

Evolución de la temperatura de mínima mortalidad en Madrid y Sevilla en el periodo 1983-2018

Evolução da temperatura de mortalidade mínima em Madrid e Sevilha no período 1983-2018

Evolution of the minimum mortality temperature in Madrid and Seville in the 1983-2018 period

Fernando Follos Pliego¹, Cristina Linares Gil², José Manuel Vellón Graña¹, José Antonio López Bueno², María Yolanda Luna Rico³, Gerardo Sánchez Martínez⁴, Julio Díaz Jiménez²

¹Tdot Soluciones Sostenibles, SL. Ferrol. A Coruña, Spain.

²Escuela Nacional de Sanidad. Instituto de Salud Carlos III, Madrid España.

³Agencia Estatal de Meteorología, Madrid, España.

⁴The UNEP DTU Partnership. Copenhagen, Denmark.

Cita: Follos Pliego F, Linares Gil C, Vellón Graña JM, López Bueno JA, Luna Rico MY, Sánchez Martínez G, Díaz Jiménez J. Evolución de la temperatura de mínima mortalidad en Madrid y Sevilla en el periodo 1983-2018. Rev. salud ambient. 2020; 20(1):14-20.

Recibido: 13 de mayo de 2020. **Aceptado:** 23 de mayo de 2020. **Publicado:** 15 de junio de 2020.

Autor para correspondencia: Julio Díaz Jiménez.

Correo e: j.diaz@isciii.es

Escuela Nacional de Sanidad. Instituto de Salud Carlos III, Madrid, España.

Financiación: 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, además de los proyectos de investigación ISCIII: ENPY 107/18 y ENPY 376/18.

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses que hayan influido en la realización y la preparación de este trabajo.

Declaraciones de autoría: Todos los autores contribuyeron al diseño del estudio y la redacción del artículo. Asimismo todos los autores aprobaron la versión final.

Resumen

El incremento de las olas de calor en frecuencia e intensidad es uno de los efectos más incuestionables del cambio climático. Una forma de detectar la evolución del impacto del calor es a través del aumento de la denominada temperatura de mínima mortalidad (TMM). El objetivo de este estudio es determinar la evolución temporal de la TMM en dos provincias españolas (Sevilla y Madrid) durante el periodo 1983-2018 y evaluar si el ritmo de adaptación al calor es adecuado. Se ha utilizado la tasa bruta de mortalidad diaria por causas naturales (CIEX: A00-R99) y la temperatura máxima diaria (°C), determinándose la TMM a escala quinquenal mediante diagramas de dispersión. Este mismo análisis se realizó a nivel anual. Los resultados observados en el análisis quinquenal fueron que la TMM es superior en Sevilla que en Madrid y es más elevada en los hombres que en las mujeres en las dos provincias. A nivel anual, el ajuste lineal es significativo para Madrid para toda la población y corresponde a un aumento en la TMM de 0,58 °C/década, y para Sevilla a 1,14 °C/década. Tanto Madrid como Sevilla se están adaptando al incremento de la temperatura que se ha observado en los últimos 36 años y se observa que las mujeres son un grupo de mayor susceptibilidad frente al calor que los hombres. Se debe continuar con la implementación en mejoras y la evaluación de los planes de prevención frente al impacto del calor para la adecuada adaptación futura.

Palabras clave: Temperatura de mínima mortalidad; adaptación; mortalidad diaria; planes de prevención.

Resumo

O aumento das ondas de calor em frequência e intensidade é um dos efeitos mais inquestionáveis das alterações climáticas. Uma maneira de detetar a evolução do impacto do calor é através do aumento da chamada temperatura de mortalidade mínima (TMM). O objetivo deste estudo é determinar a evolução temporal da TMM em duas províncias espanholas (Sevilha e Madrid) durante o período 1983-2018 e avaliar se a taxa de adaptação ao calor é adequada. Foram utilizadas a taxa bruta de mortalidade diária por causas naturais (CIEX: A00-R99) e a temperatura máxima diária (°C), determinando a TMM numa escala quinquenal usando diagramas de dispersão. Essa mesma análise foi também realizada anualmente. Os resultados observados na análise de cinco anos foram que a TMM em Sevilha é superior à de Madrid e é mais elevada nos homens relativamente às mulheres, nas duas províncias. A nível anual, o ajuste linear é significativo para Madrid para toda a população e corresponde a um aumento da TMM de 0,58 °C/década, e para Sevilha 1,14 °C/década. Madrid e Sevilha estão a adaptar-se ao aumento de temperatura verificado nos últimos 36 anos e observa-se que as mulheres são um grupo de maior suscetibilidade ao calor do que os homens. Deve-se continuar com a implementação de melhorias e com a avaliação dos planos de prevenção contra o impacto do calor para uma adequada adaptação futura.

