

TEMPERATURAS EXTREMAS EN VERANO. IMPLICACIONES EN SALUD

EXTREME TEMPERATURES IN SUMMER TIME. HEALTH IMPLICATIONS

Julio Díaz Jiménez¹ y Cristina Linares Gil²

¹Escuela Nacional de Sanidad. Instituto de Salud Carlos III. ²Centro Nacional de Epidemiología. Instituto de Salud Carlos III.

RESUMEN

El incremento que se ha detectado en las temperaturas estivales en los últimos años, unido las tendencias que se esperan para el clima durante el próximo siglo, hacen prever un aumento en la frecuencia e intensidad de los eventos térmicos extremos, fundamentalmente olas de calor. La clara relación existente entre la temperatura y la mortalidad, hace necesaria una cuantificación para la caracterización de los efectos esperados de la temperatura sobre la mortalidad en las denominadas olas de calor.

En este trabajo se presenta una descripción del estado del conocimiento de este problema, haciendo especial referencia a la ola de calor que asoló Europa en el verano de 2003, de cómo se han caracterizado las olas de calor y en base a ello de cuáles son las características que han de tener los planes de alerta y prevención encaminados a minimizar los efectos del calor sobre la salud de la población.

PALABRAS CLAVE: Temperatura. Mortalidad. Olas de calor. Planes de prevención.

INTRODUCCIÓN

Estudios recientes¹ han demostrado que la temperatura durante el último milenio disminuyó en 0,4 °C. Sin embargo, en los últimos cien años la temperatura a nivel global ha ascendido el doble. De hecho, durante la última década se han registrado las temperaturas máximas más elevadas desde que se tienen registros instrumentales. Para el caso de Europa, el año 2003, ha sido recientemente calificado como el más cálido de los últimos 500 años² y el 2004³ el cuarto más cálido de la historia, lo que viene a corroborar los escenarios para el cambio climático previstos par el siglo XXI⁴. En nuestro país, según el Instituto Nacional de Meteorología (INM)⁵, si se toma como referencia la serie para todo el hemisferio norte, de 1961 a 1990, se han observado cambios en las tendencias superiores a las

ABSTRACT

The increment that has been detected in summer temperatures in the last years joined to the trends expected to climate for the next century provide an increase in frequency and intensity of the extreme climate events, basically in heat waves. The undoubted relationship between temperature and mortality makes necessary a quantifying in order to characterize the expected effects of temperature over mortality particularly in heat waves.

This study show a state-of-the-art review this problem, with a special emphasis in the heat wave that Europe suffered in summer of 2003 and how the heat waves has been characterized until now. Lastly, which are the characteristics that should have the preventive measures designed to minimized the effects of heat waves over population's health.

KEY WORDS: Temperature, mortality, heat waves, preventive measures.

de nuestro hemisferio. Para el caso de la zona cantábrica, la cuenca alta del Duero y del Ebro y el Pirineo vasco-aragonés, el incremento ha sido de 1,2 °C. En la vertiente atlántica el incremento ha sido de 1,3 °C y ha llegado a 1,4 °C para la vertiente mediterránea.

Las predicciones para los próximos años, utilizando modelos de circulación general (GCM), indican un incremento uniforme durante el siglo XXI, con una tendencia media de aumento de entre 0,4 °C y 0,7 °C /década en verano. La utilización de modelos regionales, como el PROMES, muestra que para el último tercio de siglo la temperatura aumentará entre 5 °C y 7 °C en verano respecto a los valores actuales, siendo este incremento más acusado en la costa que en el interior⁶, existiendo, además, una mayor amplitud

y frecuencia de días con temperaturas extremas en la Península en verano⁷.

