

**XXXIV Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española**  
**(Teruel, 29 febrero – 2 marzo 2016)**  
ISBN 978-84-617-5240-9

**Umbrales de definición de ola de frío e impacto sobre la mortalidad en España. Necesidad de Planes de Prevención.**

Rocío Carmona<sup>(1)</sup>, Julio Díaz<sup>(2)</sup>, Isidro J Mirón<sup>(3)</sup>, Cristina Ortiz<sup>(4)</sup>, Yolanda Luna<sup>(5)</sup>, Cristina Linares<sup>(6)</sup>

- <sup>(1)</sup> Escuela Nacional de Sanidad. Instituto de Salud Carlos III. Madrid. [j.diaz@isciii.es](mailto:j.diaz@isciii.es)  
<sup>(2)</sup> Escuela Nacional de Sanidad. Instituto de Salud Carlos III. Madrid. [rocio.carmona@isciii.es](mailto:rocio.carmona@isciii.es)  
<sup>(3)</sup> Distrito de Salud Pública de Torrijos. Toledo. [ijmiron@jccm.es](mailto:ijmiron@jccm.es)  
<sup>(4)</sup> Escuela Nacional de Sanidad. Instituto de Salud Carlos III. Madrid. [cortizb@isciii.es](mailto:cortizb@isciii.es)  
<sup>(5)</sup> Agencia Estatal de Meteorología. Madrid. [mlunar@aemet.es](mailto:mlunar@aemet.es)  
<sup>(6)</sup> Escuela Nacional de Sanidad. Instituto de Salud Carlos III. Madrid. [clinares@isciii.es](mailto:clinares@isciii.es)

**Introducción:** Son escasos los estudios que analizan el impacto que las bajas temperaturas tienen sobre la mortalidad, a pesar de que algunos estudios llevados a cabo en UK, Australia y Países Bajos indican incluso que las muertes relacionadas con el frío son de un orden de magnitud superior que las relacionadas con el calor (Vardoulakis et al 2014; Huynen et al 2001), con un efecto del frío, a nivel global, 20 veces mayor que el del calor, siendo para España 5 veces superior (Gasparrini et al 2015). Parte de la etiología del exceso de mortalidad tras días excepcionalmente fríos se sabe que es de naturaleza infecciosa (Kysely et al. 2009), siendo la gripe el principal agente infeccioso (Glezen, 1982). A diferencia de lo que ocurre con el calor el efecto del frío sobre la mortalidad no suele darse a corto plazo, si no que ese efecto suele presentarse con un retraso de entre 7 y 14 días. Es decir, que 7 días después de bajas temperaturas comienza a producirse el efecto sobre la mortalidad que puede retrasarse incluso hasta 14 días o más (Alberdi et al., 1998; Braga et al., 2001). Este hecho, junto a la no existencia de episodios especialmente graves relacionados con mortalidad asociado a olas de frío, a diferencia de lo que ocurre con el calor, hacen que los estudios sobre efecto de las olas de frío sobre la mortalidad sean escasos (Díaz et al, 2005, Mirón et al, 2012 ).

Al igual que ocurría para el caso del calor, en las olas de frío tampoco existe una definición clara de ola de frío. En algunos trabajos (Díaz et al, 2005, Mirón et al, 2012 ) se ha establecido que una ola de frío se produce cuando la temperatura mínima diaria está por debajo del percentil 5 de la serie de temperaturas mínimas de los meses de invierno (noviembre-marzo). Pero al igual que para la definición de ola de calor este criterio es climatológico, es decir, no se tienen en cuenta factores locales de carácter socioeconómico y demográficos que hacen que la temperatura a partir de la cual comienza a aumentar la mortalidad por bajas temperaturas no coincida con el citado percentil 5 en buena parte de las provincias españolas. Se hace por tanto necesario la realización de un estudio que permita determinar dicha temperatura de disparo de la mortalidad por frío, a nivel de capital de provincia, y cuantificar el impacto que las bajas temperaturas tienen sobre la mortalidad diaria

**Metodología:** Como variable dependiente se utilizaron datos de mortalidad diaria por causas naturales (CIE 10: A00-R99), circulatorias (CIE 10: I00-I99) y respiratorias (CIE 10: J00-J99) de cada capital de provincia de España y municipios de más de 10000 habitantes en el periodo 2000-2009.