Palavras-chave: temperatura de mortalidade mínima; adaptação; mortalidade diária; planos de prevenção.

Abstract

The increase in the frequency and intensity of heat waves is one of the most indisputable effects of climate change. One way of detecting the evolution of the impact of heat is through the increase in the so-called minimum mortality temperature (MMT). The purpose of this study is to determine the temporal evolution of the MMT in two Spanish provinces (Seville and Madrid) during the 1983-2018 period and to evaluate whether the rate of adaptation to heat is appropriate. We used the gross rate of daily mortality due to natural causes (CIEX: A00-R99) and the maximum daily temperature (°C) to determine the five-year MMT using dispersion diagrams. We conducted the same analysis at the annual level. The results obtained in this five-year analysis show that the MMT is higher in Seville than in Madrid and that it is higher among men than among women in both provinces. At the annual level, the linear fit is significant in the case of Madrid for the entire population, and corresponds to an increase in the MMT of 0.58 °C per decade. In the case of Seville, the increase was of 1.14 °C/decade. Both Madrid and Seville are adapting to the temperature increase observed over the past 36 years. On the other hand, women are the group that is more susceptible to heat, compared to men. The implementation of improvements and the evaluation of heat-wave impact prevention plans should continue in order to ensure adequate adaptation in the future.

Keywords: Minimum mortality temperature; adaptation; daily mortality; prevention plans.

INTRODUCCIÓN

Según el IPCC se está produciendo un incremento de las olas de calor en frecuencia e intensidad¹ y estas van a tener una incidencia clara en el aumento de la mortalidad diaria asociada a las altas temperaturas proyectadas en el futuro con su consiguiente impacto económico^{2,3}.

Gran parte de estos trabajos parten de la base de suponer constantes en el tiempo tanto el impacto de la mortalidad atribuible al calor como la temperatura de definición de ola de calor^{2,3}. Sin embargo, estas hipótesis no son realistas, ya que diferentes investigaciones muestran que el impacto del calor está disminuyendo^{4,5}, lo que llevaría a pensar en la existencia de una posible adaptación al calor debida a múltiples factores tanto relacionados con la existencia de planes de prevención⁶ como a factores sociales o culturales⁷, sanitarios, económicos o de mejoras en las infraestructuras⁸.

Otra forma de detectar la existencia de un menor impacto del calor sobre la mortalidad es a través del aumento de la temperatura umbral a partir de la cual

comienza a aumentar la mortalidad por calor. A esta temperatura se le denomina temperatura de mínima mortalidad (TMM)⁹ y coincide con el vértice de la tradicional forma en V detectada epidemiológicamente para la relación temperatura - mortalidad¹⁰.

Desde el punto de vista de la evaluación de los planes de prevención existentes en diferentes lugares de Europa, no hay una metodología clara que aplicar, centrándose en estudios locales que se limitan a observar la disminución de la mortalidad¹¹ utilizando metodologías diversas que hacen complicada la comparación de resultados y la elaboración de medidas de mejora de dichos planes de prevención⁶.

Una forma de evaluar la adaptación al calor y la eficacia de las medidas adoptadas será ver si se ha producido una evolución temporal de la TMM al mismo ritmo que los diferentes modelos climáticos estiman que va a aumentar la temperatura diaria⁸. Es decir, la "adaptación completa" al calor se producirá cuando el percentil al que corresponde la TMM en relación a la serie de temperaturas máximas diarias de los meses de verano permanezca constante en el tiempo¹².

Pese a la importancia de la TMM como indicador de los procesos de adaptación al calor, su evolución se ha estudiado con poca frecuencia. Son destacables el estudio realizado a nivel de ciudad en Estocolmo⁹; el llevado a cabo en varias ciudades españolas¹³ y el realizado a nivel de todo un país en Japón¹⁴ o en Francia¹⁵.

