

DURACIÓN DE LA SECUENCIA COMO UNIDAD TEMPORAL BÁSICA PARA EL ANÁLISIS DE LOS ANTECEDENTES SINÓPTICOS QUE REPERCUTEN EN EL EXCESO DE MORTALIDAD POR FRÍO/CALOR EN CATALUÑA

Juan Carlos Peña^{* **}, José Miguel Raso^{*}, Nuria Pérez-Zanón^{**} y Montserrat Aran^{**}

RESUMEN

El análisis de las series de temperatura y mortalidad registradas en Cataluña durante el período 1990-2006 nos ha permitido establecer el desfase de los efectos de los episodios térmicos extremos sobre la mortalidad. El objetivo es definir la duración de la secuencia como unidad temporal básica para el análisis de los antecedentes sinópticos que repercuten en el exceso de mortalidad por frío/calor en Cataluña. Este retardo se ha determinado a partir de un análisis de la Función de Correlación Cruzada aplicada a los residuales obtenidos de la modelización de ambas series a través de un modelo ARIMA.

Palabras clave: Cataluña, Función de Correlación Cruzada, modelo ARIMA, mortalidad, secuencia, temperatura.

Definition of the sequence as temporary basic unit for the analysis of the synoptic background affecting the mortality excess by cool / heat in Catalonia

ABSTRACT

The analysis of the series of temperature and mortality recorded in Catalonia during the period 1990-2006 allows establishing the lag of the effects of the thermal extreme episodes on mortality. The aim is to define the length of the sequence as basic time unit for the analysis of the synoptic background affecting the mortality excess by cool / heat in Catalonia. This lag is determined by an analysis of the Cross-Correlation Function applied to the residuals obtained from modeling of both series by an ARIMA model.

Keywords: ARIMA model, Catalonia, Cross-Correlation Function, mortality, sequence, temperature.

1. INTRODUCCIÓN

La incidencia del tiempo atmosférico y el clima en la salud humana ha adquirido en los últimos decenios una mayor atención que en tiempos precedentes y ha llegado a constituir un motivo de preocupación no solo entre los profesionales de la sanidad, sino también entre expertos de diversa formación, particularmente los interesados en el estudio del tiempo y el clima, originada por la atención que suscita en los medios de comunicación social. El origen

Fecha de recepción: 27 de abril de 2012.

Fecha de aceptación: 9 de julio de 2012.

^{*} Grupo de Climatología. Universidad de Barcelona. C/ Montalegre, 6. 08001 Barcelona (España). E-mail: jpena@meteo.cat, raso@ub.edu

^{**} Servei Meteorològic de Catalunya. C/ Berlín, 38-46. 08029 Barcelona (España).

de este interés creciente en los últimos años no es ajeno a las manifestaciones de alarma ante los pronósticos de un cambio climático que la comunidad científica ha acabado por aceptar (Baccini, *et al.*, 2008; Basu, 2009; Gosling, McGregor y Lowe, 2009; Zanobetti y Schwartz, 2008). Aun cuando los estudios científicos existentes abundan en la previsión de un significativo calentamiento del planeta durante el futuro más próximo y a lo largo del presente siglo (Luber y McGeehin, 2008), y proliferen los trabajos dedicados a analizar los impactos provocados por el calor, no son pocos los estudios que se ocupan también de los efectos causados por las temperaturas extremadamente frías (Analitis, *et al.*, 2008; Bhaskaran, *et al.*, 2009; Díaz, Linares y Tobías, 2006; Hajat, Kovats y Lachowycy, 2007). Aunque, sin duda, los estudios publicados sobre los efectos de las temperaturas extremadamente altas sobre la salud acaparen la atención preferente por parte de quienes tratan de definir los posibles efectos del tiempo y el clima en la salud, no debe olvidarse que, igualmente, los episodios atmosféricos extremadamente fríos pueden provocar daños graves en el organismo humano, de manera que las tasas de mortalidad más elevadas, sobre todo entre personas de avanzada edad, suelen registrarse en invierno (Healy, 2003; Keatinge y Donaldson, 2004; Van Rossum, *et al.*, 2001).

