

# TEMPERATURAS EXTREMAS: IMPACTO EN SALUD

J Díaz(1), R García-Herrera(2) y C Linares(1)

(1) Universidad Autónoma de Madrid.

(2) Facultad de Ciencias Físicas. Universidad Complutense de Madrid.

## Relación entre la temperatura y la morbi-mortalidad

Es conocido que la morbi-mortalidad presenta una dinámica estacional caracterizada por la aparición de un máximo invernal y un pico estival de menor amplitud, aunque a veces más intenso desde el punto de vista de sus efectos en salud, que el propio exceso de morbi-mortalidad invernal (Mackenbach et al 1992, Alderson 1985). El resultado de numerosas investigaciones indica que la relación entre la temperatura y la morbi-mortalidad suele tener forma de "U" o de "V" con una temperatura de mínima incidencia que varía de unos lugares a otros (Kunst et al 1993, Sáez et al 1995, Ballester et al 1997, Alberdi et al 1998) y que depende, probablemente, de la adaptación de la población al rango de temperaturas a las se encuentra expuesta (Curreiro et al 2002, García-Herrera et al 2004).

La sobremortalidad invernal se explica principalmente por las enfermedades respiratorias y circulatorias, mientras que son éstas últimas las más relacionadas con el aumento de mortalidad estival (Alberdi y Díaz 1997).

Los grupos de más edad son los que más contribuyen a estos excesos de morbi-mortalidad (Alberdi et al 1998, Ballester et al 2003).

En cuanto a la distribución temporal, el efecto del calor ocurre a corto plazo (1-3 días), mientras que el del frío suele ocurrir entre una y dos semanas después del extremo térmico (Alberdi et al 1998, Braga et al 2001), lo que es coherente con los mecanismos biológicos que subyacen (Huynen et al 2001, Havenit 2002). A modo de ejemplo, en la fig.1 se muestra un diagrama de dispersión correspondiente a la mortalidad media diaria por todas las causas, excepto accidentes (CIE IX 1-799) registradas en la Comunidad de Madrid de 1986 a 1992, frente a la temperatura máxima diaria, con una tempe-

ratura máxima diaria de mínima mortalidad en 30,8 °C (Díaz y López 2003).

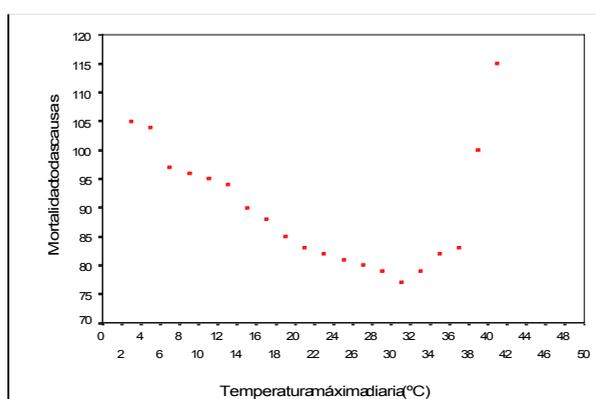
## Definición de ola de calor y de frío

Desde el punto de vista de los efectos en salud, no existe un criterio uniforme para la definición de ola de calor (W.H.O, 2004) y de frío. En el caso del calor algunos autores definen extremos mediante un umbral en función de la temperatura del aire tanto máxima como mínima o media diaria, de un día o varios; otros autores

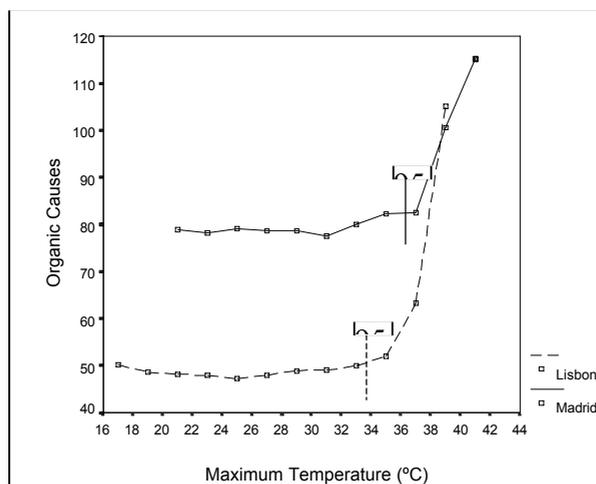
utilizan índices (temperatura aparente, etc.) que tienen en cuenta la humedad relativa del aire (Nakai et al 1997, Smoyer et al 1998, Jendritzky et al 2000) o las situaciones meteorológicas a escala sinóptica (Kalkstein 1991).