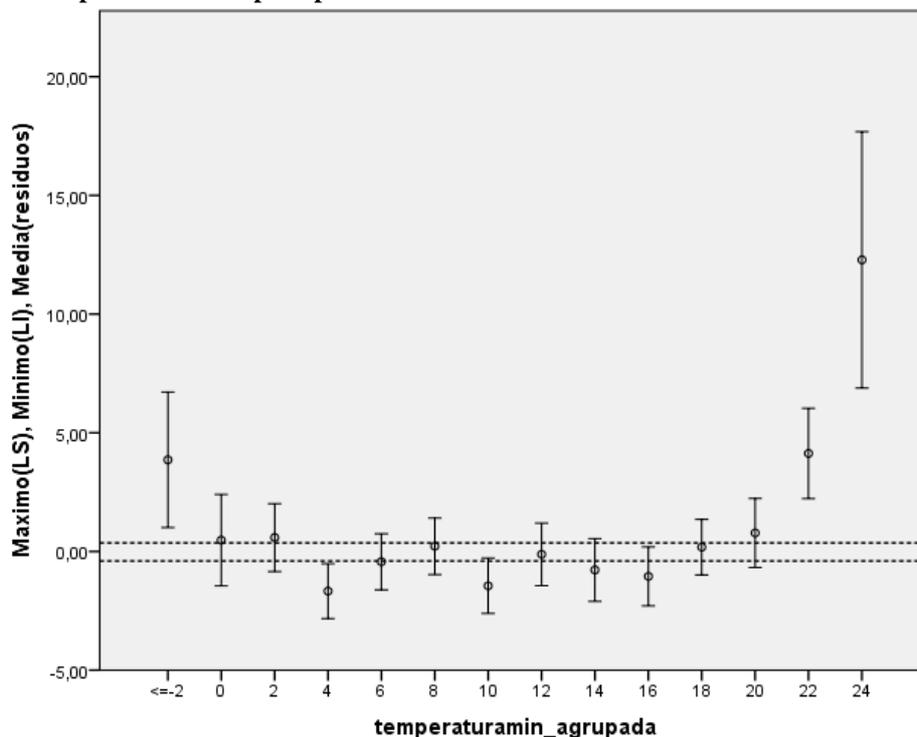
Los datos de temperatura mínima diaria para ese periodo corresponden al Observatorio Meteorológico ubicado en cada una de las capitales de provincia.

Siguiendo la metodología comúnmente utilizada (Mirón et al. 2015) para la determinación de la temperatura umbral de definición de ola de frío se ha calculado en primer lugar el modelo ARIMA univariado (Box GE et al. 1994) para la mortalidad diaria de cada una de las 52 capitales de provincia, lo que permite obtener los residuos de las series de mortalidad. El hecho de trabajar con residuos en vez de con la mortalidad diaria presenta la ventaja de que éstos, tras la modelización, no presentan tendencia ni periodicidades que sí son inherentes a la mortalidad diaria y, por tanto, las asociaciones que se encuentren presentarán una auténtica relación mortalidad-temperatura causal desde el punto de vista estadístico ( $p < 0,05$ ).

El valor medio de los residuos de este modelo (eje de ordenadas) para cada temperatura mínima diaria a intervalos de 2 °C (eje de abscisas) se representa en un diagrama de dispersión junto con sus correspondientes intervalos de confianza (IC) al 95% (Límites superior e inferior del IC: LS, LI, respectivamente), incluyendo además el IC al 95% de la media de los residuos para todo el periodo de estudio (representado por las líneas paralelas y discontinuas) como se muestra en la figura 1, en la que, a modo de ejemplo, se muestra la temperatura de disparo correspondiente a Madrid.

