convincentemente la posibilidad de muerte por exposición al frío y a otros elementos, y en los que se necesitaba una cantidad mayor de alimentos, convendría recurrir a casos en que estuvieran presentes todos los "ingredientes" fisiológicos necesarios para ponderar la exposición al clima y, además, en que la población tuvo pocas posibilidades inmediatas de protegerse; es decir, casos en que una población de personas flacas y mal nutridas y peor vestidas, quedó expuesta a los vientos y al agua. Solamente un caso publicado se ajusta a esta descripción que es el artículo de *Cohen y Ragharulu* [6] acerca de lo ocurrido posteriormente al ciclón y la marejada que afectaron Andhra Pradesh, en la porción meridional de la India, en 1976. Sin embargo, incluso en ese caso, las pruebas, en gran medida son circunstanciales.

La noche del 19 de noviembre de 1977, la región costera de Andhra Pradesh en la parte sur oriental de la India, fue abatida por un ciclón y por marejadas de 3 a 7 metros de altura. Las marejadas abarcaron un frente de unos 80 km y penetraron algunos sitios, incluso 25 km tierra adentro. Murieron inmediatamente o durante la noche de 8 000 a 10 000 personas. Los habitantes de esa zona eran principalmente granjeros, pescadores pobres y sus familias, quienes por lo común vestían ropas ligeras.

En una serie de relatos acerca de lo vivido por los supervivientes del desastre, se advierte que muchas de las personas murieron por ahogamiento, y en menor número, por el derrumbe de sus casas y la caída de árboles. Sin embargo, hay datos

referentes a que no todas las muertes acaecieron de esa forma: *Cohen y Ragharulu*, acerca de este particular, expresan: “supervivientes (y el personal de rescate de cadáveres) sugirieron que algunas de estas víctimas aún estaban con vida después de la marejada, pero, seguramente fallecieron por la falta de auxilio, agua, o atención médica”. Los cálculos de organizaciones independientes y gubernamentales insinúan que del 1 a 10% de los muertos, aún estaban vivos después del ciclón y la marejada, pero fallecieron antes de que llegaran a ellos los escuadrones de auxilio y rescate. De 13 personas rescatadas de copas de árboles y techos de casas con el auxilio de helicópteros, por la Fuerza Aérea Indú, entre el 22 y el 23 de noviembre, una anciana murió de agotamiento y choque antes de que llegara el escuadrón de auxilio [6].

Se sabe que algunas personas estuvieron desamparadas en la punta de los árboles por más de 15 horas. “Un gran número murió ahí y los cadáveres cubrieron las palmas en muchas áreas de Dívi y Bandar”. Los supervivientes también señalaron que “cuando se dieron cuenta de lo que había ocurrido, muchos de los que vivían desfallecieron y murieron durante la noche”. Algunos grupos de rescate afirmaron, también, haber encontrado cuerpos en los que no se advertía una causa manifiesta de muerte. Seguramente nunca se sabrá cuál fue la causa real, pero una explicación lógica sería la exposición al medio adverso.

En el ciclón y marejada que afectó Andhra Pradesh y en el desastre similar que impactó a la costa oriental de Bengala en 1970 (véase “Muerte y lesión”) se apreció que, en ambas calamidades, murió un número desproporcionado de niños y ancianos. El estado nutricional relativamente alto de los niños, observado por *Sommer y Mosely* [22] según una encuesta realizada 2 meses después del ciclón de Bengala en 1971, acaso fue consecuencia parcial de la mortalidad relativamente elevada de los niños desnutridos, en el desastre, y quizás, también de la mejoría aportada por los alimentos proporcionado a los supervivientes.

En la costa de Bangladesh, en el mes del ciclón, la temperatura mínima media era de 13 °C y los vientos soplaban a razón de 12.9 km/h [23]. Es razonable pensar que, en parte, esta mortalidad selectiva se debió a la susceptibilidad del grupo mencionado a la exposición al medio.

La inmersión prolongada en agua a una temperatura menor que la corporal, por cualquier causa, podría causar hipotermia y muerte a muchas personas. *Keatinge* [14] considera que muchas de las 700 a 1 000 víctimas que mueren en Inglaterra cada año en las regiones costeras y de tierra adentro, que normalmente se atribuyen a ahogamiento, de hecho son causadas por hipotermia. Los riesgos por inmersión posteriormente a inundaciones serían semejantes, y existen muchas razones para pensar que los grupos compuestos por personas mayores estarían más predispuestos a la hipotermia que un grupo integrado principalmente por nadadores y hombres de mar. *Coolidge* [7] menciona el tratamiento de la “exposición al medio” en supervivientes de la inundación en Rapid City en 1972. *Bennet* [3] advierte que si las inundaciones en Bristol, Inglaterra, hubieran ocurrido en invierno y no en julio, habría sido considerable el riesgo de exposición al medio adverso para aquellas personas que sobrevivieron a pesar de que estaban totalmente empapadas. Hasta donde sabemos, no existen otros informes publicados relativos a exposición después de inundaciones ni de exposición de los supervivientes a condiciones ambientales que hubieran causado estrés por calor.