Diversos trabajos realizados recientemente en la Península Ibérica muestran la existencia de una temperatura máxima diaria a partir de la cual se observa un incremento acusado de la mortalidad. Para el caso de Madrid esta temperatura máxima diaria de "disparo de la mortalidad" es de 36,5 °C (Díaz et al 2002a), 41°C para Sevilla (Díaz et al 2002b), 33,5 °C para Lisboa (García-Herrera et al 2004) (figura 2) y 30,3 °C para Barcelona. En todos estos lugares esta temperatura coincide con el percentil 95 de las series de temperaturas máximas diarias durante el periodo de verano (junio-septiembre) desde 1991 a 2002. Puesto

que un solo día con temperatura superior a este valor de disparo ya tiene efecto significativo sobre la mortalidad, se propone definir como ola de calor aquel periodo en que la temperatura máxima diaria supere el percentil 95 de las series de temperaturas máximas diarias en el periodo junio-septiembre. La duración de la ola de calor vendrá marcada por el número de días consecutivos que se supere dicho umbral.



**Fig. 1** Diagrama de dispersión temperatura máxima diaria frente a mortalidad media diaria en Madrid de 1986 a 1992.



**Fig. 2** Temperatura de disparo de la mortalidad en Madrid y Lisboa. Se marca el percentil 95 de las series de temperaturas máximas diarias en el periodo junio-septiembre.

En el caso del frío se observa un comportamiento análogo al del calor pero agravado por el hecho de que el efecto del frío es mucho menos intenso y a más largo plazo, por lo que resulta más complicado establecer la relación causa-efecto (Braga et al 2001). No obstante, existe una temperatura máxima diaria por debajo de la cual se dispara la mortalidad. Para el caso de Madrid, esta temperatura máxima diaria, próxima a los 6 °C, coincide con el percentil 5 de las series de temperaturas máximas diarias durante el periodo invernal (noviembre-marzo) (Díaz et al 2004a).

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

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

Comprobada la asociación entre la temperatura máxima diaria y los excesos de mortalidad por frío y calor descritos anteriormente, se puede calcular, a partir de los registros de temperaturas de las estaciones meteorológicas de cada lugar, las diferentes temperaturas umbrales a partir de las cuales se producen los excesos de mortalidad. En las figuras 3 y 4 se muestran estos umbrales según diferentes capitales de provincia que permiten definir las olas de calor y frío respectivamente. En el caso del calor estos valores oscilan entre los 26,2 °C de A Coruña y los 41,2 °C de temperatura máxima diaria para Córdoba y en el del frío entre los 2,7 °C de máxima diaria en Ávila y los 15 °C de Alicante.

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

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

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

#### Calor

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

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

#### Frío

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

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

En las expresiones anteriores el sumatorio se extien-

de al periodo de tiempo que quiera caracterizarse a través del índice.

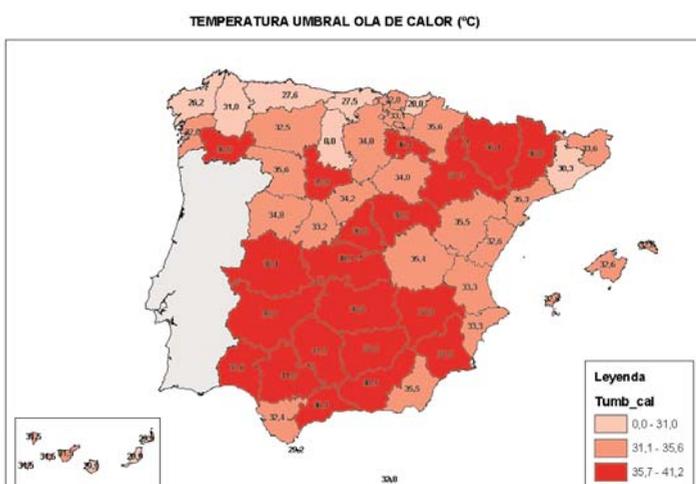


Fig. 3 Temperaturas umbrales de definición de ola de calor en función del percentil 95 de las series de temperaturas máximas diarias en el periodo junio-septiembre.