La mayoría de los estudios disponibles consisten esencialmente en el establecimiento de las relaciones potenciales entre series diarias de temperaturas y de mortalidad o de ingresos hospitalarios. Se ha observado que los efectos de los episodios atmosféricos extremos sobre el organismo humano no siempre se manifiestan de manera inmediata, sino que existe un cierto retardo en la respuesta. El presente trabajo aborda esta problemática, formulando el cálculo del desfase que existe entre la causa, el episodio de temperatura extrema, y el efecto, el exceso de mortalidad por frío/calor. Este retardo se determina a partir de una estructura metodológica basada en un análisis de las señales temporales en el dominio del tiempo, concretamente la Función de Correlación Cruzada (FCC). El desfase temporal establecido entre el exceso de mortalidad y los extremos térmicos se ha usado para determinar la duración de la secuencia, y se ha utilizado en análisis posteriores como la unidad temporal básica para examinar las condiciones sinópticas que explican el incremento de mortalidad por calor en Cataluña (Peña *et al.*, 2012).

Los métodos de análisis aplicados a series temporales con la finalidad de determinar ciclicidades o el grado de relación entre ellas se pueden dividir en dos clases: los métodos en el dominio de la frecuencia y los métodos en el dominio del tiempo. Los primeros incluyen, tanto para las señales individuales como para la comparación de dos series temporales, el análisis espectral y, más recientemente, el análisis *wavelet*; los segundos comprenden el examen de auto-correlación (para series individuales) y la FCC (para relacionar dos señales temporales). En el procesamiento de señales dependientes del tiempo, la FCC es una medida de la similitud de dos formas de onda definida por una función de correlación aplicando una serie de desfases temporales (*lag*) a una de ellas. La finalidad del análisis es determinar ciclicidades comunes y averiguar los efectos retardados/adelantados entre las variables objeto del análisis. La gran desventaja de este tipo de análisis es, en primer lugar, la difícil interpretación de los componentes de las frecuencias compartidas, y, en segundo lugar, los algoritmos de cálculo implican una gran cantidad de cálculos en relación a cada tiempo de desplazamiento. Este tipo de análisis se ha incluido ampliamente en estudios para determinar el desfase temporal entre los excesos de mortalidad y diversas variables medioambientales, que entre muchos otros, se destacan los siguientes: con la polución atmosférica (Thurston *et al.*, 1989; Derriennic *et al.*, 1989; Schwartz y Marcus, 1990; Kinney y Örkaynak, 1991; Ito *et al.*, 1993; Alberdi *et al.*, 1998a; Campbell *et al.*, 2000), la presión atmosférica (González *et al.*, 2001) y la temperatura (Lippmann e Ito,

1995; Pajares *et al.*, 1996; Alberdi *et al.*, 1998b; Lanska, 1999; Díaz *et al.*, 2002; Díaz, Linares y Tobías, 2006; Hu *et al.*, 2008).

2. DATOS Y MÉTODOS

La serie de mortalidad analizada está constituida por el número de muertes diarias registradas entre residentes e inscritos, de ambos sexos y mayores de 65 años, en la ciudad de Barcelona desde enero de 1990 hasta diciembre de 2006. Estos datos se obtuvieron a través del Registro de Mortalidad, facilitados por el *Servei d'Informació i Estudis del Departament de Salut* de la *Generalitat de Catalunya*. Debido al distinto comportamiento de la mortalidad con respecto al frío y al calor, y con el fin de evitar el posible solapamiento entre los dos efectos que enmascararía la posible relación, se escogieron, por un lado, los meses de diciembre a febrero de cada año para el análisis de las bajas temperaturas, y por otro, los meses de junio a agosto para las altas temperaturas. Para el análisis correspondiente a los meses invernales únicamente se considerará la temperatura mínima diaria, sin duda la más impactante en el organismo humano. En cambio, en los cálculos relativos a los meses más cálidos se tendrá en cuenta tanto la temperatura máxima como la mínima diaria. Se ha de tener en cuenta que un escaso descenso de los valores térmicos durante las noches de la época más cálida del año, susceptible de ser reflejado por la temperatura mínima diaria, puede resultar tan agresivo o más que los mayores ascensos termométricos alcanzados durante el día, debido básicamente a una falta de recuperación del organismo (Raso, 2002).