ASOCIACIÓN ENTRE LA TEMPERATURA Y LA MORTALIDAD

Según estudios realizados la morbilidad-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 morbilidad-mortalidad invernal^{8,9}. El resultado de numerosas investigaciones indica que la relación entre la temperatura y la morbilidad-mortalidad suele tener forma de "U" o de "V", con una temperatura de mínima incidencia que varía de unos lugares a otros¹⁰⁻¹³ y que depende, probablemente, de la adaptación de la población al rango de temperaturas a las que se encuentra expuesta^{14,15}. 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 estival¹⁶. Los grupos de más edad son los que más contribuyen a estos excesos de morbilidad-mortalidad^{13,17}.

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^{13,18,19}, lo que es coherente con los mecanismos biológicos que subyacen^{20,21}. A modo de ejemplo indicar que la mortalidad media diaria por todas las causas, excepto accidentes, (CIE IX 1-799) registradas en la Comunidad de Madrid de 1986 a 1992, frente a la temperatura máxima diaria, presenta una relación en forma de "V" con una temperatura máxima diaria de mínima mortalidad en 30,8 °C²².

DEFINICIÓN DE OLA DE CALOR

Desde un punto de vista de los efectos en salud, no existe un criterio uniforme para la definición de ola de calor²³. Algunos autores definen estos 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^{24,25,26} o las situaciones meteorológicas a escala sinóptica²⁷.

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 °C²⁸, 41°C para Sevilla²⁹, 33,5 °C para Lisboa¹⁵ (figura I) 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 pro-

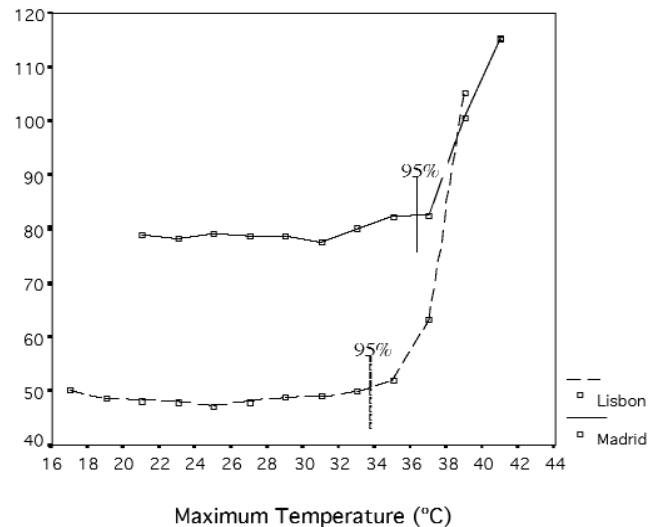


Figura I. Temperaturas umbrales de disparo de la mortalidad para las ciudades de Madrid y Lisboa.

pone 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.

DEFINICIÓN DE UN ÍNDICE PARA CARACTERIZAR UNA OLA DE CALOR.

Comprobada la asociación entre la temperatura máxima diaria y los excesos de mortalidad por calor descritos anteriormente, se puede calcular, a partir de los registros de temperaturas de las estaciones meteorológicas de cada lugar, las diferentes temperaturas umbrales a partir de las cuales se producen los excesos de mortalidad. En la figura II se muestran estos umbrales según diferentes capitales de provincia, que permiten definir las olas de calor. Estos valores oscilan entre los 26,2 °C de A Coruña y los 41,2 °C de temperatura máxima diaria para Córdoba. Estos diferentes umbrales fisiológicos de adaptación indican que la mínima mortalidad ocurre a temperaturas más elevadas en las regiones más

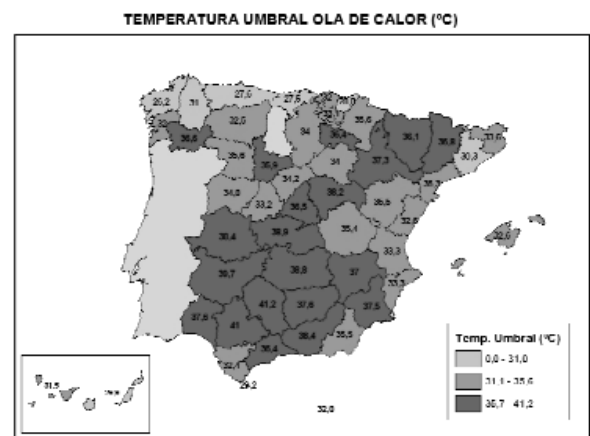


Figura II. Temperaturas umbrales de disparo de la mortalidad según capitales de provincia.

