

# Temperaturas extremadamente elevadas y su impacto sobre la mortalidad diaria según diferentes grupos de edad

Cristina Linares<sup>a</sup> / Julio Díaz<sup>b</sup>

<sup>a</sup>PEAC. Centro Nacional de Epidemiología, Instituto de Salud Carlos III, Madrid, España;

<sup>b</sup>Escuela nacional de Sanidad, Instituto de Salud Carlos III, Madrid, España.

(Impact of heat waves on daily mortality in distinct age groups)

## Resumen

**Objetivos:** Establecer si la temperatura máxima diaria a partir de la cual aumenta la mortalidad en las olas de calor varía según los diferentes grupos de edad y cuantificar el aumento de esta mortalidad por grupos de edad.

**Métodos:** La variable dependiente es la mortalidad diaria por todas las causas, menos accidentes, ocurrida en Madrid desde 1986 hasta 1997. Los grupos de edad analizados han sido 0-10, 18-44, 45-64, 65-74 y > 75 años. Se ha trabajado con la temperatura máxima diaria de los meses de verano. Se ha controlado por tendencias y estacionalidades y por contaminación atmosférica. La metodología utilizada ha sido la modelización ARIMA y la regresión de Poisson.

**Resultados:** En todos los grupos de edad, excepto en el de menores de 10 años, hay una asociación entre el calor y la mortalidad. La temperatura a partir de la cual aumenta la mortalidad no cambia de un grupo de edad a otro y coincide con el percentil 95 de la serie de temperaturas máximas diarias de los meses de verano, que para Madrid es de 36,5 °C. Por otro lado, el incremento de la mortalidad por cada grado en que la temperatura máxima diaria supera ese umbral se mantiene prácticamente constante desde los 18 a los 64 años, y aumenta sensiblemente para los mayores de 65 años.

**Conclusiones:** Se constata la asociación entre la mortalidad y el calor en personas menores de 64 años, por lo que los planes de prevención no han de estar centrados exclusivamente en los grupos de mayor edad.

**Palabras clave:** Mortalidad. Temperatura umbral. Grupos de edad.

## Abstract

**Objectives:** To establish whether the daily maximum temperature during heat waves beyond which daily mortality increases differs in distinct age groups and to quantify the mortality increment by these age groups.

**Methods:** The dependent variable was daily mortality from all causes except for accidents in the city of Madrid from 1986 to 1997. The age groups analyzed were the following: 0-10 years, 18-44 years, 45-64 years, 65-74 years, and older than 75 years. Data on the daily maximum temperature in the summer months was used. Trend and seasonalities were adequately controlled for, as were air pollutant concentrations. Autoregressive moving average (ARIMA) and Poisson regression models were used.

**Results:** In all age groups except that aged less than 10 years old, there was an association between extremely high temperatures and mortality. Independently of age group, the temperature threshold above which mortality increased coincided with the 95th percentile of the maximum temperature data series for the summer months, which in Madrid is 36.5 °C. The daily mortality increment for each degree above this threshold was practically constant between the ages of 18 to 64 years but markedly increased in persons aged more than 65 years old.

**Conclusions:** Mortality is associated with high temperatures in people younger than 64 years old and therefore prevention plans should not be focused exclusively on the elderly.

**Key words:** Mortality. Threshold temperature. Age groups.

*Correspondencia:* Julio Díaz Jiménez.  
Escuela Nacional de Sanidad.  
Instituto de Salud Carlos III.  
Sinesio Delgado, 8. 28029 Madrid. España.  
Correo electrónico: julio.diaz@uam.es

*Recibido:* 26 de febrero de 2007.

*Aceptado:* 24 de mayo de 2007.