Las series termométricas utilizadas, temperaturas máximas y mínimas diarias, proceden de los registros realizados en el observatorio Fabra. Este observatorio se encuentra ubicado en la vertiente sur de la sierra de Collserola en el municipio del Barcelonès y a 412 m. sobre el nivel de mar, con una ubicación privilegiada desde el que se contempla la ciudad de Barcelona. Ha estado elegido, entre muchos otros, por la plena fiabilidad y homogeneidad de los datos procedentes de su estación meteorológica.

Para determinar el desfase temporal entre el exceso de mortalidad y los extremos térmicos, se ha establecido la FCC entre los residuales obtenidos de la modelización de las series de temperatura y de mortalidad diaria a partir de un modelo ARIMA de parámetros (p,q,m). La aplicación del modelo se realiza, por una parte, para eliminar la influencia que podría tener un posible comportamiento estacional sobre la correlación entre las series temporales. Por otra parte, la auto-correlación de las series estacionarias hace necesaria la modelización previa a través de modelos estocásticos. Estos modelos constan, fundamentalmente, de una parte autorregresiva (AR) que tiene en cuenta la componente histórica de las series a corto plazo y una de media móvil (MA) que da cuenta de la componente aleatoria que subyace en las series. Para determinar los parámetros de las componentes AR(p) y MA(m), se ha utilizado las funciones de auto-correlación simple (ACF) y auto-correlación parcial (PACF). Para llevar a cabo este complejo proceso de modelización, se ha aplicado la metodología Box-Jenkins a través del módulo de Predicción Temporal instalado en el paquete estadístico SPSS. Tras la modelización, se obtienen unos residuos con estructura de ruido blanco sobre los que se aplica la FCC. De esta manera, se consigue establecer una asociación entre las series eliminando los factores estacionales comunes (Pajares *et al.*, 1997). Es necesario señalar que el desfase temporal para el cálculo de la FCC se ha aplicado a las series de temperatura, dado que el fin del estudio es evaluar como inciden los antecedentes térmicos sobre la mortalidad. Esta circunstancia apunta que serán los desfases temporales negativos ($lag < 0$ días) y significativos (por encima del nivel de alarma

del 95%) los que han de definir el desajuste temporal observado entre los extremos térmicos y el exceso de mortalidad.

3. RESULTADOS

El modelo ARIMA (p,q,m) que mejor ajusta la temperatura máxima diaria para los meses de verano resultó ser un (2,0,4). Esta misma parametrización del modelo se ha aplicado a la mortalidad estival diaria para la ciudad de Barcelona en relación a los valores térmicos máximos diarios. Idéntico proceso se ha realizado para las temperaturas mínimas estivales con un modelo resultante de parámetros (1,0,2). Esta parametrización se ha aplicado a la modelización de la mortalidad diaria de los meses de verano relacionada con la temperatura mínima diaria. Si se aplica la metodología a las series invernales, el modelo resultante es (3,0,7) para la temperatura mínima diaria. Exacta parametrización se ha aplicado a la modelización de la mortalidad diaria de los meses de invierno. A partir de los diferentes modelos (seis en total), se obtienen los correspondientes residuales para cada una de las variables, en los que por el preblanqueo se han eliminado la auto-correlación y las componentes cíclicas inherentes a las series. Será entre estos residuos de mortalidad y temperatura para los que se calculen las FCC.

Si nos centramos en la FCC que relaciona los residuos de la mortalidad total y la temperatura máxima para los meses estivales (Figura 1), se observa que existe una asociación estadísticamente significativa entre los retrasos -3 y 0, siendo ésta máxima en los desfases -2 y -1. Además los coeficientes de correlación entre las dos series toman signo positivo indicando que un aumento de la temperatura conlleva a un aumento de la mortalidad. De esta manera, el resultado revela que las defunciones por calor en los meses de verano en la ciudad de Barcelona están influenciadas por los antecedentes térmicos, en concreto de los tres días anteriores. Asimismo, el resultado indica una cierta inmediatez en la respuesta de la variable mortalidad a la variable térmica. A partir del *lag* +1, los coeficientes de correlación decaen bruscamente e incluso son negativos, indicando probablemente que un aumento de la temperatura comporta una disminución en las defunciones debido a que, entre otras razones, la sociedad ha activado las medidas correctoras para combatir el riesgo.