El objetivo de este estudio es determinar la evolución temporal de la TMM en dos ciudades españolas en las que se ha producido un descenso brusco del impacto del calor como es Sevilla y en otra donde este descenso ha sido más moderado como es el caso de la ciudad de Madrid⁵. Además se trata de comparar este ritmo de variación de la TMM con el ritmo de incremento de la temperatura máxima previsto en otros estudios para estas ciudades en el horizonte 2050-2100 en un escenario RCP 8.5¹², lo que serviría para evaluar si el ritmo de la adaptación al calor en estas provincias es el necesario para que no se produzca un incremento del número de olas de calor en el periodo 2051-2100 y, por tanto, de la mortalidad asociada a olas de calor. Este estudio se hará diferenciando por sexo, ya que este puede ser un factor de especial susceptibilidad al calor para las mujeres¹⁶.

MATERIAL Y MÉTODOS

Variables: La variable dependiente la constituye la mortalidad diaria por causas naturales (CIEX: A00-R99) ocurridas en las provincias de Madrid y Sevilla en el periodo 1983-2018 en los municipios de más de 10 000 habitantes. Estos datos han sido suministrados por el Instituto Nacional de Estadística (INE). A partir de los datos de población anual (obtenidos también del INE), se calculó la tasa bruta de mortalidad por 100 000 habitantes para cada provincia. Los datos fueron desagregados por sexo.

La variable independiente la constituye la temperatura máxima diaria (Tmax) en °C medida en los observatorios de referencia en Madrid y Sevilla establecidos por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) suministradora de estos datos.

Determinación de la temperatura máxima diaria de mínima mortalidad (TMM). La determinación de la TMM se realizó a dos escalas para los datos de las dos provincias analizadas. La primera a escala quinquenal agrupando las tasas de mortalidad y temperatura máxima diaria en los periodos: 1983-1988; 1989-1993; 1994-1998; 1999-2003; 2004-2008; 2009-2013 y 2014-2018. A partir de los datos diarios de Tmax y de las tasas de mortalidad diaria se analizó la relación funcional a través de diagramas de dispersión en los que en el eje X se sitúa la Tmax en intervalos de un °C y en el eje Y la tasa de mortalidad diaria media ocurrida en ese intervalo.

Posteriormente se realizó un ajuste mediante una estimación curvilínea de tipo cuadrático y cúbico

eligiendo la curva de mejor ajuste. La TMM es el punto mínimo de dichas curvas de ajuste. De este modo, se obtuvo una TMM para cada quinquenio y provincia, representándose posteriormente su evolución temporal según quinquenios. Este mismo análisis se realizó a nivel anual y se representó la evolución de la TMM para cada de provincia desde 1983 a 2018 ajustándose dicha evolución a la ecuación de una recta, cuya pendiente, si es significativa ($p < 0,05$) representará el ritmo anual de variación de la TMM.

RESULTADOS

Los estadísticos descriptivos de las tasas de mortalidad para la población general, hombres y mujeres, así como para la temperatura máxima diaria según quinquenios se muestran en la tabla 1, para Madrid y en la tabla 2, para Sevilla.

En relación a la TMM a nivel quinquenal, en todos los casos, el mejor ajuste curvilíneo fue el de un polinomio de orden 3. A nivel anual también el mejor ajuste curvilíneo fue para un polinomio de orden 3 excepto para casos puntuales que fue cuadrático.

En las figuras 1a y 1b se muestra la evolución temporal de la TMM para las provincias de Madrid y Sevilla tanto para la población general como desagregadas según hombres y mujeres. En ellas se observa que la TMM es superior en Sevilla que en Madrid y, además, que es más elevada en los hombres que en las mujeres y que hay un incremento de esta TMM en todos los quinquenios con un claro descenso de esta TMM en el último quinquenio en especial para el caso de Madrid.

Con objeto de analizar esta evolución temporal de la TMM correspondiente a la mortalidad por causas naturales con más detalle se realizaron las figuras 2a y 2b para Madrid y Sevilla, respectivamente, en las que se muestran estas TMM para cada año, tanto para hombres como para mujeres, así como la pendiente de su correspondiente ajuste lineal.

Para el caso de Madrid, para la población general y tanto para hombres, como para mujeres, el ajuste lineal es significativo a $p < 0,05$. Para el caso de toda la población corresponde a una recta de pendiente de 0,0577 °C/año, es decir un aumento en la TMM de 0,58 °C/década. Para el caso de los hombres la pendiente de la recta de ajuste es de 0,65 °C/década y para las mujeres de 0,56 °C/década.