## Introducción

Según aparece en el último informe del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) del año 2007<sup>1</sup>, a escala mundial, el cambio climático, previsiblemente, llevará a cabo un aumento de la frecuencia e intensidad de las olas de calor. Estudios realizados en la península Ibérica, utilizando modelos regionales como el PROMES, muestran que para el último tercio de siglo la temperatura aumentará entre 5 y 7 °C en verano respecto a los valores actuales, in-

cremento más acusado en la costa que en el interior<sup>2</sup>; además, hay una mayor amplitud y frecuencia de días con temperaturas extremas en la Península Ibérica en verano. Por otro lado, este aumento en la frecuencia e intensidad de los eventos térmicos extremos se producirá, especialmente, en los primeros meses de verano<sup>3</sup>, cuando el efecto del calor sobre la mortalidad es más acusado<sup>4</sup>. Parece claro, por lo anteriormente citado, la necesidad de la articulación y adopción de planes de prevención que mitiguen en lo posible los efectos de las temperaturas extremadamente elevadas sobre la mortalidad. Estos planes de prevención han de basarse en trabajos que permitan identificar y cuantificar el impacto del calor sobre la mortalidad<sup>5</sup>.

En esta línea, numerosos trabajos han analizado la influencia de las temperaturas extremadamente cálidas sobre la mortalidad tanto en población general<sup>6,7</sup> como para el grupo de mayores de 65 años<sup>8,9</sup>. Si bien es cierto que la mayor mortalidad por calor se produce en el grupo de personas mayores de 65 años, por los mecanismos biológicos que subyacen<sup>10</sup>, también se ha detectado un aumento de mortalidad en días extremadamente cálidos en otros grupos de edad<sup>11</sup>, pero no se ha realizado un estudio en el que se comparen los resultados obtenidos para todos los grupos de edad. En este trabajo, por tanto, se trata de establecer si la temperatura máxima diaria a partir de la cual aumenta la mortalidad varía según los diferentes grupos de edad, así como de cuantificar el aumento de esta mortalidad según los diferentes grupos de edad.

## Material y métodos

Se ha trabajado con los datos de mortalidad diaria por todas las causas, menos accidentes (CIE 9 1-799) ocurridos en Madrid, durante el período 1986-1997, suministrados por la Consejería de Economía y Hacienda de la Comunidad de Madrid. Los grupos de edad analizados han sido: 0-10, 18-44, 45-64, 65-74 y > 75 años.

Los datos meteorológicos corresponden a los valores de temperaturas máximas diarias del observatorio de Madrid-Retiro. La utilización de la temperatura máxima diaria, en vez de la mínima o la media, se basa en que en otros estudios se ha establecido que esta temperatura es la que guarda una mayor relación con la mortalidad<sup>12</sup>. Otra variable meteorológica utilizada ha sido la humedad relativa a las 7.00, medida en este mismo observatorio.

También se han utilizado como variables de control las concentraciones medias diarias de los contaminantes atmosféricos químicos medidos en las 24 estaciones que constituyen la Red de Control de Contaminación Atmosférica del Ayuntamiento de Madrid. Los consi-

**Tabla 1. Estadísticos descriptivos de las variables utilizadas en el estudio**

	n	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
PST ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	4.381	12,5	195,0	43,6	19,5
SO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	4.381	6,0	401,0	52,0	43,2
O <sub>3</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	2.919	0,0	78,0	22,8	14,3
NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	2.920	26,0	172,0	72,4	21,7
NO <sub>x</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	2.918	44,0	688,0	189,5	97,4
T <sub>máx</sub> (°C)	4.383	0,4	40,9	19,9	8,7
T <sub>mín</sub> (°C)	4.383	-7,6	27,2	10,3	6,4
HR (%)	4.378	10,0	100,0	78,3	16,1
Mortalidad					
Todos los grupos de edad (años)	4.383	47,0	167,0	87,7	14,9
> 75	4.383	16,0	103,0	48,4	10,8
65-74	4.383	3,0	37,0	17,8	4,7
45-64	4.383	3,0	32,0	14,4	4,0
18-44	4.383	0,0	17,0	5,3	2,5
< 10	4.383	0,0	6,0	0,7	0,9

HR: humedad relativa; NO<sub>2</sub>: dióxido de nitrógeno; NO<sub>x</sub>: óxido de nitrógeno; O<sub>3</sub>: ozono troposférico; PST: partículas totales en suspensión; SO<sub>2</sub>: dióxido de azufre; T: temperatura.

derados en el estudio han sido: óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), partículas totales en suspensión (PST) y ozono troposférico (O<sub>3</sub>).