## CONCLUSIONES

1) Gran parte de los datos son teóricos y circunstanciales, pero es probable que algunas muertes de personas en los desastres sean consecuencia de exposición a los elementos.

2) Los riesgos de muerte por exposición posteriormente a la calamidad son máximos en niños, ancianos y enfermos.

3) La muerte por exposición tiene mayores probabilidades de ocurrir cuando el desastre hace que la población quede expuesta al viento y al agua. Dicho peligro es máximo en poblaciones de personas flacas, mal alimentadas, y peor vestidas. Las circunstancias anteriores es probable encontrarlas, luego de tormentas e inundaciones, en áreas tropicales y subtropicales, y no en países con climas fríos.

4) Es factible que la exposición después de muchos desastres, ocasione una necesidad mayor de alimento por parte de la población, y si no es satisfecha, puede resultar un incremento en la prevalencia de desnutrición en los supervivientes, particularmente en los niños.

Las consecuencias prácticas de las conclusiones anteriores se exponen en el capítulo "Respuesta fisiológica a los desastres".

## REFERENCIAS

- 1 Alexander, D.: *The earthquake of 23 November 1980 in Campania and Basilicata, southern Italy* (International Disaster Institute, London 1981).
- 2 Ambreyses, N.: *Personal communication*.
- 3 Bennet, G.: "Bristol floods 1968 - controlled survey of effects on health of local community disaster." *Br. med. J.* *iii*: 414-458 (1970).
- 4 Blum, H.F.: "The solar heat load; its relationship to total heat load and its relative importance in the design of clothing." *J. clin. Invest.* *24*: 712-721 (1945); cited in ref. 19.
- 5 Boutelier, C.; Timbal, J.; Colin, J.: "Echanges thermiques et réactions physiologiques à l'immersion en eau froide." *Revue Med. clin.* *40*: 2631-2638 (1974); cited in ref. 18.
- 6 Cohen, S.P.; Ragharulu, C.V.: *The Andhra cyclone of 1977* (Vikas Publishing House, New Delhi, 1979).
- 7 Coolidge, T.T.: "Rapid City flood." *Archs Surg. Chicago* *106*: 770-772 (1973).
- 8 Davis, I.: *Emergency shelter: in report of a seminar on emergency housing and shelter* (Disasters Emergency Committee, London, 1976).
- 9 Davis, I.: "Housing and shelter provision following the earthquakes of February 4th and 6th 1976." *Disasters* *1*: 82-90 (1977).
- 10 Davis, I.: *Disasters and the small dwelling* (Pergamon Press, Oxford, 1981).
- 11 Edholm, O.G.: "Man - hot and cold." *The Institute of Biology's studies in biology*, No. 97 (Arnold, London 1978).
- 12 Glass, R.I.: "Pishtacos in Peru." *Harvard Med. Alum. Bull.* *12*: 12-14 (1971).
- 13 Haas, J.E.: *The western Sicily earthquake of 1968* (National Academy of Sciences, Washington 1969).
- 14 Keatinge, W.C.: *Survival in cold water; the physiology and treatment of immersion hypothermia and of drowning* (Blackwell, Oxford 1969); cited in ref. 18.
- 15 Krimgold, F.: *Personal communication*.

- 16 Lawless, J.; Lawless, M.M.: "Kwashiorkor - the result of cold injury in a malnourished child?" *Lancet* *ii*: 972-975 (1963).
- 17 Mount, L.E.: *Adaptation to thermal environment* (Arnold, London, 1979).
- 18 Maclean, D.; Emslie-Smith, D.: *Accidental hypothermia* (Blackwell, Oxford, 1977).
- 19 Newburgh, L.H.: *Physiology of heat regulation and the science of clothing* (Saunders, Philadelphia 1949).
- 20 Rivers, J.P.W.; Brown, G.A.: "Physiological aspects of shelter deprivation." *Disasters* 3: 20-23 (1979).
- 21 Saidikali, F.; Owen, R.: "Hypothermia in the tropics - a review of 24 cases." *Trop. geogr. Med.* 26: 265-270 (1974).
- 22 Sommer, A.; Mosely, W.H.: "East Bengal cyclone of November 1970." *Lancet* *i*: 1029-1036 (1972).
- 23 *Statistical year book of Bangladesh, 1979* (Bureau of Statistics, Government of People's Republic of Bangladesh, Dacca, 1979).
- 24 Stephenson, R.: *Personal communication*.
- 25 UNDR0: *Report of the United Nations disaster relief coordinator on the earthquake in Van Province, Turkey, November 24, 1976, report No. 003* (UNDR0, Geneva 1977).
- 26 Ville de Goyet, C. de; Cid, E. del; Romero, A.; Jeannee, E.; Lechat, M.: "Earthquake in Guatemala - epidemiological evaluation of the relief effort." *Bull. Pan. Am. Hlth Org.* 10: 95-109 (1976).