

## **EFFECTOS DE FACTORES LOCALES EN LA EVOLUCIÓN DE LAS TEMPERATURAS DE MÍNIMA MORTALIDAD EN ESPAÑA (1983-2018)**

Miguel Ángel NAVAS-MARTÍN<sup>1</sup>, José Antonio LÓPEZ-BUENO<sup>1</sup>, Cristina LINARES<sup>1</sup>, Isidro Juan MIRÓN<sup>2</sup>, María Yolanda LUNA<sup>3</sup>, Gerardo SÁNCHEZ-MARTÍNEZ<sup>4</sup>, Dante CULQUI<sup>1</sup> y Julio DÍAZ<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>*Escuela Nacional de Sanidad. Unidad de referencia en Cambio Climático, Salud y Medio Ambiente Urbano*

*Instituto de Salud Carlos III (ISCIII), Madrid, España.*

<sup>2</sup>*Consejería de Sanidad, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Toledo, España.*

<sup>3</sup>*Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), Madrid, España.*

<sup>4</sup>*The UNEP DTU Partnership, Copenhagen, Dinamarca.*

[manavas@isciii.es](mailto:manavas@isciii.es)

### **RESUMEN**

En la actualidad la Unión Europea se encuentra inmersa en decisiones políticas para combatir el cambio climático. Entre las medidas urgentes para abordar la emergencia climática se encuentran los planes y procesos claves para facilitar la adaptación a las altas temperaturas y reducir los efectos adversos en la salud de los habitantes. El objetivo de este estudio es conocer qué factores sociales, climáticos y económicos se han relacionado con la evolución de las temperaturas de mínima mortalidad (TMM) en España en los contextos rural y urbano, durante el periodo 1983-2018. Para ello, se estudiaron los factores locales en cuanto a su relación con los niveles de adaptación al calor.

Se realizó un estudio ecológico, longitudinal y retrospectivo. Se realizaron modelos GLM para identificar las variables que aparecían relacionadas con la adaptación. La adaptación se calculó como la diferencia de variación de TMM en función del incremento medio de las temperaturas máximas diarias.

En términos de adaptación al calor, las poblaciones urbanas se han adaptado más que las no urbanas. El 79% de las provincias urbanas se han adaptaron al calor, en comparación con el 21% de las provincias rurales que no se adaptaron.

En relación a las zonas urbanas, fueron el nivel de renta y las que están más habituadas al calor (mayores valores del percentil 95) las variables que se relacionaron con la adaptación. En cambio, en las provincias no urbanas fueron el mayor número de licencias de rehabilitación concedidas y el mayor número de profesionales sanitarios las que mostraron asociación con los mayores valores de incremento de TMM y, por tanto, de adaptación.

Estos resultados resaltan la necesidad de realizar estudios que permitan identificar los factores locales más relevantes e influyentes en la adaptación de la población. Por ello, es necesario realizar más investigaciones a una escala menor.

**Palabras clave:** Adaptación, Temperatura mínima de mortalidad, Urbano, Rural, Planes de prevención, Factores locales

## **ABSTRACT**

The European Union is currently engaged in policy decisions to combat climate change. Among the urgent measures to address the climate emergency are key plans and processes to facilitate adaptation to high temperatures and reduce adverse effects on people's health. The aim of this study was to provide knowledge related to the social, climate and economic factors that are related to the evolution of minimum mortality temperatures (MMT) in Spain in the rural and urban contexts, during the 1983–2018 time period. For this purpose, local factors were studied regarding their relationship to levels of adaptation to heat.

An ecological, longitudinal and retrospective study was carried out. Generalized linear models (GLM) were performed to identify the variables that appeared to be related to adaptation. The adaptation was calculated as the difference in variation in MMT based on the average increase in maximum daily temperatures.

In terms of adaptation to heat, urban populations have adapted more than non-urban populations. The 79% of urban provinces have adapted to heat, compared to 21% of rural provinces that have not adapted.

In terms of urban zones, income level and habituation to heat (values over the 95th percentile) were variables shown to be related to adaptation. In contrast, among non-urban provinces, a greater number of housing rehabilitation licenses and a greater number of health professionals were variables associated with higher increases in MMT, and therefore, with adaptation.