Las relaciones estadísticas significativas entre la variable dependiente (mortalidad diaria) y las independientes (temperatura, humedad relativa y contaminantes) se han efectuado por medio de las funciones de correlación cruzada (FCC), previo preblanqueo de las series, según la metodología de Box-Jenkins<sup>13</sup>.

El período considerado como «verano» corresponde a los meses de mayo a septiembre, ambos incluidos.

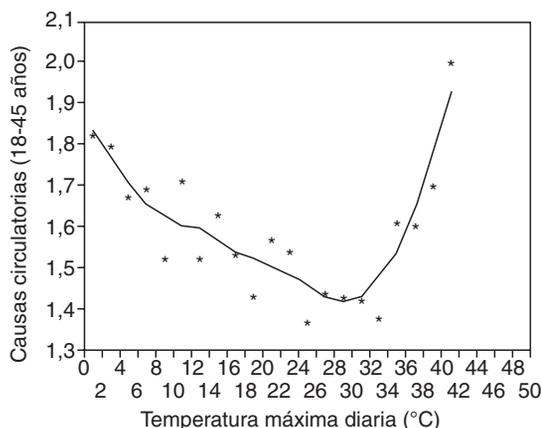
La metodología de análisis utilizada ha sido la de modelos ARIMA para los grupos de mayores de 65 años y modelos de regresión Poisson para el resto, debido al menor número de fallecimientos.

El número de retardos de las variables incluidas en los modelos ha sido el utilizado en este tipo de modelos en trabajos previos<sup>8,9</sup>.

Se han incluido las variables en los modelos según su nivel de significación estadística y de acuerdo a la minimización del criterio de información de Akaike<sup>14</sup>. De todos los modelos, se han seleccionado los que presentaban un mejor ajuste. Se han utilizado los valores de los residuos de Pearson para establecer la existencia de sobredispersión y correlaciones de los residuos por medio de las funciones de autocorrelación simple (ACF) y autocorrelación parcial (PACF)<sup>15</sup>.

Los resultados obtenidos por ambas metodologías (ARIMA y regresión de Poisson) son totalmente com-

**Figura 1. Diagrama de dispersión para la mortalidad por causas circulatorias en el grupo de 16-44 años.**



parables<sup>16</sup>. Los paquetes estadísticos utilizados han sido SPSS y S-PLUS.

El análisis realizado para el grupo de mayores de 65 años en Madrid<sup>8</sup> y en Sevilla<sup>9</sup> puso de manifiesto que se producía un fuerte incremento de la mortalidad cuando la temperatura superaba un determinado umbral. Esta temperatura de disparo coincidía con el percentil 95 de la serie de temperaturas máximas diarias de los meses de verano, que es de 36,5 °C para el caso de Madrid y de 41 °C para el de Sevilla. Este hecho ocurría también cuando se analizaba la mortalidad en población general en otras ciudades, como Lisboa<sup>7</sup> o Barcelona<sup>17</sup>. Otros trabajos, en vías de publicación, confirman este hecho para la inmensa mayoría de las capitales de provincia españolas.

Queda por establecer si esta temperatura umbral es la misma para los diferentes grupos de edad analizados.

## Resultados

En la tabla 1 se muestran los estadísticos descriptivos correspondientes a las variables utilizadas en el estudio.

Los resultados obtenidos muestran que el grupo de menores de 10 años, para el caso de la ciudad de Madrid, no muestra ninguna temperatura de disparo de la mortalidad por calor<sup>12</sup>. Pero para los grupos de 18-44 y 45-64 años<sup>11</sup>, la temperatura de disparo de la mortalidad por calor es la misma que para el de mayores de 65 años, es decir, 36,5 °C. En la figura 1, a modo de ejemplo, se muestra el diagrama de dispersión correspondiente al grupo de 18-44 años.

Una vez corroborado ese aspecto, queda por establecer si el comportamiento de la mortalidad desde un

punto de vista cualitativo es similar en los grupos de edad en los que se establece dicha asociación. En los grupos de edad de mayores de 65 años esta relación se establecía a través de las FCC a corto plazo, es decir, en los retrasos 1 y 2, lo que indica que 1-2 días después de superarse el umbral de definición de temperatura extrema se produce un «pico» de mortalidad. Similares resultados se encuentran en los grupos de edad de 18-44 y 45-64 años.