En esta figura puede observarse que, a partir de una temperatura mínima diaria de -2 °C, la anomalía de los residuos, con su IC, no toca al IC de la media de los residuos para todo el periodo que, obviamente, aparece centrada en el cero. Por tanto, puede decirse que por debajo de -2°C de temperatura mínima diaria comienza a aumentar la mortalidad por ola de frío de forma estadísticamente significativa. Esta temperatura coincide con el percentil 2 de la serie de temperaturas mínimas diarias de los meses de invierno (noviembre-marzo) en el periodo considerado.

**Figura 1. Diagrama de dispersión de la temperatura mínima diaria y los residuos de mortalidad, para la definición de la temperatura de disparo por frío en Madrid**



Una vez determinada la temperatura de disparo de la mortalidad por frío (Tumbral) para cada capital de provincia se procederá al cálculo de su impacto sobre la mortalidad a través de los Riesgos Relativos (RRs) y los Riesgos Atribuibles (RAs). Para ello es preciso definir una temperatura (Tfrío) que tenga en cuenta los grados que se está por debajo de esa temperatura umbral. Del siguiente modo:

$$\begin{aligned}
 T_{\text{frío}} &= 0 && \text{si } T_{\text{min}} > T_{\text{umbral}} \\
 T_{\text{frío}} &= T_{\text{umbral}} - T_{\text{min}} && \text{si } T_{\text{min}} \leq T_{\text{umbral}}
 \end{aligned}$$

Puesto que, como el efecto del frío sobre la mortalidad puede producirse incluso hasta dos semanas después de la bajada de las temperaturas se creará hasta catorce retrasos temporales de esta temperatura Tfrío.

La determinación de los RR se llevará a cabo utilizando la metodología de modelos lineales generalizados, considerando como link regresión de Poisson, controlando por tendencia, autocorrelaciones y estacionalidades de las series,

Los RR de cada capital de provincia se combinaron mediante meta-análisis de efectos aleatorios obteniendo una medida del RR (IC 95%) a nivel de CCAA y de toda España. A partir de los valores de RR se calcularán los AR a partir de la ecuación.

$$AR = (RR - 1) \times 100 / RR$$

### Resultados y discusión:

Las temperaturas mínimas umbrales varían de una capital de provincia a otra, oscilando entre  $-10^{\circ}\text{C}$  de Ávila y  $6^{\circ}\text{C}$  de Almería y Cádiz. Las zonas costeras presentaron umbrales de temperatura mínima más elevados, coincidiendo con aquellas regiones con menor temperatura de disparo de ola de calor. No se ha obtenido temperatura umbral de disparo por frío en las capitales de San Sebastián, Vitoria, Burgos, Girona, Alicante, Gran Canaria, Tenerife, Ceuta y Melilla (Fig. 2).

Al igual que las temperaturas, los percentiles de las series de temperaturas mínimas diarias de los meses de invierno también varían de unas provincias a otras, oscilando del percentil 19,5 de Logroño al 0,5 de Murcia y Toledo (Fig. 3). La variabilidad observada entre regiones en cuanto a lo que se consideraría temperatura de disparo de la mortalidad por ola de frío (Figura 2) y sus percentiles asociados (Figura 3) es muestra de una variedad de factores subyacentes tales como la adaptación al frío propia de la población, socio-económicos, diferencias o divergencias estructurales en las pirámides de población, infraestructuras adaptadas a las temperaturas extremas, desigualdades en el acceso a los servicios de salud (Montero et al 2012), diferencias recogidas al considerar metodológicamente umbrales de temperatura basados en criterios epidemiológicos. En la Figura 3 se observa cómo en las zonas costeras los umbrales de temperatura mínima son más elevados, coincidiendo con aquellas regiones con menor temperatura de disparo de ola de calor (Díaz et al 2015), son regiones donde el acondicionamiento de los hogares frente al frío/calor es diferente al de otras regiones con climas más extremos, puesto que mantienen durante el año temperaturas más suaves. Además, “houses in countries with comparatively warm climates all year round tend to lose heat easily, so people find it hard to heat their homes when winter arrives. This is especially true in Portugal, Spain, and Ireland. Conversely, houses in countries with severe climates – such as Scandinavia – have to be thermally efficient to retain warmth” (European Commission), lo que concuerda con los elevados RR de Sevilla y Málaga.