These results highlight the need to carry out studies that allow for identifying the local factors that are most relevant and influential in population adaptation. Therefore, further research on a smaller scale is needed.

**Key words:** Adaptation, Minimum mortality temperature, Urban, Rural, Prevention plans, Local factors.

## **1. INTRODUCCIÓN**

la Unión Europea se encuentra inmersa en la toma de decisiones políticas para combatir el cambio climático. Entre las medidas urgentes para abordar la emergencia climática se encuentran los planes y procesos claves para facilitar la adaptación a las altas temperaturas y reducir los efectos adversos en la salud de los habitantes (European Commission (EC), 2020). El impacto del calor difiere entre los diferentes países europeos. Las diferencias de mortalidad por los efectos del calor entre diferentes regiones, pueden estar determinadas tanto por las condiciones climatológicas, como por las características individuales, los factores de adaptación, mejoras de infraestructuras y los servicios (de Donato et al., 2015; Gasparrini et al., 2015; Son et al., 2014).

El objetivo de este estudio es conocer qué factores sociales, climáticos y económicos se han relacionado con la evolución de las temperaturas de mínima mortalidad (TMM) en España en los contextos rural y urbano, durante el periodo 1983-2018.

## **2. MÉTODOS**

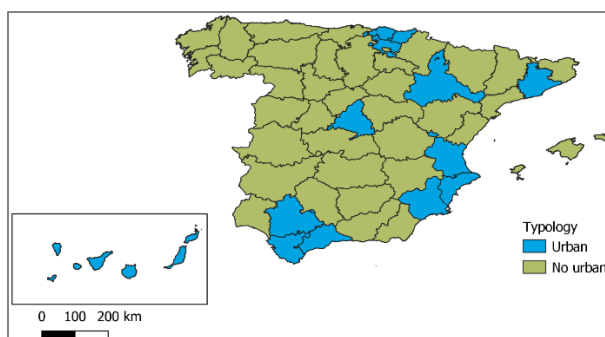
### **2.1 Área de estudio**

El territorio español fue clasificado a nivel geográfico (NUTS 3) según (Regulation (EC) No 1059/2003 on the Establishment of a Common Classification of Territorial Units for Statistics (NUTS), 2003), que, en el caso de España, se corresponde a la división administrativa de provincias. Para el nivel NUTS 3 se establecieron varias tipologías, siendo una de ellas la tipología urbana-rural que se corresponden a regiones predominantes urbanas, regiones intermedias y regiones predominantes rurales, también regulada por el reglamento europeo 1059/2003.

### **2.2 Variables de estudio**

El comportamiento de la población con respecto a los riesgos de las temperaturas extremas difiere en función de la tipología rural-urbana. Por ello, al igual que trabajos previos se ha utilizado la diferenciación de la tipología en este estudio (López-Bueno et al., 2021a; López-Bueno et al., 2021b).

Para la clasificación urbana-rural, se utilizó el criterio utilizado por (Eurostat, 2015) en función del porcentaje de población rural de la población total, siendo 20% para las regiones predominantes urbanas, entre 20% y 50% para las regiones intermedias y 50% o más para regiones predominante rurales. Para el estudio se agruparon las provincias en dos categorías: urbanas que se corresponden a las regiones predominantes urbanas y no urbanas que se corresponden a las regiones intermedias y predominantes rurales (figura 1).



*Fig. 1: Mapa urbano y no urbano de España 2015.*

Las variables utilizadas se clasificaron en tres categorías: dependiente, explicativas y de control (tabla 1).

#### **2.2.a. Variables dependientes**

Cómo variable dependiente principal se emplea el MMT\_VAR, que se corresponde al incremento de las temperaturas mínima de mortalidad (TMM) entre los años 1983-2018, según la metodología y resultados (Follos et al., 2020) (figura 2). Estos datos fueron determinados a través de los datos de mortalidad y temperatura provistos respectivamente por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

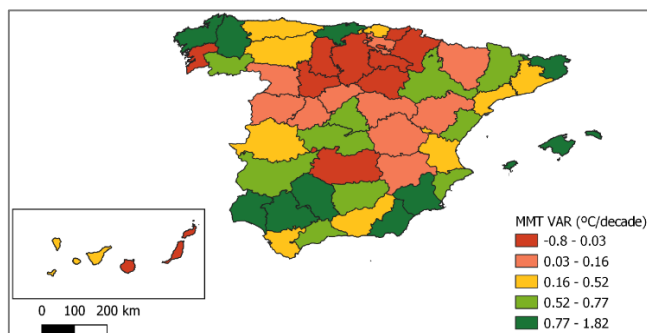


Fig. 2: Variación de la temperatura de mínimo de mortalidad en España 1983-2018.