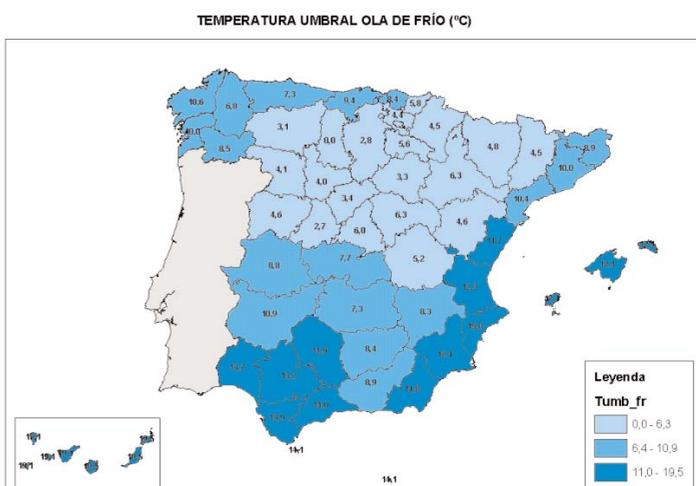


Fig. 4 Temperaturas umbrales de definición de ola de frío en función del percentil 5 de las series de temperaturas máximas diarias en el periodo noviembre-marzo.

### Impacto de los extremos térmicos

Es claro que los extremos térmicos asociados al cambio climático van a tener un efecto directo sobre la morbi-mortalidad. En el caso de las olas de calor este impacto se va a traducir en un aumento de la morbi-mortalidad asociada con estos eventos extremos (Díaz et al 2002a, Smoyer 1998). Ya que las previsiones apuntan hacia un aumento en intensidad y en frecuencia de aparición de las olas de calor, especialmente en los primeros meses del verano (Hulme et al 2002). A modo de ejemplo recordar que la ola de calor en Francia del 1 al 20 de agosto de 2003 provocó un exceso de mortalidad respecto al mismo periodo de años anteriores de 14800 personas. En Italia se estimó un incremento de 4175 defunciones en el grupo de mayores de 65 años entre el 15 de julio y el 15 de agosto. En Portugal ente el 31 de julio y el 12 de agosto se estimó un exceso de mortalidad respecto al año anterior de 1316 personas. En Gran Bretaña este incremento fue de 2045 personas entre el 4 y el 13 de agosto (Pirard

2003). En España, según datos no oficiales, se ha producido un exceso de mortalidad de más de 6000 personas respecto al mismo periodo del año anterior (WHO 2004, Martínez et al 2004).

**Modelos predictivos para la mortalidad en función de la temperatura**

Independientemente de los datos de este último verano, estudios realizados mediante análisis de series temporales de la mortalidad y su relación con la temperatura para el caso de diversas ciudades permiten cuantificar el impacto de los extremos térmicos por cada grado en el que la temperatura máxima diaria supera el umbral de cada una de ellas. Así se han realizado estudios para el caso de la mortalidad asociada a las olas de calor para las ciudades de Madrid (Díaz et al 2002a), Sevilla (Díaz et al 2002b) y Lisboa (García-Herrera et al 2004) A modo de ejemplo, en la siguiente tabla se muestra el porcentaje de incremento de la mortalidad en mayores de 65 años por diversas causas, por cada grado en el que la temperatura máxima diaria supera el umbral para Madrid de 36,5 °C.

Según estos modelos la ola de calor del verano de

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

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

La anterior definición del índice de intensidad de la ola de calor permite identificar las provincias de nuestro

INDICE DE INTENSIDAD DE LA OLA DE CALOR (julio - agosto de 2003)  
(dentro de la provincia aparece el número de días de superación de T° umbral)

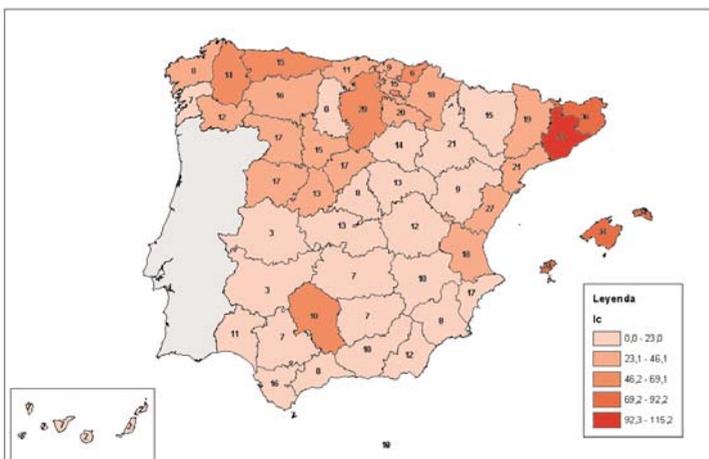


Fig. 5 Índice de intensidad de la ola de calor en el periodo julio-agosto 2003.