En cuanto a los efectos del frío sobre la mortalidad diaria obtenidos a través de los RRs, éste osciló entre la no detección estadística de efecto del frío sobre la mortalidad en Teruel y el 1,40 (1,32 – 1,49) de Castellón. A nivel de CCAA los valores son muy similares, siendo la Comunidad Valenciana la que presenta un RR mayor 1,33 (1,19 – 1,47) y La Rioja un RR menor 1,03 (1,02 – 1,05). El RR de toda España es 1,13 (1,11 – 1,16) (Fig. 4).

Los RR asociados a percentiles bajos son mayores que los asociados a percentiles altos.

Que el RR para toda España sea de 1,13, lo que corresponde a un AR del 11,5 % quiere decir que cuando existe una ola de frío en cualquier capital de España, la mortalidad diaria en esa capital de provincia aumenta un 11,5 % por cada grado en que la temperatura mínima diaria esté por debajo de la temperatura umbral de esa provincia. Este incremento de la mortalidad es en relación a la mortalidad diaria de esa provincia sin que exista ola de frío.

El efecto del frío, de forma general para las capitales de provincia, es superior para la mortalidad por causas respiratorias que por circulatorias, aunque para el conjunto de toda España las diferencias no son estadísticamente significativas. El RR para España por causas circulatorias es 1,18 (1,15-1,22) y para respiratorias 1,24 (1,20-1,29). El frío presenta un impacto global sobre la mortalidad en España ligeramente superior al observado para el calor ( $RR_{\text{mortalidad natural}} = 1,11$  (1,10–1,12),  $RR_{\text{mortalidad circulatorias}} = 1,11$  (1,09–1,13),  $RR_{\text{mortalidad respiratorias}} = 1,18$  (1,16–1,21)) (Díaz et al 2015).

Este impacto significativo del frío se ha observado también en otros países y con valores muy similares a los obtenidos en una revisión sistemática y metaanálisis llevados a cabo hasta el año 2013 (Ryti et al 2015). El mayor impacto del frío sobre la mortalidad por causas respiratorias, aunque sin diferencias estadísticamente significativas respecto a las circulatorias, ya se observó en estudios llevados a cabo en Castilla - la Mancha en el periodo 1975-2008 ( $RA_{\text{respiratorias}} = 14.7\%$  vs  $RA_{\text{circulatorias}} = 9.6\%$ ) (Linares et al 2015a; Linares et al 2015b), y con efectos temporales sobre la mortalidad a largo plazo tras las olas de frío (Xie et al 2013).

### Conclusiones:

Como se ha visto con anterioridad el efecto del frío sobre la mortalidad es similar o incluso ligeramente superior al del calor. Por otro lado, existen estudios que indican que el efecto del calor sobre la mortalidad está decreciendo (Mirón et al 2015) mientras que el del frío se está, al menos, manteniendo constante (Mirón et al 2012). Más concretamente en un estudio realizado para la ciudad de Madrid (Díaz et al 2015 b) en el que se analiza, por grupos de edad, cuál ha sido el efecto del frío y del calor en el periodo 1986-1997 y se compara con el efecto en el periodo 2001-2009 se observa que el efecto del calor ha decrecido prácticamente en todos los grupos de edad, mientras que el del frío ha aumentado especialmente en los grupos de mayores de 65 años, triplicándose el efecto especialmente en el grupo de más de 75 años, y en los grupos de 45-64 años y 65-74 años, en los cuales el RA se ha duplicado respecto al existente en el periodo 1986-1997. Las personas mayores son potencialmente más susceptibles a los efectos de las olas de frío (Ryti et al 2015) Lo que es especialmente relevante teniendo en cuenta

el envejecimiento de la población que están experimentando los países más desarrollados y en particular España (38.7% de la población en 2064 vs 18.2% actual).