Una estructura parecida emerge en la FCC correspondiente a los residuos de mortalidad total y la temperatura mínima para los meses de verano (Figura 2). La relación entre ambas variables es estadísticamente más robusta que la observada con la temperatura máxima, con unos coeficientes de correlación significativos por encima de +0,15, indicando estos coeficientes positivos, al igual que en el análisis anterior, que una temperatura más elevada conlleva un aumento en la mortalidad. El resultado aparece mucho más compacto, siendo los *lag* -1 y 0 los que muestran una significación más elevada, manifestando de nuevo la inmediatez en la respuesta entre ambas variables, tal como se manifestaba en el análisis de la temperatura máxima. La diferencia radica en que se observa una persistencia en la incidencia de las mínimas estivales sobre la mortalidad. De esta manera, se reconocen desfases temporales significativos a partir del *lag* -6, iniciando una larga secuencia de siete días con coeficientes de correlación positivos. La explicación biológica parece evidente. La proximidad de la ciudad de Barcelona al mar conlleva unos altos niveles de humedad ambiental, impidiendo que en algunos episodios de calor no se produzca el receso en la temperatura máxima diurna que durante la noche necesita el ser humano. Esto conlleva a que, en estos periodos, el organismo no pueda recuperarse durante las horas nocturnas del calor acumulado durante el día, provocando un continuo desgaste por una falta de refrigeración. Es por esta razón, que los coeficientes de correlación van aumentando a medida que pasan los días

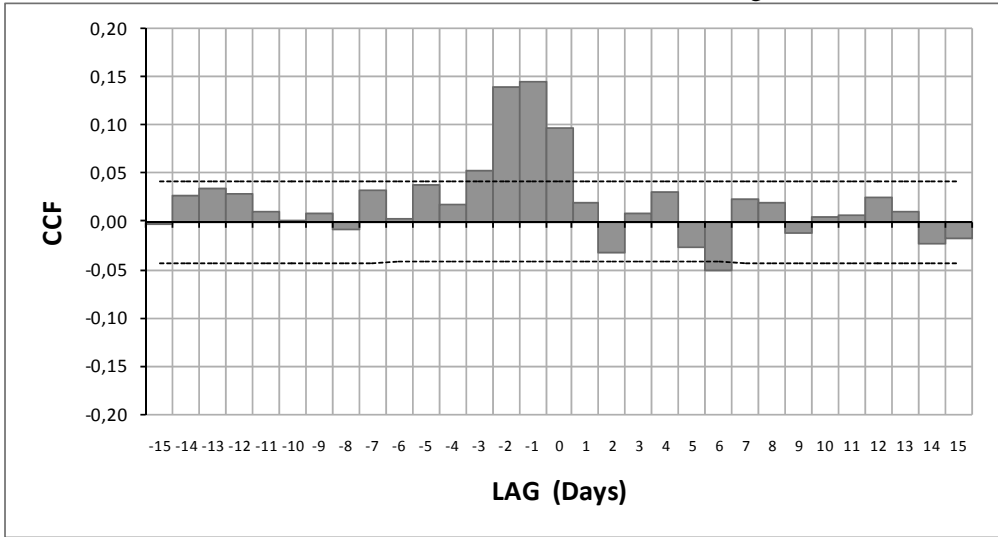


Figura 1. FFC correspondiente a los residuos de mortalidad total y temperatura máxima para los meses de verano. La línea discontinua muestra el nivel de significación de 0,05.