### 2.2.b. Variables explicativas

Para las variables explicativas, se preseleccionaron en una primera fase diversas variables demográficas, económicas, relativas a viviendas y variables sanitarias (tabla 1). Cada una de las variables se calculó por provincias (equivalentes a NUTS 3) y se tuvo en cuenta el espacio temporal que estuviera comprendido en el periodo de tiempo del estudio.

### 2.2.c. Variable de control

Cómo variable de control de exposición se utilizó las variables  $T_{95}$ , que se corresponde a las temperaturas situadas en el percentil 95 para cada provincia española en el periodo 1980-2003. Teniendo en cuenta que la vulnerabilidad al calor depende de la exposición de la población al calor a la temperatura máxima diaria (Linares et al., 2017).

### 2.2.d. Variable de adaptación

Asimismo, para conocer si las provincias se adaptaron o no durante el periodo de estudio, se calculó la variable ADAPTATION. Para la creación de esta variable se utilizó la variable ADAPT\_LEVEL, que se corresponde a la diferencia de la variación de la mínima temperatura de mortalidad (MMT VAR) con el incremento promedio de las temperaturas máximas diarias, según la metodología y resultados (Follos et al., 2020). Se le asignó a la variable ADAPTATION el valor 1 a las provincias adaptadas (el valor del nivel de adaptación es mayor que cero), y un valor de 0, a las provincias que no se adaptaron (tuvieron un valor de nivel de adaptación menor que cero).

## 2.3 Análisis de datos

Para el análisis de los datos, en primer lugar, se tuvieron en cuenta la división entre provincias urbanas y no urbanas de cada una de las variables. Fueron analizadas mediante el uso de modelos lineales generalizados GLM (link = identity).

En segundo lugar, con las variables (tabla 1) seleccionadas de la forma descrita se generó un modelo ajustado por cada uno de los grupos (urbanos y no urbanos). En estos modelos, las variables fueron descartadas en función de su sentido biológico y

por orden descendente de p-valor hasta alcanzar la significación estadística ( $p\text{-value} < 0.05$ ).

Para el análisis de los modelos se utilizó el programa estadístico STATA en su versión 15. Para el tratamiento de los datos se utilizó el software R en su versión 4.0.2. Para la representación espacial, se utilizó el programa de sistema de información geográfica QGIS en su versión 3.16.0

### **3. RESULTADOS**

Según el criterio de clasificación empleado en el estudio, España a nivel de provincias es predominantemente no urbana 72% (36 provincias) frente al 28% (14) que son urbanas (figura 1). Con respecto a la adaptación según la tipología urbana-rural, se adaptaron el 79% (11) de las provincias urbanas frente al 21% (3) que no se adaptaron. En cambio, de las provincias no urbanas sólo se adaptaron el 44% (16) frente al 56% (20) que no lo hicieron. Ambas diferencias fueron estadísticamente significativas ( $p\text{-value} < 0.05$ ) según la comprobación mediante test chi-cuadrado.

Para la elección de las variables candidatas (tabla 1), si bien no se asociaron estadísticamente significativa entre las variables independientes con la variación de la MMT en las zonas urbanas. En cambio, en las zonas no urbanas, si se encontraron cinco variables significativas en los contextos demográficos (POP\_65 y POPULATION), económicos (INCOME), viviendas (REHABILITATION\_LICENSES) y sanitarios (MEDICAL\_FACILITIES).