Entre las causas que se atribuyen para una disminución de los efectos del calor sobre la mortalidad algunos son inherentes a condiciones sociodemográficas y sanitarias que igualmente serían aplicables al caso del frío, pero otras están directamente relacionadas con la activación de los Planes de Prevención (Abrahamson et al 2008), el diseño de las ciudades para minimizar el efecto del calor (Georgescu et al., 2014), y la resiliencia de la población se espera que se incremente por la aclimatación fisiológica a climas más cálidos (Konkel, 2014), o incluso la mejor dotación de las infraestructuras son exclusivamente aplicables al calor y contribuyen a lo que ha venido a denominar “cultura del calor” (Konkel 2014) que se ha desarrollado en la última década. Todo esto no existe en el caso del frío. Es más, la idea de calentamiento global y aumento de temperaturas (IPCC, 2013), aunque no va a llevar asociada la desaparición de las olas de frío (Kodra et al 2011), parece ir en contra también de generar esa “cultura del frío” que probablemente redundaría en una disminución de la mortalidad asociada al frío al igual que ha ocurrido para el caso del calor. Pensamos, por tanto, que desde un punto de vista de salud pública, son necesarios planes de prevención específicos para el frío a nivel regional que permitirán reducir la mortalidad atribuible a las bajas temperaturas. Estos Planes han mostrado su eficacia en la reducción de la mortalidad atribuible al calor y pensamos que son imprescindibles para disminuir los efectos sobre la morbi-mortalidad asociada al frío.

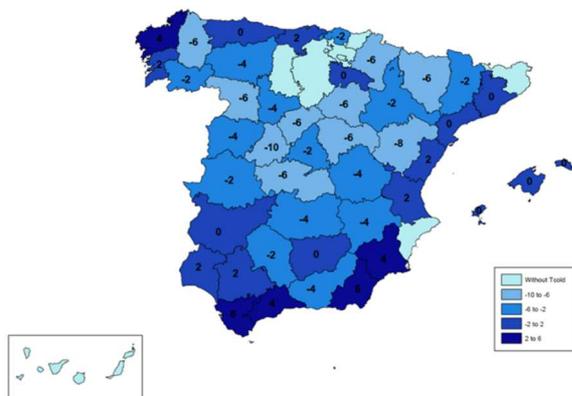


Fig. 2.- Temperaturas mínimas de disparo (°C) en España para la mortalidad diaria por frío por causas naturales en el periodo 2000-2009.

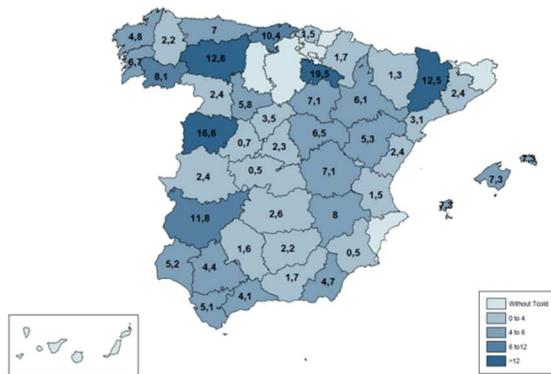


Fig. 3.- Percentiles de las series de temperaturas mínimas diarias de los meses de invierno asociados a la mortalidad por causas naturales por frío en el periodo 2000-2009.