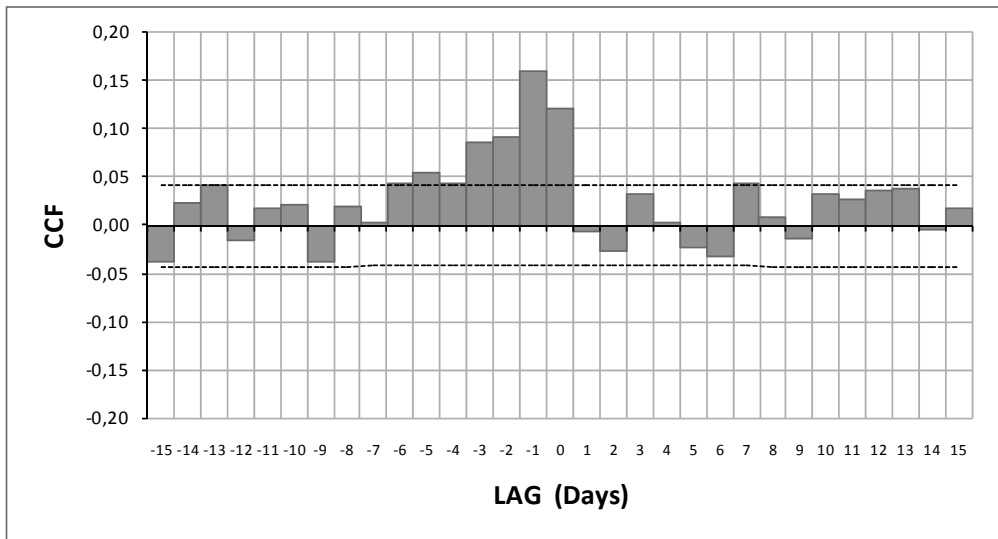


Figura 2. FFC correspondiente a los residuos de mortalidad total y temperatura mínima para los meses de verano. La línea discontinua muestra el nivel de significación de 0,05.

e, incluso, el coeficiente en el *lag* 0 es mayor que el observado en la FCC de la temperatura máxima. Este hecho indica que probablemente sea la temperatura mínima la que pueda tener una mayor influencia en el exceso de la mortalidad por calor en la ciudad de Barcelona, tal como se había indicado en el análisis de Raso (2002). Definido el hecho y dada la influencia que parece tener la humedad en el resultado final, se calculó la temperatura de bochorno (temperatura que combina la temperatura del aire y la humedad relativa) y se le aplicó el mismo tipo de análisis

(resultados no mostrados). Los resultados obtenidos son muy parecidos a los aquí presentados por lo que parece no merecer la pena el esfuerzo añadido que significa la recolección de datos de humedad y los cálculos que se han llevado a cabo de forma adicional.

En contraposición a los dos análisis anteriores, la FCC correspondiente a los residuos de mortalidad total y la temperatura mínima para los meses de invierno (Figura 3) revela correlaciones negativas entre las dos señales temporales, indicando que el aumento de la mortalidad se relaciona con una disminución de la temperatura. Pero el hecho más significativo es que el impacto térmico no es tan inmediato como el observado en los meses estivales, sino que se prolonga durante una secuencia temporal más dilatada, con un *lag* significativo que se ubica en el retraso -10 alcanzando el máximo de significación en el -5. La persistencia indica que los valores termométricos bajos van incidiendo de una manera más progresiva sobre la población. En los *lag* -1 y 0 los coeficientes de correlación entre ambas variables cambian de signo, siendo positivos pero no significativos. Este suceso parece indicar que tras el impacto inicial que tiene un episodio de frío sobre la mortalidad, la disminución de los valores termométricos no incide de manera significativa en el número de defunciones, debido probablemente a dos hechos: en primer lugar, a una activación de los sistemas de alerta, y en segundo lugar, porque ya ha habido una criba previa de la población con una salud más perjudicada. Por último, es importante señalar que se observan coeficientes de correlación negativos significativos a partir del *lag* +1, ubicados en los desfases temporales +1, +10 y +13, mostrando probablemente aquel porcentaje de la población afectada por el impacto inicial y que muere al cabo de algunos días. De esta manera, el conjunto del análisis indica que las relaciones entre temperatura mínima hivernal y mortalidad no aparecen tan claras como emergían con la temperatura máxima y mínima invernal, y en consecuencia, la delimitación del desfase temporal entre ambas variables no resulta tan nítida. La explicación se ha de buscar en la participación de otros procesos (tanto de tipo biológico como de tipo económico y social) que participan en el resultado final.