Con respecto a la MMT (figura 2), podemos observar que tanto el primer y el segundo quintil se corresponden con valores bajos de MMT (-0.8 a 0.16) y se concentraron en provincias inadaptadas. En cambio, a partir del tercer cuartil (0.16 a 1.82), exceptuando tres provincias (León, Cáceres y Granada que no se adaptaron), todas las demás provincias se adaptaron.

En relación a los recursos económicos en España, predominan las provincias desfavorecidas 68% frente al 32% de zonas más favorecidas. Las zonas privilegiadas se concentran principalmente en la zona norte del país. Si bien, en las zonas desfavorecidas del todo territorio español la adaptación no es un factor diferenciador, pues el 50% de estas poblaciones no se adaptaron y la otra mitad si se adaptaron. En cambio, en las zonas más favorecidas si sobresalen las provincias que mostraron adaptación fue el 63% frente al 37% que no se adaptaron.

En cuanto a los resultados de la relación de la MMT con los variables explicativas y de control (tabla 2), podemos observar que, en las zonas urbanas, las dos variables que se relacionaron de forma estadísticamente significativa ( $p\text{-value} < 0.05$ ) fueron ECONOMIC\_RESOURCES y T\_95. En el primer caso, el ritmo de variación es menor en las poblaciones más desfavorecidas. En el segundo observamos que la MMT\_VAR tiende a crecer con la exposición al calor extremo.

Con respecto a las zonas no urbanas, las dos variables que se relacionaron con la MMT de forma estadísticamente significativa ( $p\text{-value} < 0.05$ ) fueron REHABILITATION\_LICENSES y HEALTH\_PROFESSIONALS. En este caso, a mayor porcentaje de licencias de rehabilitación para edificios y mayor porcentaje de profesionales sanitarios, mostraron una mayor variación del ritmo de adaptación de la población.

#### **4. DISCUSIÓN**

Las poblaciones urbanas se adaptaron más que las poblaciones no urbanas. Esto concuerda con otros estudios que encontraron un comportamiento diferencial del calor, en que las áreas no urbanas son más vulnerables que las áreas urbanas (Chen et al., 2017; Hu et al., 2019). Lo que iría en contra de otros estudios que encontraron que las áreas urbanas fueron más vulnerables que las áreas rurales (Gabriel y Endlicher, 2011; Wang et al., 2018). En parte, el mayor porcentaje de adaptación observado en las zonas urbanas puede guardar relación con una mejor situación económica.

En este trabajo se ha entendido que se adaptan aquellas provincias cuya MMT crece a mayor ritmo que las temperaturas máximas diarias. Sin embargo, esto no implica la desaparición de los riesgos en salud asociados con el calor extremo. Es decir, la adaptación de una provincia vulnerable no implica que esta deje de ser vulnerable.

Con respecto a la relación entre los factores locales y la MMT, por un lado, destaca que sólo se encontraron en la preselección cinco variables significativas ( $p$ -valor  $<0.05$ ) de todas las variables candidatas del estudio en las zonas no urbanas. Esto nos puede indicar que al igual que en otros estudios, los factores demográficos (Miron et al., 2008), socioeconómicos (Chung et al., 2018) y de infraestructuras de salud pública están relacionados con la MMT (Cao et al., 2021) al menos con las regiones no urbanas.

Por otro lado, con respecto al modelo final de las zonas urbanas, los resultados se relacionaron con los recursos económicos y con las temperaturas situadas en el percentil 95. Esto supone que, a mayor número de provincias más favorecidas, y con temperaturas más altas, mayor es el incremento de la MMT.

Las personas con menos recursos tienen más dificultades para poder aclimatar su vivienda a través de equipos de refrigeración, o bien aun disponiendo de ellos, no tienen ingresos suficientes para afrontar el pago del consumo energético (Bakhsh et al., 2018). El nivel privación determina la vulnerabilidad frente al calor, siendo además un factor de riesgo de sufrir aumentos de mortalidad específicamente asociados con temperaturas extremas (López-Bueno et al., 2021b). Asimismo, un estudio relacionó los cambios en la vulnerabilidad al calor con diferentes escenarios socioeconómicos europeos. Según los autores, las condiciones socioeconómicas determinarán el nivel de adaptación de cada población (Rohat et al., 2019).