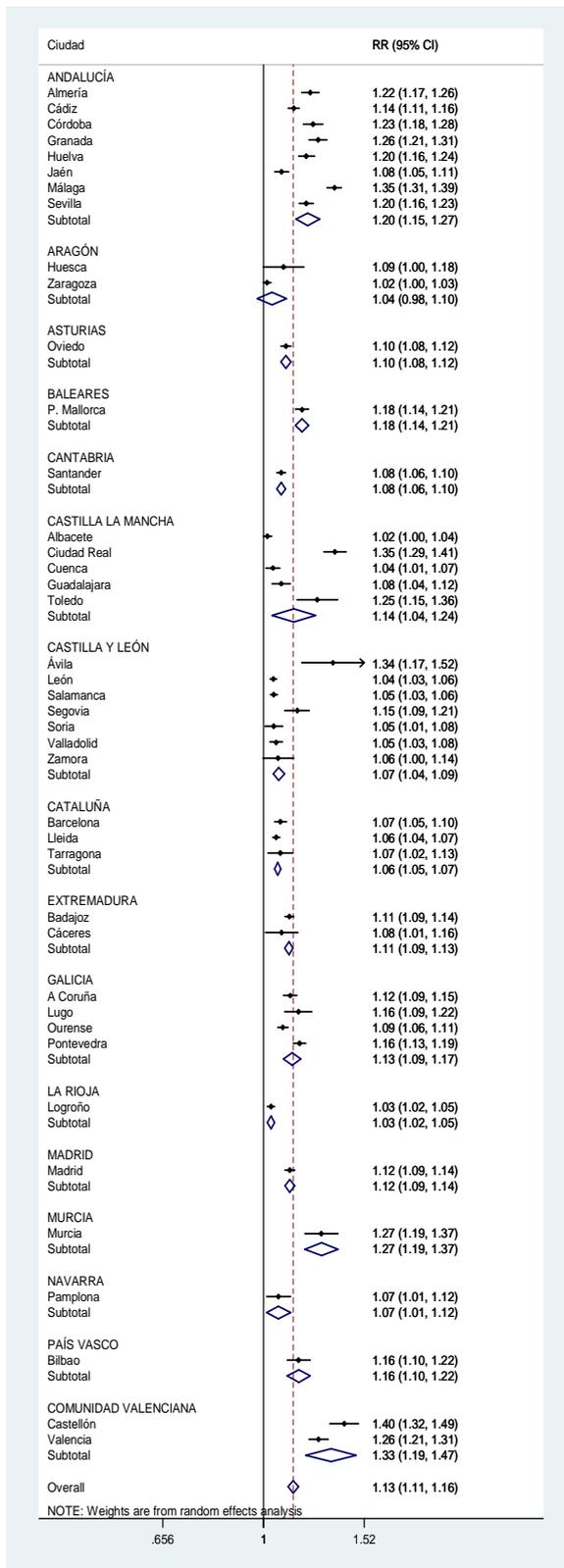


Fig. 4.- Riesgos relativos (RR), con su intervalo de confianza al 95% entre paréntesis, asociados a incrementos de 1°C de la temperatura mínima diaria sobre la temperatura de disparo asociada al frío debido a mortalidad por causas naturales (Tumbral) tanto para capitales de provincia como por Comunidades Autónomas y para el conjunto de toda España. La línea discontinua roja representa el RRmedio para toda España. La línea continua negra representa RR=1.