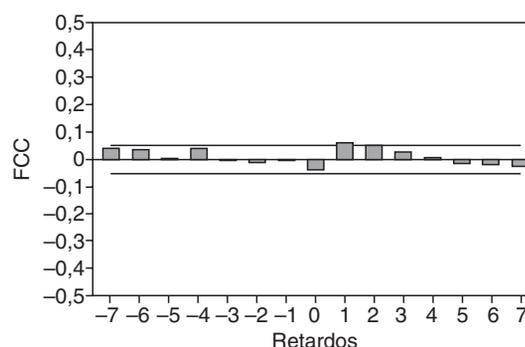
En la figura 2 se muestra la FCC para el grupo de 45-64 años, y se observa el efecto a corto plazo del calor, al igual que ocurría en el de mayores de 65-74 años y mayores de 75 años.

Una vez establecida la homogeneidad en cuanto a la temperatura de disparo y a los retrasos en los que se establece la asociación entre la temperatura y la mortalidad para los diferentes grupos de edad, queda por cuantificar la magnitud del impacto.

Como ya se indicó en el apartado de metodología, para el caso de los grupos de 65-74 años y mayores de 75 años, la metodología utilizada fue la modelización ARIMA, mientras que para los restantes grupos se realizaron modelos de regresión de Poisson, por ser ésta la distribución de mejor ajuste. Para el caso del grupo de 65-74 años, el porcentaje de incremento de la mortalidad por cada grado en el que la temperatura supera los 36,5 °C es de un 18,3%, mientras que para el caso de los mayores de 75 años este porcentaje, para la modelización por ambos sexos, es de un 20,1%.

La modelización de Poisson aplicada a los grupos de edad de 45-64 años indica la existencia de un riesgo atribuible del 11,5% por cada grado en que la temperatura máxima diaria supera los 36,5 °C, mientras que para el caso del grupo de 18-44 años este riesgo atribuible es del 13,1%. En la tabla 2 se muestra el incremento de la mortalidad, en porcentaje, por cada grado en que la temperatura máxima diaria supera los 36,5 °C.

**Figura 2. Función de correlación cruzada (FCC) para el grupo de 45-64 años y mortalidad por todas las causas en verano.**



**Tabla 2. Efecto (%) según los diferentes grupos de edad (años) por cada grado en que la temperatura máxima diaria supera los 36,5 °C**

	< 10	18-44	45-64	65-74	> 75
Efecto (%)	Sin efecto	13,1	11,5	18,3	20,1

Independientemente del efecto de la temperatura, cabe destacar el efecto que ejerce el ozono troposférico en los grupos de menores de 65 años, con riesgos atribuibles del 6,4% para el caso del grupo de 45-64 años y del 14,8% en el de 18-44 años. Por el contrario, para el caso de los grupos de mayores de 65 años, el efecto de los contaminantes atmosféricos sobre la mortalidad está motivado fundamentalmente por los de tipo primario, como PST y SO<sub>2</sub>.

## Discusión

Los resultados obtenidos en este trabajo ponen de manifiesto la existencia de una temperatura de disparo de la mortalidad atribuible al calor, que coincide con el percentil 95 de las series de temperatura máxima diaria de los meses de verano. Esta temperatura varía de un lugar a otro, e indica que cada persona está acostumbrada a vivir en un rango de temperaturas máximas diarias que está por debajo de este percentil 95 para el caso del calor. Este hecho se ha comprobado en la práctica totalidad de las capitales de provincia de España y ratifica la importancia de la aclimatación de los individuos a las condiciones locales en las que vive<sup>18,19</sup>. Por tanto, el establecimiento de umbrales de alerta de prevención ante temperaturas extremas u olas de calor debe establecerse en función de su efecto sobre la mortalidad, que es lo que se quiere evitar fundamentalmente. La utilización de la temperatura mínima como indicador para marcar el umbral de alerta de disparo de la mortalidad por temperaturas elevadas, desde nuestro punto de vista, no está justificado, ya que una temperatura mínima elevada puede producir malestar, pero no es capaz de desencadenar los mecanismos biológicos implicados en la mortalidad por temperaturas elevadas<sup>10</sup>. Otro hecho destacable es que no hay asociación entre mortalidad por calor en el grupo de menores de 10 años. Fundamentalmente, la mortalidad por calor está relacionada con un mal funcionamiento en la circulación periférica, provocada en gran parte por unas arterias esclerosadas y por falta de sudoración<sup>20</sup>; estas circunstancias no se dan en los niños y, por tanto, su adaptación al calor es mejor que el de las personas mayores.