templadas¹⁴ con un mayor impacto del calor en las latitudes frías y un menor impacto en las más templadas³⁰.

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

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

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

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

MODELOS PARA CUANTIFICAR LOS IMPACTOS DE LAS OLA DE CALOR

En este trabajo se van a exponer algunos resultados obtenidos para diversos lugares de la Península. La metodología utilizada ha sido el análisis de series temporales, que permiten cuantificar el impacto de los extremos térmicos por cada grado en el que la temperatura máxima diaria supere el umbral de cada lugar. Así, se han realizado estudios para el caso de la mortalidad asociada a las olas de calor para las ciudades de Madrid²⁸, Sevilla²⁹ y Lisboa¹⁵. A modo de ejemplo, en la tabla I se muestra el incremento de la mortalidad en mayores de 65 años asociada a cada grado en el que la temperatura máxima supere la temperatura umbral para Madrid de 36,5 °C.

De estos estudios, y de los realizados hasta la fecha, y que aparecen recogidos en un excelente trabajo de Basu y Samet³¹, se han extraído una serie de características generales en cuanto al comportamiento de las olas de calor sobre la mortalidad. Así, se sabe que la influencia de la temperatura es decisiva en el aumento de la mortalidad en los eventos térmicos extremos, si bien existen otros factores como el aumento del ozono troposférico³² y el de las partículas en este tipo de situaciones que tienen clara influencia sobre la mortalidad^{33,34}. El efecto sobre la mortalidad suele producirse entre uno y dos días después del incremento de la temperatura. Normalmente las

patologías implicadas en esos excesos de mortalidad parecen ser las circulatorias y las respiratorias, siendo el denominado “golpe de calor” una de las patologías que menos influyen en la sobremortalidad estival³⁵. Otro factor de riesgo es la edad. Se ha observado que es en el grupo de mayores de 75 años donde este efecto es máximo y que éste es mayor en mujeres que en varones en éstos grupos. No obstante, otros estudios³⁶ indican que también se produce sobremortalidad en otros grupos de edad con un patrón de comportamiento diferente en cuanto a patologías y sexos.

LA OLA DE CALOR DE 2003

Es claro, desde el punto de vista de la salud pública, que la ola de calor de 2003 ha marcado un antes y un después en la percepción de los efectos que los extremos térmicos tienen sobre la mortalidad. En la tabla II se muestran las características y efectos que esta ola de calor tuvo sobre la mortalidad en Europa.

Para el caso de España, en el que se produjo un exceso de 6.500 muertos³⁷, la ola de calor se caracterizó por temperaturas más elevadas en los lugares donde el calor es menos frecuente y donde se alcanzaron los valores más altos del índice de ola de calor 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 muestra un carácter logarítmico³⁸, lo que viene a indicar que pequeños incrementos del índice tienen un gran impacto sobre la mortalidad y que debido en parte al efecto cosecha, existe un umbral a partir del cual el efecto se estabiliza.

FUTUROS ESCENARIOS Y ACTUACIONES

Es claro que los extremos térmicos asociados al cambio climático van a tener un efecto directo sobre la morbilidad-mortalidad. En el caso de las olas de calor este impacto se va a traducir en un aumento de la morbilidad-mortalidad asociada con los eventos extremos por calor³⁹, 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 verano⁴⁰. En esta línea, un estudio realizado para la ciudad de Lisboa⁴¹ 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

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

Causa 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

Tabla I. Efectos sobre la mortalidad y características de la ola de calor del verano de 2003 en Europa.