## Referencias:

- Abrahamson V, Wolf J, Lorenzoni I, et al. Perceptions of heatwave risks to health: interview-based study of older people in London and Norwich, UK. *Journal of Public Health* 2008. 31:119–126.
- Alberdi, J.C., Diaz, J., Montero, J.C., Miron, I., 1998. Daily mortality in Madrid community 1986–1992: relationship with meteorological variables. *Eur. J. Epidemiol.* 14 (6),571–578 (Sep).
- Box GE, Jenkins GM, Reinsel C. *Time Series Analysis. Forecasting and Control.* Prentice Hall, Englewood. 1994.
- Braga, A.L., Zanobetti, A., Schwartz, J., 2001. The time course of weather-related deaths. *Epidemiology* 12 (6), 662–667 (Nov).
- Diaz J, Garcia R, Lopez C, Linares C, Tobias A, Prieto L. Mortality impact of extreme winter temperatures. *Int J Biometeorol* 2005 Jan;49(3):179-83.
- Díaz J, Carmona R, Mirón IJ, Ortiz C, León I, Linares C. Geographical variation in relative risks associated with heat: Update of Spain's Heat Wave Prevention Plan. *Environment International* 2015a; 85: 273–283.
- Díaz J, Carmona R, Mirón IJ, Ortiz C, Linares C. Comparison of the effects of extreme temperatures on daily mortality in Madrid (Spain), by age group: the need for a cold wave prevention plan. *Environmental Research* 2015b; 143:186-191.
- Gasparrini, A., Guo, Y., Hashizume, M., Lavigne, E., Zanobetti, A., Schwartz, J., et al., 2015. Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. *Lancet* 386 (9991), 369–375 (Jul 25).
- Georgescu, M, Morefield, PE, Bierwagen, BG, Weaver, CP. Urban adaptation can roll back warming of emerging megapolitan regions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2014.111(8):2909–2914.
- Glezen,W.P., 1982. Serious morbidity and mortality associated with influenza epidemics. *Epidemiol. Rev.* 4, 25–44.
- Huynen, M.M., Martens, P., Schram, D., Weijenberg, M.P., Kunst, A.E., 2001. The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the Dutch population. *Environ. Health Perspect.* 109 (5), 463–470 (May).
- IPCC 2013. *Climate Change. The Physical Science Basis. Working Group I. Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* 2013.
- Kodra E, Steinhäuser K, Ganguly AR. Persisting cold extremes under twenty first-century warming scenarios. *Geophys Res Lett* 2011;38(L08705).
- Konkel L. Learning to Take the Heat: Declines in U.S. Heat-Related Mortality. *Environ Health Perspect*; 2014.DOI:10.1289/ehp.122-A220.
- Kysely, J., Pokorna, L., Kyncl, J., Kriz, B., 2009. Excess cardiovascular mortality associated with cold spells in the Czech Republic. *BMC Public Health* 9, 19.
- Linares C, Diaz J, Tobias A, Carmona R, Miron IJ. Impact of heat and cold waves on circulatory-cause and respiratory-cause mortality in Spain: 1975–2008. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 2015a; 19(8):2037-46.
- Linares C, Miron IJ, Carmona R, Sanchez R, Diaz J. Time trend in natural-cause, circulatory-cause and respiratory-cause mortality associated with cold waves in Spain, 1975-2008. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 2015b Oct 1. DOI 10.1007/s00477-015-1169-3.
- Miron IJ, Montero JC, Criado-Alvarez JJ, Linares C, Diaz J. Intense cold and mortality in Castile-La Mancha (Spain): study of mortality trigger thresholds from 1975 to 2003. *Int J Biometeorol* 2012 Jan;56(1):145-52.
- Mirón IJ, Montero JC, Criado-Álvarez JJ, Linares C, Díaz J. Time Trends In Cause-Specific Mortality during Heat Waves in Castile-La Mancha: Spain, 1975-2008. *Int J Biometeorol* 2015; 59:1213-1222.
- Montero JC, Miron IJ, Criado-Alvarez JJ, Linares C, Diaz J. Influence of local factors in the relationship between mortality and heat waves: Castile-La Mancha (1975-2003). *Sci Total Environ* 2012 Jan 1;414:73-80.
- Ryti NR, Guo Y, Jaakkola JJ. Global Association of Cold Spells and Adverse Health Effects: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Environ Health Perspect* 2015 May 15.
- Vardoulakis, S., Dear, K., Hajat, S., Heaviside, C., Eggen, B., McMichael, A.J., 2014 Dec. Comparative assessment of the effects of climate change on heat- and cold-related mortality in the United Kingdom and Australia. *Environ. Health Perspect.* 122 (12), 1285–1292.
- Xie H, Yao Z, Zhang Y, Xu Y, Xu X, Liu T, et al. Short-term effects of the 2008 cold spell on mortality in three subtropical cities in Guangdong Province, China. *Environ Health Perspect* 2013 Feb;121(2):210-6.