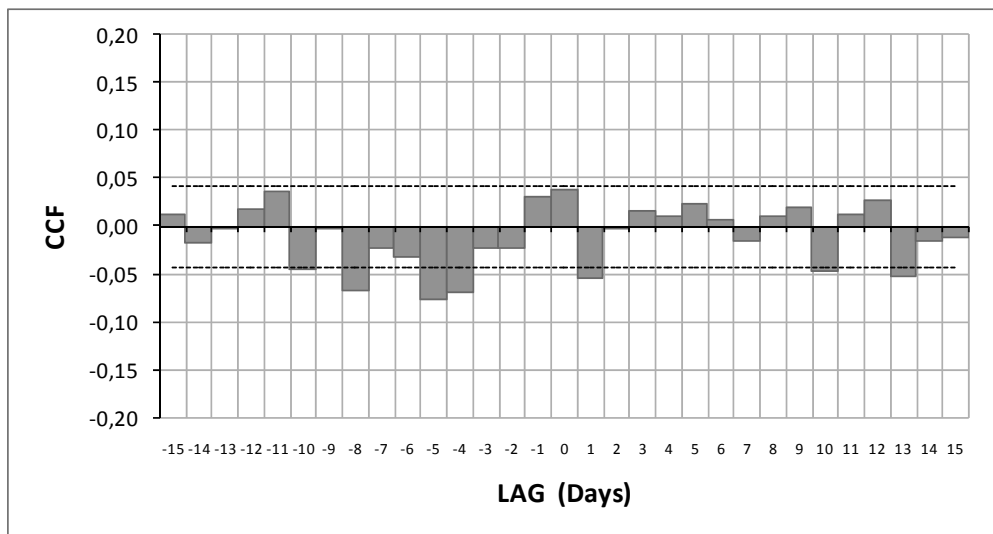


Figura 3. FFC correspondiente a los residuos de mortalidad total y temperatura mínima para los meses de invierno. La línea discontinua muestra el nivel de significación de 0,05.

4. CONCLUSIONES

El objetivo del análisis ha sido determinar el efecto retardado que tiene la temperatura sobre la mortalidad. Este desfase se ha determinado a partir de una estructura metodológica basada en un análisis de las señales temporales en el dominio del tiempo, la FCC, aplicada a los residuales obtenidos de la modelización de las series de mortalidad diaria y de temperatura a partir de un modelo ARIMA. La previa aplicación de este modelo estocástico se efectúa en primer lugar, para extraer las componentes estacionales de las series temporales y, en segundo lugar, para evitar los posibles problemas de auto-correlación intrínsecos en las series.

Los resultados han mostrado que existe una inmediatez durante los meses de verano en la respuesta de la mortalidad frente a un impacto térmico, siendo ésta entre 0 y 3 días con correlaciones positivas entre ambas series temporales, señalando que un aumento en la mortalidad es debida a un aumento en la temperatura. Por otra parte, el análisis de la incidencia de la temperatura mínima estival sobre la mortalidad, además de inmediatez de la respuesta entre variables, muestra una persistencia, que sugiere la falta de recuperación nocturna por parte de la población de las máximas diurnas. En invierno, el impacto térmico no es tan inmediato, manifestando que una persistencia en las anomalías negativas de los valores de la temperatura conlleva a un aumento de la mortalidad, suceso justificado por unos coeficientes de correlación negativos entre ambas series. De esta manera, la mortalidad está afectada por la temperatura a partir del *lag* -10, con desfases temporales significativos en -10, -8, -5 y -4. Es importante señalar que se observan coeficientes de correlación negativos significativos a partir del *lag* +1, ubicados en los desfases temporales +1, +10 y +13, mostrando aquel porcentaje de la población afectada por el impacto inicial y que muere al cabo de algunos días.