País	Número de muertos	Periodo de cálculo defunciones	Temperatura máxima en la ola de calor	Temperatura umbral de aumento de mortalidad
Francia	14.802	4-13 agosto	27 estaciones Tmáx. >40 °C	Tmáx. superior a 35 °C y Tmín. superior a 20 °C
España	6.500	1 junio al 31 agosto	19 estaciones Tmáx. >40 °C	Percentil 95 serie de Tmáx. verano
Portugal	2.099	30 julio al 15 agosto	Tmáx. de 45,4 °C en Beja	Tmáx. >32 °C
Italia	3.134	1 julio al 15 agosto	Tmáx. de 40 °C en Milán	Tmáx. aparente (T-humedad)>percentil 90 serie anual de Tmax aparentes
Inglaterra y Gales	2.139	4-13 de agosto	Tmáx. de 31,5 °C Preston-Londres-Bristol	Temperatura máxima superior a 25 °C
Suiza	975	Junio-agosto	Tmáx. de 41,5 °C Norte de los Alpes	Tmáx. superior a 35 °C y Tmín. superior a 20 °C
Holanda	1.400-2.200	Junio-agosto Máximo 1-15 agosto 500 defunciones	Tmáx. de 35 °C	Tmáx. media semanal superior
Alemania	7.000	Junio-septiembre	Tmáx. 40,4 °C Bavaria	T percibida

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.

La ola de calor 2003 ha sido el punto de arranque para la puesta en marcha en Europa de planes de prevención y alerta ante este tipo de eventos que hasta entonces eran prácticamente inexistentes⁴². Es evidente que son numerosos los factores que han de tenerse en cuenta en la articulación y puesta en marcha de estos planes. En primer lugar, son de gran importancia los factores meteorológicos a escala local a la hora de predecir la ocurrencia de un determinado extremo térmico. Así, por ejemplo, las situaciones sinópticas que produjeron la ola de calor en Madrid y Lisboa durante el verano de 2003 fueron diferentes en uno y otro lugar¹⁵. Puesto que parece que el grupo más afectado ante los extremos térmicos es el de mayores de 65 años, habrá que articular las medidas de adaptación en función de la población de cada lugar. Además influyen factores asociados al desarrollo económico y cultural que pueden condicionar el impacto de los extremos térmicos. Por ejemplo, y pese al aumento de emisiones de gases de efecto invernadero asociados, ha quedado clara la influencia de los aparatos de aire acondicionado en la mitigación de los efectos de las olas de calor¹⁴. Aunque la población envejecida es, sin lugar a dudas, el colectivo más afectado, existen otros grupos como personas con diversas patologías de base que pueden ver agravadas sus dolencias. La experiencia de 2003 nos ha enseñado que personas aparentemente sanas han fallecido por causa del calor al realizar prácticas tales como hacer deporte al aire libre en horas de gran calor. A lo anterior habría que añadir la necesidad de información a la población sobre medidas básicas a seguir ante extremos térmicos y la correcta forma-

ción y adecuación de los servicios sanitarios ante posibles aumentos de las patologías relacionadas con las olas de calor y frío. Se trata de articular sistemas de alerta *in situ* ante posibles extremos térmicos. Cada ciudad necesita desarrollar un sistema diferente basado en sus condiciones meteorológicas específicas, en la respuesta de su propia pirámide de población, de su infraestructura, del entramado social y de sus recursos hospitalarios.