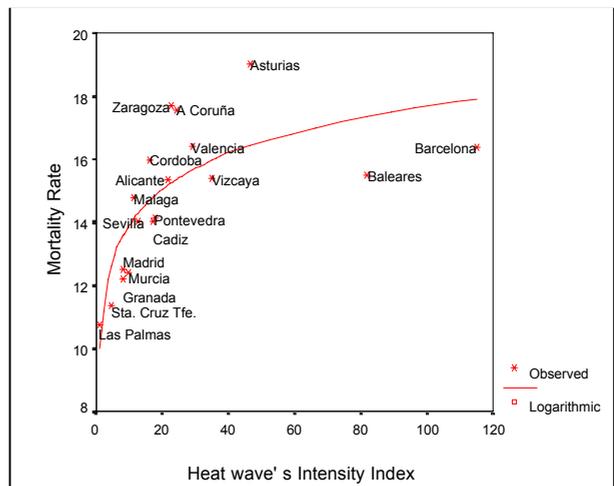


Fig. 6 Comportamiento del índice de intensidad de la ola de calor durante los meses de julio-agosto de 2003 frente a la tasa de mortalidad en provincias de más de 750.000 habitantes.

país donde ha sido mayor el impacto del calor sobre la mortalidad en el año 2003. En la fig. 5, se muestra según diferentes colores los valores de este índice. En ella se observa que, por regla general, ha sido en los lugares donde el calor es menos frecuente, donde se han alcanzado los valores más altos de este índice durante el verano. El comportamiento del índice de intensidad de la ola de calor frente a la tasa de mortalidad de las provincias españolas de más de 750.000 habitantes se muestra en la fig. 6 (Díaz et al 2004b) en el que su carácter logarítmico viene a indicar que pequeños incrementos del índice tienen un gran impacto sobre la mortalidad y que, debido en parte al efecto cosecha, existe un umbral a partir del cual el efecto se estabiliza.

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

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

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

Un estudio recientemente realizado para la ciudad de Lisboa (Dessai, 2003) evalúa, aunque con una incertidumbre importante, el posible incremento de la tasa bruta de mortalidad para los años 2020 y 2050. Para ello utiliza las predicciones de dos modelos climáticos regionales, así como diferentes hipótesis sobre aclimatación y evolución de la población. Según este trabajo el incremento de la tasa de mortalidad relacionada con calor habría sido de entre 5,4 y 6 por cada 100.000 habitantes en el periodo 1980-1998. Entre 5,8 y 15,1 para el horizonte de 2020 y de 7,3 a 35,6 para el de 2050.

Los autores agradecen al Ministerio de Sanidad y Consumo y a la RCESP (Red de Centros de Investigación Cooperativa en Epidemiología y Salud Pública) de la Universidad Autónoma de Madrid la financiación aportada para la realización de este estudio.

### Referencias

**Alberdi** JC, Díaz J (1997). Modelización de la mortalidad diaria en la Comunidad de Madrid 1986-1991. *Gaceta Sanitaria* 11:9-15.

**Alberdi** JC, Díaz J, Montero JC, Mirón IJ (1998). Daily mortality in Madrid community 1986-1992: Relationship with meteorological variables. *Europ Journ. of Epidemiology* 14:571-578.

**Alderson** MR (1985). Season and mortality. *Health Trends* 17:87-96.

**Ballester** F, Corella D, Pérez-Hoyos S, Sáez M, Hervás A (1997). Mortality as a function of temperature. A Study in Valencia, Spain 1991-1993. *International Journal Epidemiology*. 26:551-56.

**Ballester** F, Michelozzi P, Iñiguez C (2003). Weather, climate and public health. *Journal Epidemiology Community Health* 57:759-760.

**Braga** AL, Zanobetti A, Schwartz J (2001). The time course of weather-related deaths. *Epidemiology* 12:662-667.

**Curreiro** FC, Heiner KS, Samet JM, Zeger SL, Strug L, Patz JA (2002). Temperature and mortality in 11 cities of the Eastern of United States. *American Journal Epidemiology* 155:80-87.