Los resultados del análisis se han utilizado para establecer la duración de las secuencias para examinar los antecedentes sinópticos que repercuten en el exceso de mortalidad por calor en Cataluña (Peña *et al.*, 2012). De esta manera, se ha definido la duración de la secuencia como:

- Meses estivales → temperatura máxima: Prevalece la inmediatez: Tomando como día final de la secuencia aquel día en que las muertes diarias superen el percentil 98 de la serie de decesos para la ciudad de Barcelona, más los tres días anteriores a esta fecha.
- Meses estivales → temperatura mínima: Prevalece la inmediatez y la persistencia. Tomando como día final de la secuencia aquel día en que las muertes diarias superen el percentil 98 de la serie de defunciones diarias para la ciudad de Barcelona, más los seis días anteriores a esta fecha.
- Meses invernales → temperatura mínima: La secuencia es más difícil de determinar dada la estructura de la FCC. Una opción sería: tomando como día final de la secuencia aquel día en que las muertes diarias superen el percentil 98 de la serie de mortalidad diaria para la ciudad de Barcelona, más los diez días anteriores a esta fecha.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado en el marco del Grupo de Climatología de la Universidad de Barcelona (2009 SGR 443 GRUP DE CLIMATOLOGIA). Nuestro agradecimiento al Observatorio Fabra y al Servei d'Informació i Estudis del Departament de Salut de la Generalitat de Catalunya por los datos de temperatura y mortalidad de la ciudad de Barcelona.

BIBLIOGRAFÍA

- ALBERDI, J.C., DÍAZ, J., MONTERO, J.C., MIRÓN, I.J., PAJARES, M.S. & RIBERA, P. (1998a): "Air pollution and mortality in Madrid, Spain: a time-series analysis". *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 71 (8), pp. 543-549.
- ALBERDI, J.C., DÍAZ, J., MONTERO, J.C. & MIRÓN I.J. (1998b): "Daily mortality in Madrid community 1986–1992: Relationship with meteorological variables". *European Journal of Epidemiology*, 14 (6), pp. 571-578.
- ANALITIS, A., KATSOUYANNI, K. BIGGERI, A., et al. (2008): "Effects of cold weather on mortality: results from 15 European cities within the PHEWE project". *American Journal of Epidemiology*, 168, pp. 1397-1408.
- BACCINI, M, A. BIGGERI, G. ACCETTA, T. et al (2008): "Heat effects on mortality in 15 European cities". *Epidemiology*, 19, pp. 711-719.
- BASU, R. (2009): "High ambient temperature and mortality: a review of epidemiologic studies from 2001 to 2008". *Environmental Health*, 8, pp. 1-13.
- BHASKARAN, K., S. HAJAT, A. HAINES, et al. (2009): "Effects of ambient temperature on the incidence of myocardial infarction". *Heart*, 95, pp. 1760-1769.
- CAMPBELL, M.J. & TOBIÁS, A. (2000): "Causality and temporality in the study of short-term effects of air pollution on health". *Int. J. Epidemiol.*, 29 (2), pp. 271-273.
- DERRIENNIC, F., RICHARDSON, S., MOLLIE, A. & LELLOUCH, J. (1989): "Short-Term Effects of Sulphur Dioxide Pollution on Mortality in Two French Cities". *Int. J. Epidemiol.*, 18 (1), pp. 186-197.
- DÍAZ, J., GARCÍA, R., VELÁZQUEZ DE CASTRO, F., et al (2002): "Effects of extremely hot days on people older than 65 years in Seville (Spain) from 1986 to 1997". *International Journal of Biometeorology*, 46 (3), pp. 145-149.
- DÍAZ, J., LINARES, C., TOBIÁS, A. (2006): "Impact of extreme temperatures on daily mortality in Madrid (Spain) among the 45–64 age-group". *International Journal of Biometeorology*, 50 (6), pp. 342-348.
- GONZÁLEZ, S., DÍAZ, J., PAJARES, M. S. et al. (2001): "Relationship between atmospheric pressure and mortality in the Madrid Autonomous Region: a time-series study". *International Journal of Biometeorology*, 45 (1), pp. 34-40.
- GOSLING, S. N., MCGREGOR, G. R. & LOWE, J. A. (2009): "Climate change and heat-related mortality in six cities. Part 2: climate model evaluation and projected impacts from changes in the mean variability of temperature with climate change". *International Journal of Biometeorology*, 53, pp. 31-51.
- HAJAT, S., KOVATS, R. S. & LACHOWYCY, K. (2007): "Heat-related and cold-related deaths in England and Wales: who is at risk?". *Occupational and Environmental Medicine*, 64, pp. 93-100.
- HEALY, J. D. (2003): "Excess winter mortality in Europe: a cross country analysis identifying key risk factors". *Journal of Epidemiology and Community Health*, 57, pp.784-789.
- HU, W., MENGERSEN, K., McMICHAEL, A. et al. (2008): "Temperature, air pollution and total mortality during summers in Sydney, 1994–2004". *International Journal of Biometeorology*, 52 (7), pp. 689-696.
- ITO, K., THURSTON, G.D., HAYES, C. et al. (1993): "Associations of London, England, Daily Mortality with Particulate Matter, Sulphur Dioxide, and Acidic Aerosol Pollution". *Archives of Environmental Health: An International Journal*, 48 (4), pp. 213-220.