BIBLIOGRAFÍA

1. Amman C y Wahl E. The Hockey Stick Controversy: New Analysis Reproduces Graph of Late 20th Century Temperature Rise. <http://www.ucar.edu/news/releases/2005/ammann.shtml>.
2. Luterbacher J, Dietrich D, Xoplaki E, Grosjean M y Wanner H. European Seasonal and annual temperature variability, trends and extremes since 1500. *Science* 2004; 303:1499-1503.
3. Jones PD y Palutikof J. Global temperature record. 2005. <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/info/warming/>
4. Stott PA, Stone DA y Allen MR. Human contribution to the European Heatwave of 2003. *Nature* 2004; 427:332-336.
5. Instituto Nacional de Meteorología. Aspectos climatológicos en relación con el exceso de temperatura. Verano 2005. http://www.inm.es/web/sup/ciencia/divulga/verano2005/asp_clim.pdf.
6. Moreno JM (Ed). Evaluación Preliminar General de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid (en prensa). <http://ecce.uclm.es>
7. Castro M de, Martín-Vide J, Alonso S. El clima de España: pasado, presente y escenarios de clima para el siglo XXI. En J.M. Moreno (Ed). Evaluación Preliminar General de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid (en prensa). <http://ecce.uclm.es>

8. Mackenbach JP, Kunst AE, Looman CWN. Seasonal variation in mortality in The Netherlands. *Journal Epidemiology Community Health* 1992; 46: 261-265.
9. Alderson MR. Season and mortality. *Health Trends* 1985; 17:87-96.
10. Kunst AE, Looman CWN, Mackenbach JP. Outdoor air temperature and mortality in The Netherlands: a time series analysis. *American Journal Epidemiology* . 1993; 137: 331-341.
11. Sáez M, Sunyer J, Castellsagué J, Murillo C, Antó JM. Relationship between weather temperature and mortality: a time series analysis approach in Barcelona. *International Journal of Epidemiology*. 1995; 24: 576-582.
12. Ballester F, Corella D, Pérez-Hoyos S, Sáez M, Hervás A. Mortality as a function of temperature. A study in Valencia, Spain 1991-1993. *International Journal Epidemiology*. 1997; 155: 80-87.
13. Alberdi JC, Díaz J, Montero JC, Mirón IJ. Daily mortality in Madrid community 1986-1992: Relationship with meteorological variables. *European Journal of Epidemiology* .1998;14: 571-578.
14. Curreiro FC, Heiner KS, Samet JM, Zeger SL, Strug L, Patz JA. Temperature and mortality in 11 cities of the Eastern of the United States. *American Journal Epidemiology*. 2002; 155: 80-87.
15. García R, Díaz J, Trigo RM, Hernández E, Dessai S. Extreme summer temperatures in Iberia: health impacts and associated synoptic conditions. *Annales Geophysicae*. 2005; 23:239-251.
16. Alberdi JC, Díaz J. Modelización de la mortalidad diaria en la Comunidad de Madrid 1986-1991.1997; *Gaceta Sanitaria* 11: 9-15.
17. Ballester F, Michelozzi P, Iñiguez C. Weather, climate and public health. *Journal Epidemiology Community Health*. 2003; 57: 759-760.
18. Braga AL, Zanobetti A, Schwartz J. The time course of weather-related deaths. *Epidemiology*. 2001; 12: 662-667.
19. Díaz J, García R, Prieto L, Linares C, López C. Mortality impact of extreme winter temperatures. *International Journal of Biometeorology*. 2005; 49: 179-18.
20. Huynen MM, Martens P, Scram D et al. The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in Dutch population. *Environmental Health Perspectives*. 2001; 109: 463-470.
21. Havenit G. Interaction of clothing and thermoregulation (review). *Exog Dermatology*. 2002; 1: 221-268.
22. Díaz J, López C. Health impact of thermal extremes in Iberia: analysis and trends. CASH Workshop on Vulnerability to Thermal Stresses, 5-7 may 2003. Freiburg. Germany.
23. World Health Organization. Heat waves: risks and responses. *Health and Global Environmental Change*. 2004. Series No.2.