En cuanto a la asociación encontrada para el percentil 95, esta coincide con lo reportado en la bibliografía. Así, trabajos anteriores han encontrado que una mayor exposición tiende a estar relacionada con menores riesgos y vulnerabilidad asociados a las olas de calor (Curriero et al., 2002). Es decir, los riesgos son mayores en las zonas más frescas y, por tanto, menos habituadas al calor.

Teniendo en cuenta que la MMT es una medida de adaptación al calor (Follos et al., 2020), debe ser considerada en relación con el incremento de las temperaturas ambientales. Si la tasa de evolución de la MMT es superior con el incremento del promedio de las temperaturas máximas diarias en un mismo periodo de tiempo, se estaría adaptando la población. Las zonas con una tendencia al alza de MMT tienen más posibilidades de adaptarse. Esto supone que las consecuencias del impacto del calor en salud asociados con el calor extremo suelen ser menores (Follos et al., 2021). Con respecto al modelo final de las zonas no urbanas, se relacionaron con la calidad de las viviendas y los recursos humanos sanitarios. A mayor número de viviendas

rehabilitadas y una mayor proporción de profesionales sanitarios en atención primaria, mejor adaptación al calor. Los profesionales sanitarios en este estudio se componen de médicos de familia y de enfermeras en Atención Primaria. En consecuencia, el aumento de la ratio de profesionales sanitarios es un factor protector. El diseño de edificios eficientes y la rehabilitación de las viviendas pueden reducir los efectos del calor (Ramakrishnan et al., 2017). Sin embargo, estas limitaciones son comunes en todos los estudios de este tipo.

El estudio presenta varias limitaciones, por un lado, es un estudio ecológico, y por tanto las conclusiones son válidas solo a nivel de población. Tampoco se han considerado los datos de contaminación atmosférica, al no disponer de datos de suficiente calidad a nivel provincial para incluirla en el estudio. Otra limitación es el concepto de ruralidad, pues no existe un consenso de una definición única (López-Bueno et al., 2021b).

Los datos han sido agregados y analizados a nivel intermedio (provincias). Sin embargo, estos no son grupos de población homogéneos en cuanto a estatus socioeconómico, tipos de población y estilos de vida. En consecuencia, se debe tener presente que los resultados obtenidos pueden enmascarar el comportamiento que manifiestan las distintas subpoblaciones que conviven dentro de una provincia, por lo que hace recomendable el desarrollo de estudios específicos de población que ayuden a determinar parches homogéneos de población en función del ambiente, el clima y la meteorología, así como en función de la estructura social y urbanística de la población. Estudios de población basados en unidades muestrales no administrativas así descritas darían lugar a resultados de gran consistencia.

<b>Tipo</b>	<b>Categoría</b>	<b>Variables</b>
Dependiente	Mortalidad	Variación de la temperatura de mínimo de mortalidad por grado y década (MMT_VAR).
Explicativas	Demográfica	Proporción de mayores de 65 años (POP_65) y promedio de habitantes (POPULATION).
	Económica	Renta per cápita (INCOME), privación por grupos favorecidos o desfavorecidos (DEPRIVATION).
	Vivienda	Proporción del buen estado de las viviendas (GOOD_HOUSE), proporción de viviendas con menos de 50 años de antigüedad (HOUSE_LESS_50), licencias de rehabilitación (REHABILITATION_LICENSES).
	Sanitaria	Gasto sanitario por habitantes (HEALTH_EXPENDITURE), proporción de profesionales sanitarios (HEALTH_PROFESSIONALS), proporción de ambulancias (AMBULANCES), ratio de centros de salud (HEALTH_FACILITIES) y consultorios (MEDICAL_FACILITIES) por habitantes.
Control	Climatológica	Temperaturas umbrales de ola de calor basadas en el percentil 95 (T_95).

*Tabla 1: Relación de variables por categorías y tipo.*

Si bien estos resultados son una interesante aproximación exploratoria, el desarrollo de medidas concretas y recomendaciones específicas en salud públicas exige el desarrollo de estudios a nivel inferior a la provincia. Esto permitirá disponer de resultados más detallados y en base a unidades de población más homogénea.