Los tiempos de retraso entre los picos de calor y los incrementos de mortalidad también son consistentes con

el proceso biológico de estrés homeostático que conduce a la mortalidad asociada a las altas temperaturas. Fundamentalmente, las causas circulatorias son las que presentan un mayor incremento con la mortalidad por calor frente a las respiratorias<sup>21</sup>, y los tiempos de respuesta para la mortalidad en relación con la temperatura son los aquí encontrados para estas afecciones, y ese comportamiento no cambia según los diferentes grupos de edad. La mortalidad por causas circulatorias es a corto plazo, mientras que la mortalidad por causas respiratorias se encuentra retrasada 7 días respecto a ésta<sup>22</sup>.

Otro hecho destacable es la asociación con la mortalidad por calor en grupos en los que tradicionalmente no se consideran población diana, es decir, los menores de 65 años. Hay otras afecciones relacionadas con la mortalidad por calor y otros grupos de riesgo que también son susceptibles a las altas temperaturas. Así, por ejemplo, el denominado «golpe de calor» suele afectar a personas que están realizando un importante esfuerzo físico a temperaturas elevadas, y esto suele ocurrir en grupos de menores de 65 años. También las personas que ya presentan enfermedades circulatorias previas, alcohólicas, obesas, o las que están en tratamiento psiquiátrico, se pueden ver afectadas por las temperaturas extremadamente cálidas, afecciones que no son exclusivas de los ancianos.

Es indudable que el factor edad influye en la relación mortalidad-temperatura, lo que queda confirmado en los modelos realizados. El impacto es mucho mayor (prácticamente el doble) en el grupo de mayores de 75 años que en el de 45-64 años. La principal causa de este hecho, además de lo anteriormente expuesto, estriba en la alta esperanza de vida de la población de nuestro país, superior a los 80 años para el caso de las mujeres. El estudio realizado para la mortalidad en el grupo de mayores de 65 años para la ciudad de Madrid<sup>8</sup> indica que el grupo de mujeres mayores de 75 años es el que mayor porcentaje de mortalidad presenta por altas temperaturas, y la mortalidad por accidente cerebrovascular agudo es la más frecuente<sup>23</sup>.

Por último, queremos destacar el importante papel que desempeña el ozono en la mortalidad en los grupos de menor edad. La asociación entre el ozono con las altas temperaturas y la mortalidad ha quedado claramente demostrada en los trabajos realizados en Bélgica<sup>24</sup> y en nuestro país, concretamente en Barcelona<sup>25</sup>. Como se sabe, el ozono es un contaminante secundario que suele afectar principalmente a las personas que realizan ejercicio físico al aire libre en verano, lo que justificaría su mayor importancia en los grupos de edad más «jóvenes». Por otro lado, el efecto sinérgico entre contaminantes primarios y temperaturas elevadas sería la causa por la que se detecta esta asociación en el grupo de personas mayores de 65 años<sup>26</sup>.

Como conclusión, cabe destacar la necesidad de que la implementación de las medidas de prevención ante las altas temperaturas no vaya dirigida exclusivamente a los grupos de mayores de 65 años. Si bien éstos constituyen los grupos en que el impacto del calor es mayor, es preciso indicar que prácticamente toda la población puede verse afectada por las temperaturas extremadamente elevadas.