- KEATINGE, W. R. & DONALDSON, G. C. (2004): "Winter mortality in elderly people in Britain. *British Medical Journal*, 329, p. 976.
- KINNEY, P.L. & ÖZKAYNAK, H. (1991): "Associations of daily mortality and air pollution in Los Angeles County". *Environmental Research*, 54 (2), pp. 99-120.
- LANSKA, D.J. & HOFFMANN, R.G. (1999): "Seasonal variation in stroke mortality rates". *Neurology*, 52 (5), pp. 984-990.
- LIPPMANN, M. & ITO, K. (1995): "Separating the Effects of Temperature and Season on Daily Mortality from those of Air Pollution in London: 1965-1972". *Inhalation Toxicology*, 7 (1), pp. 85-97.
- LUBER, G. L. & MCGEEHIN, M. (2008): "Climate change and extreme heat events". *American Journal of Preventive Medicine*, 35, pp. 429-435.
- PAJARES, M.S., DÍAZ, J., MONTERO, J.C. *et al.* (1996): "Mortalidad diaria en la comunidad de Madrid (1986-1991) para el grupo de 45 a 64 años: su relación con la temperatura del aire". *Rev. Esp. Salud Pública*, 71 (2), pp. 149-160.
- PEÑA, J.C, PÉREZ-ZANÓN, N., RASO, J.M. & ARAN, M. (2012): "Secuencias de patrones sinópticos asociados al exceso de mortalidad por calor en el área metropolitana de Barcelona". *Cambio climático: extremos e impactos*. Asociación Española de Climatología, Public. Serie A, pp. 907-915.
- RASO, J. M. (2002): "Relación entre las temperaturas diarias y la mortalidad en Barcelona y su ajuste mediante funciones polinómicas". In GUIJARRO, J. A. *et al.* (Eds.): *El agua y el clima*, Palma de Mallorca: Asociación Española de Climatología, pp. 521-532.
- SCHWARTZ, J. & MARCUS, A. (1990): "Mortality and air pollution in London: a time series analysis". *Am. J. Epidemiol.*, 131 (1), pp. 185-194.
- THURSTON, G.D., ITO, K., LIPPMANN, M. *et al.* (1989): "Re-examination of London, England, mortality in relation to exposure to acidic aerosols during 1963-1972 winters". *Environ Health Perspect.*, 79, pp. 73-82.
- VAN ROSSUM, C. T. M., SHIRPLEY, M. J., HEMINGWAY, H. *et al.* (2001): "Seasonal variation in cause-specific mortality: Are there high-risk groups? 25-year follow-up of civil servants from the first Whitehall study". *International Journal of Epidemiology*, 30, pp. 1.109-1.116.
- ZANOBETTI, A. & SCHWARTZ, J. (2008): "Temperature and mortality in nine US cities". *Epidemiology*, 19, pp. 563-570.