Var	Urban				No urban			
	Coef.	Std. Err.	z	P>z	Coef.	Std. Err.	z	P>z
T_95	0.064	0.023	2.72	0.884	-0.008	0.0297	-0.28	0.781
POP_65	0.014	0.095	0.15	0.884	-0.054	0.0308	0.078	0.021
POPULATION	0.000	0.000	0.76	0.445	0.000	0.000	2.33	0.02
INCOME	-0.000	0.000	-1.35	0.178	-0.008	0.000	-1.01	0.312
DEPRIVATION	-0.288	0.171	-1.69	0.092	-0.172	0.223	-0.77	0.44
GOOD_HOUSE	0.888	4.850	0.18	0.855	-12.078	5.010	-2.41	0.016
HOUSE_LESS_50	2.394	1.334	1.79	0.073	-1.890	2.303	-0.82	0.412
REHABILITATION_LICENCES	-0.164	0.342	-0.48	0.632	0.548	0.228	2.4	0.017
HEALTH_EXPENDITURE	0.000	0.021	0.02	0.988	-0.0049	0.018	-0.27	0.789
HEALTH_PROFESSIONALS	-0.000	0.000	-1.01	0.311	0.001	0.000	2.42	0.015
AMBULANCES	0.0102	0.060	0.17	0.864	-0.003	0.0217	-0.15	0.877
HEALTH_FACILITIES	-0.1608	0.090	-1.79	0.073	-0.015	0.0188	-0.8	0.426
MEDICAL_FACILITIES	0.0057	0.015	0.39	0.695	-0.003	0.001	-3.28	0.001

Tabla 2: Modelo univariante por variables de los ámbitos geográficos urbanos y no urbanos.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen las subvenciones para los proyectos ENPY107/18, ENPY 376/18 y ENPY 470/19 del Instituto de Salud Carlos III (ISCIII) con número de expediente ENPY 470/19, cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad, del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

## REFERENCIAS

- Bakhsh, K., Rauf, S., & Zulfiqar, F. (2018). Adaptation strategies for minimizing heat wave induced morbidity and its determinants. *Sustainable Cities and Society*, 41, 95–103. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.05.021>
- Cao, R., Wang, Y., Huang, J., He, J., Ponsawansong, P., Jin, J., Xu, Z., Yang, T., Pan, X., Prapamontol, T., & Li, G. (2021). The mortality effect of apparent temperature: A multi-city study in Asia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(9). <https://doi.org/10.3390/ijerph18094675>
- Chen, K., Horton, R. M., Bader, D. A., Lesk, C., Jiang, L., Jones, B., Zhou, L., Chen, X., Bi, J., & Kinney, P. L. (2017). Impact of climate change on heat-related mortality in Jiangsu Province, China. *Environmental Pollution*, 224, 317–325. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.02.011>