#### Bibliografía

1. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climatic Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Genève: IPCC Secretariat; 2007.
2. Moreno JM, Aguiló E, Alonso S, Álvarez M, Anadón R, Ballester F, et al. Evaluación preliminar de los impactos del cambio climático en España. Madrid: Moreno Ed.; 2005.
3. Ballester F, Díaz J, Moreno JM. Cambio climático y salud pública: escenarios después de la entrada del Protocolo de Kioto. *Gac Sanit.* 2006;20 Supl 1:160-74.
4. Díaz J, Linares C, López C, García Herrera R, Montero JC. Salud ambiental, temperaturas extremas y mortalidad: el caso de España en el verano de 2003. *Rev Inter Gest Amb.* 2004; 70:13-29.
5. Díaz J, Linares C, García-Herrera R. Impacto de las temperaturas extremas en la salud pública: futuras actuaciones. *Rev Esp Salud Pública.* 2005;79:145-57.
6. Basu R, Samet JM. Relation between elevated ambient temperature and mortality: a review of the epidemiological evidence. *Epidemiol Rev.* 2002; 24:190-202.
7. García-Herrera R, Díaz J, Trigo RM, Hernández E. Extreme summer temperatures in Iberia: health impacts and associated synoptic conditions. *Ann Geophys.* 2005;23:239-51.
8. 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. *Int Arch Occup Environ Health.* 2002;75:163-70.
9. 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. *Int J Biometeorol.* 2002;46:145-9.
10. Havenit G. Interaction of clothing and thermoregulation. *Exog Dermatology.* 2002;1:221-68.
11. Díaz J, Linares C, Tobías A. The effect of extreme temperatures on daily mortality in Madrid (Spain) for the 45-64 age group. *Int J Biometeorol.* 2006;50:342-8.
12. Díaz J, Linares C, López C, García-Herrera R. Relationship between environmental factors and infant mortality in Madrid, 1986-1997. *J Occup Environm Med.* 2004;46:768-74.
13. Box GE, Jenkins GM, Reinsel C. Time series analysis. Forecasting and control. Englewood: Prentice Hall; 1994.
14. Akaike H. A new look at statistical model identification. *IEEE T Automat Contr.* 1974;9:716-722.
15. Schwartz J, Spix C, Touloumi G. Methodological issues in studies of air pollution and daily counts of deaths or hospital admissions. *J Epidemiol Community Health.* 1996;50 Suppl 1:3-11.
16. Tobías A, Díaz J, Sáez M, Alberdi JC. Use of Poisson regression and Box Jenkins models to evaluate the short-term effects of environmental noise levels on health in Madrid, Spain. *Eur J Epidemiol.* 2001;17:765-71.
17. Tobías A, Linares C, Díaz J. Short term effects of the summer 2003 heatwave on mortality in Barcelona, Spain. *Int J Epidemiol.* En prensa 2007.
18. Khaw KT. Temperature and cardiovascular mortality. *Lancet.* 1995;345:337-8.
19. Curriero FC, Heiner KS, Samet JM, Zeger SL, Patz JA. Temperature mortality in 11 cities of the Eastern of the United States. *Am J Epidemiol.* 2002;155:80-7.
20. Havenit G. Temperature regulation and technology. *Geron-tech.* 2001;1:41-9.
21. Alberdi JC, Díaz J, Montero JC, Mirón IJ. Daily mortality in Madrid Community (Spain) 1986-1991: relationship with atmospheric variables. *Eur J Epidemiol.* 1997;14:571-8.
22. Alberdi JC, Díaz J. Modelización de la mortalidad diaria en la Comunidad de Madrid. *Gac Sanit.* 1997;11:9-15.
23. Wen-Harn P, Luang-An L, Min-Jan T. Temperature extremes and mortality from coronary heart disease and cerebral infarction in elderly Chinese. *Lancet.* 1995;345:353-5.
24. Sartor F, Snacken R, Demuth C. Temperature ambient, ozone levels and mortality during summer 1994 in Belgium. *Environ Res.* 1995;70:105-13.
25. Sunyer J, Castellsagué J, Sáez M, Tobias A, Antó JM. Air pollution and mortality in Barcelona. *J Epidemiol Comm Health.* 1996; 50:Suppl 1:76-80.
26. Katsouyanni K, Pantazopulu A, Touloumi G. Evidence for interaction between air pollution and high temperature in the causation of excess mortality. *Arch Environ Health.* 1993;48: 235-42.