**Dauids** RE, Knappenberg PC, Novicoff MM, Michaels PJ (2002). Decadal changes in heat-related human mortality in the Eastern United States. *Climate Research* 22:175-184.

**Dessai** S (2003). Heat stress and mortality in Lisbon. Part II: an assessment of the potential impacts of climate change. *International Journal of Biometeorology*. 48:37-44.

**Díaz** J, Jordán A, García R, López C, Alberdi JC, Hernández E, Otero A (2002a). Heat waves in Madrid 1986-1997: effects on the health of the elderly. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 75: 163-170.

**Díaz** J, García R, Velázquez de Castro F, Hernández E, López C, Otero A (2002b). Effects of extremely hot days on people older than 65 years in Seville (Spain) from 1986 to 1997. *International Journal of Biometeorology* 46:145-149.

**Díaz** J, López C. (2003). Health impact of thermal extremes in Iberia: analysis and trends. cCASH Workshop on Vulnerability to

Thermal Stresses, 5-7 may. Freiburg. Germany.

**Díaz** J, García R, Prieto L, López C, Linares C (2004a). Mortality impact of extreme winter temperatures. *International Journal of Biometeorology*. In Press.

**Díaz** J, García R, Trigo R, Linares C, Valente A, Hernández E (2004b). The impact of summer 2003 heat wave in Iberia: how should we measure it?. Submitted *Climate Research*.

**Eurowinter** Group, DonaldsonGC, Keatinge WR. (1997). Cold exposure and winter mortality from ischaemic heart disease, cerebrovascular disease, respiratory disease, and all causes in warm and cold regions of Europe. *Lancet* 349: 1341-1346.

**García-Herrera** R, Díaz J, Trigo RM, Hernández E, Dessai S (2004). Extreme summer temperatures in Iberia: health impacts and associated synoptic conditions. *International Journal of Climatology*. Submitted.

**Havenit** G (2002). Interaction of clothing and thermoregulation (review). *Exog Dermatology* 1:221-268.

**Hulme** M et al (2002). Climate change scenarios for the United Kingdom: the UKCIP02 scientific report. Norwich, Tyndall Centre for Climate Change Research, School of Environmental Sciences, University of East Anglia.

**Huynen** MM, Martens P, Scram D et al (2001). The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in Dutch population. *Environmental Health Perspectives*. 109: 463-470.

**Jendritzky** G, Staiger H, Bucher K, Graetz A, Laschewski, G (2000). The Percived Temperature. Internet workshorp on windchill. April 3-7, 2000.

**Kalkstein**, LS (1991). A New approach to evaluate the impact of climate on human health. *Environmental Health Perspectives* 96:145-150.

**Kunst** AE, Looman CWN, Mackenbach JP (1993). Outdoor air temperature and mortality in The Netherlands: a time series analysis. *American Journal Epidemiology* 137:331-341.

**Mackenbach** JP, Kunst AE, Looman CWN. (1992). Seasonal variation in mortality in The Netherlands. *Journal Epidemiology Community Health* 46:261-265.

**Martínez** F, Simón-Soria F, López-Abente G. (2004). Valoración del impacto de la ola de calor del verano de 2003 sobre la mortalidad. *Gaceta Sanitaria* 2004; 18:250-258.

**McGehehin** MA, Mirabelli M (2001). The potencial impacts of climate variability and change on temperature related morbidity and mortality in the United States. *Environmental Health Perspectives* 109 (suppl 2): 185-189.

**Nakai** S, Itoh T, Morimoto T (1999). Deaths from heat-stroke in Japan 1968-1994. *International Journal of Biometeorology* 43:124-127.

**Pirard** P (2003). Heat wave: a climatic deadly phenomena that can be prevented. *Enfermedades Emergentes* 5:145-146.

**Prieto** L, García R, Díaz J, Hernández E, Teso MT (2004). Minimum extreme temperatures over Peninsular Spain. *Journal of Planetary Climate*. En prensa.

**Sáez** M, Sunyer J, Castellsagué J, Murillo C, Antó JM (1995). Relationship between weather temperature and mortality: a time series analysis aproach in Barcelona. *International Journal of Epidemiology* 24:576-582.

**Smoyer** KE (1998). A comparative analysis of heat-wave associated mortality in St. Louis, Missouri - 1980 and 1995. *International Journal of Biometeorology* 42:44-50.

**W.H.O.** (2004). Heat-Waves: risks and responses. *Health and Global Environmental Change*. Series No.2.