- Chung, Y., Yang, D., Gasparrini, A., Vicedo-Cabrera, A. M., Ng, C. F. S., Kim, Y., Honda, Y., & Hashizume, M. (2018). Changing susceptibility to non-optimum temperatures in Japan, 1972-2012: The role of climate, demographic, and socioeconomic factors. *Environmental Health Perspectives*, 126(5), 057002-1-057002-057008. <https://doi.org/10.1289/EHP2546>
- Curriero, F. C., Heiner, K. S., Samet, J. M., Zeger, S. L., Strug, L., & Patz, J. A. (2002). Temperature and Mortality in 11 Cities of the Eastern United States. *American Journal of Epidemiology*, 155(1), 80–87. <https://doi.org/10.1093/AJE/155.1.80>
- de' Donato, F. K., Leone, M., Scortichini, M., De Sario, M., Katsouyanni, K., Lanki, T., Basagaña, X., Ballester, F., Åström, C., Paldy, A., Pascal, M., Gasparrini, A., Menne, B., & Michelozzi, P. (2015). Changes in the effect of heat on mortality in the last 20 years in nine European cities. Results from the PHASE project. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(12), 15567–15583. <https://doi.org/10.3390/ijerph121215006>
- European Commission (EC). (2020). Adaptation to Health Effects of Climate Change in Europe. *In Group of Chief Scientific Advisors*.
- Eurostat. (2015). *Regional yearbook 2015*. <https://ec.europa.eu/eurostat/statistical-atlas/gis/viewer/?config=RYP-2015.json&mid=2,117,CNTOVL&o=1,1,0.7&ch=11,27,113,114&center=40.52285,0.40096,4&lci=117&i=117,43.10,-8.35>
- Follos, F., Linares, C., López-Bueno, J. A., Navas, M. A., Culqui, D., Vellón, J. M., Luna, M. Y., Sánchez-Martínez, G., & Díaz, J. (2021). Evolution of the minimum mortality temperature (1983–2018): Is Spain adapting to heat? *Science of The Total Environment*, 784, 147233. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147233>
- Follos, F., Linares, C., Vellón, J. M., López-Bueno, J. A., Luna, M. Y., Sánchez-Martínez, G., & Díaz, J. (2020). The evolution of minimum mortality temperatures as an indicator of heat adaptation: The cases of Madrid and Seville (Spain). *Science of the Total Environment*, 747, 141259. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141259>
- Gabriel, K. M. A., & Endlicher, W. R. (2011). Urban and rural mortality rates during heat waves in Berlin and Brandenburg, Germany. *Environmental Pollution*, 159(8–9), 2044–2050
- Hu, K., Guo, Y., Yang, X., Zhong, J., Fei, F., Chen, F., Zhao, Q., Zhang, Y., Chen, G., Chen, Q., Ye, T., Li, S., & Qi, J. (2019). Temperature variability and mortality in rural and urban areas in Zhejiang province, China: An application of a spatiotemporal index. *Science of the Total Environment*, 647, 1044–1051. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.095>
- Miron, I. J., Criado-Alvarez, J. J., Diaz, J., Linares, C., Mayoral, S., & Montero, J. C. (2008). Time trends in minimum mortality temperatures in Castile-La Mancha (Central Spain): 1975-2003. *International Journal of Biometeorology*, 52(4), 291–299. <https://doi.org/10.1007/s00484-007-0123-6>
- Linares, C., Carmona-Alferez, R., Ortiz Burgos, C., & Diaz-Jimenez, J. (2017). *Temperaturas extremas y salud. Cómo nos afectan las olas de calor y de frío*. <https://repisalud.isciii.es/handle/20.500.12105/9074>
- López-Bueno, J. A., Navas-Martín, M. Á., Díaz, J., Mirón, I. J., Luna, M. Y., Sánchez-Martínez, G., Culqui, D., & Linares, C. (2021a). The effect of cold waves on mortality

- in urban and rural areas of Madrid. *Environmental Sciences Europe*, 33(1), 72. <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00512-z>
- López-Bueno, J. A., Navas-Martín, M. A., Linares, C., Mirón, I. J., Luna, M. Y., Sánchez-Martínez, G., Culqui, D., & Díaz, J. (2021b). Analysis of the impact of heat waves on daily mortality in urban and rural areas in Madrid. *Environmental Research*, 195, 110892. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110892>
- Regulation (EC) No 1059/2003 on the establishment of a common classification of territorial units for statistics (NUTS), (2003) (testimony of The European Parliament and of the Council). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02003R1059-20180118&from=EN>
- Ramakrishnan, S., Wang, X., Sanjayan, J., & Wilson, J. (2017). Thermal performance of buildings integrated with phase change materials to reduce heat stress risks during extreme heatwave events. *Applied Energy*, 194, 410–421. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.04.084>
- Rohat, G., Flacke, J., Dosio, A., Pedde, S., Dao, H., & van Maarseveen, M. (2019). Influence of changes in socioeconomic and climatic conditions on future heat-related health challenges in Europe. *Global and Planetary Change*, 172, 45–59. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2018.09.013>
- Son, J. Y., Bell, M. L., & Lee, J. T. (2014). The impact of heat, cold, and heat waves on hospital admissions in eight cities in Korea. *International Journal of Biometeorology*, 58(9), 1893–1903. <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0791-y>
- Wang, C., Zhang, Z., Zhou, M., Wang, P., Yin, P., Ye, W., & Zhang, L. (2018). Different response of human mortality to extreme temperatures (MoET) between rural and urban areas: A multi-scale study across China. *Health and Place*, 50, 119–129. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2018.01.011>