24. Nakai S, Itoh T, Morimoto T. Deaths from heat-stroke in Japan 1968-1994. *International Journal of Biometeorology*. 1999; 43: 124-127.
25. Smoyer KE. A comparative analysis of heat-wave associated mortality in St. Louis, Missouri – 1980 and 1995. *International Journal of Biometeorology*. 1998; 42: 44-50.
26. Jendritzky G, Staiger H, Bucher K, Graetz A, Laschewski, G. The Perceived Temperature. Internet workshop on windchill. April 3-7.2000.
27. Kalkstein, LS. A New approach to evaluate the impact of climate on human health. *Environmental Health Perspectives*. 1991; 96: 145-150.
28. Díaz J, Jordán A, García R, López C, Alberdi JC, Hernández E, Otero A. Heat waves in Madrid 1986-1997: effects on the health of the elderly. *International Archives of Occupational and Environmental Health*. 2002;75: 163-170.
29. Díaz J, García R, Velázquez de Castro F, Hernández E, López C, Otero A. Effects of extremely hot days on people older than 65 years in Seville (Spain) from 1986 to 1997. *International Journal of Biometeorology*. 2002; 46: 145-151.
30. Davids RE, Knappenberg PC, Novicoff MM, Michaels PJ. Decadal changes in heat-related human mortality in 11 cities of the Eastern of the United States. *Climate Research* 2002; 22: 175-184.
31. Basu, R and Samet JM. Relation between elevated ambient temperature and mortality: a review of the epidemiological evidence. *Epidemiology Review* 2002; 24: 190-202.
32. Ordóñez C, Mathis H, Furger M, Henne S, Hüglin C, Staehelin J, Prévôt ASH. Changes of daily surface ozone maxima in Switzerland in al seasons from 1992 to 2002 and discussion of summer 2003. *Atm Chem Phys Discuss* 2004; 4: 7047-7088.
33. Sartor F, Snacken R, Demuth C, Walckiers D. Temperature, ambient ozone levels, and mortality during summer 1994 in Belgium. *Environmental Research* 1995; 70:105-113.
34. Díaz J, García R, Ribera P, Alberdi JC, Hernández E, Pajares MS, Otero A. Modeling of air pollution and its relationship with mortality and morbidity in Madrid, Spain. *International Archives Occupational Environmental Health*. 1999; 72:366-376.
35. Botelho J, Catarino J, Carreira M, Nogueira PJ, Caldo R, Paixao EJ et al . Onda de Calor de 2003 : o seus efeitos sobre a mortalidade de populacao portuguesa. *Direccao Geral de Saude*. Lisboa. Abril 2004.
36. Díaz J, García-Herrera R, Paredes D, Linares C. The effect of extreme temperatures on daily mortality in Madrid (Spain) for the 45-64 age group. 2005 *International Journal Biometeorology*. En Prensa.
37. Martínez F, Simón-Soria F, López-Abente G. Valoración del impacto de la ola de calor del verano de 2003 sobre la mortalidad. *Gaceta Sanitaria* 2004; 18:250-258.
38. Díaz J, García-Herrera R, Trigo RM, Linares C, Valente MA, De Miguel JM, Hernández E. The impact of summer 2003 Heat wave in Iberia: How should we measured it? *International Journal Biometeorology*. 2005. En Prensa.
39. Hulme et al. Climate Change scenarios for the United Kingdom: the UKCIPO2 scientific report . Norwixh, Tyndall Centre for Climate Change Research, School of Environmental Sciences, University of East Anglia. 2002.
40. McGeehin MA, Mirabelli M. The potential impacts of climate variability and change on temperature related morbidity and mortality in the United States. *Environmental Health Perspectives*. 2001; 109 (suppl 2): 185-189.
41. Dessai S. Heat stress and mortality in Lisbon. Part II: an assessment of the potential impacts of climate change. *International Journal of Biometeorology*. 2003; 48:37-49.
42. Pirard P. Heat wave: a climatic deadly phenomena that can be prevented. *Enfermedades Emergentes* 2003; 5: 145-146.