Para la provincia de Sevilla, cuyos resultados se muestran en la figura 2b, también los ajustes lineales son significativos a $p < 0,05$. Las pendientes de las rectas de ajuste de las TMM tanto para población general como para hombres y mujeres son superiores a las encontradas para la provincia de Madrid. En concreto para el caso de

toda la población la pendiente de ajuste es 1,1 °C/década, superior al obtenido para Madrid. Para el caso de los hombres, al igual que ocurría para Madrid, la pendiente de ajuste 1,2 °C/década y es superior al de las mujeres 1,0 °C/década.

DISCUSIÓN

Los países de la cuenca Mediterránea son de los más afectados por el cambio climático¹⁷. La subida media anual de las temperaturas en la actualidad en relación a las del siglo XIX es de 1,4 °C, lo cual, está por encima del calentamiento global del Planeta¹⁸. En nuestro caso, los incrementos encontrados en la media de las temperaturas máximas diarias entre los quinquenios 1983-1988 y 2014-2018 es de 1,6 °C y de 1,2 °C, para el caso de Madrid.

Para el de Sevilla son similares a los aumentos descritos para el Mediterráneo¹⁸ si bien, hay que tener en cuenta que en nuestro caso no se compara con toda la media del siglo XIX sino solo con un quinquenio al final del siglo y nuestros datos se refieren a la temperatura máxima diaria y no a la temperatura media. Uno de los primeros resultados que queda claramente de manifiesto al observar las figuras 1a y 1b es que la TMM para los hombres es superior a la de las mujeres, lo cual indicaría una mayor vulnerabilidad al impacto del calor en las mujeres que en los hombres. Lo que coincide con lo encontrado en otros estudios realizados en Madrid y Sevilla^{10,19}.

Desde un punto de vista metodológico, cabe destacar que no se puede inferir causalidad con un gráfico de dispersión sino que se debe utilizar el análisis con preblanqueo de series y la representación de los residuos de la serie de mortalidad frente a la temperatura, para hablar en sentido estricto de mortalidad atribuible al calor. Pero lo que se plantea en este estudio es ver cómo evoluciona la temperatura de mínima mortalidad y no observar cambios en la mortalidad atribuible por calor.

Además de las diferencias en salud que se perciben en el contexto de género, existen diferencias fisiológicas en la función termorreguladora entre sexos que podrían explicar este mayor impacto del calor en las mujeres entre las que se incluyen: el tamaño corporal, la condición física o estado de aclimatación²⁰. A esto habría que añadir otros factores como la mayor grasa corporal en las mujeres y el papel que las hormonas sexuales juegan en los mecanismos de termorregulación²¹. Pero también es necesario tener en cuenta que la población diana del calor son las mujeres mayores de 65 años^{10,13}. El hecho de que haya un mayor número de mujeres mayores de 65 años que de hombres puede ser otra de las causas que explique esta mayor susceptibilidad de las mujeres al calor en relación con los hombres.

Otro de los resultados de este estudio es que el mejor ajuste en los diagramas de dispersión, en la mayor parte de los casos, es el ajuste a un polinomio de orden 3, lo que supone la existencia de un valor máximo y un valor mínimo en la curva de ajuste. El máximo en la tasa de mortalidad corresponde a una temperatura baja por lo que se relaciona con la mortalidad invernal, mientras que el mínimo corresponde al valor de la TMM que es el objeto de este estudio. Por tanto el ajuste al polinomio de orden 3 indica que el máximo de mortalidad se sigue dando en invierno pese al aumento de la temperatura máxima diaria que se ha visto en este estudio. Este resultado coincide con el encontrado en otros estudios según los cuales la mortalidad invernal no disminuye de forma significativa pese al calentamiento global¹² probablemente debido a que una mejor adaptación a las altas temperaturas traiga consigo una “desadaptación” a las bajas.

La pendiente de la recta a la que corresponde el ajuste de TMM a lo largo del periodo 1983-2018 indica que la temperatura de mínima mortalidad está aumentando a un ritmo de 0,58 °C/década para Madrid y de 1,14 °C para Sevilla. El valor para Madrid es inferior al obtenido para la ciudad de Estocolmo en el periodo 1901-2009 que establecía este incremento de la TMM en 0,8 °C/década⁹ o al obtenido para Japón de 1,4 °C/década¹⁴, pero muy similar al obtenido para otro lugar de la Europa Mediterránea como es el obtenido para diversas ciudades francesas (0,53 °C/década)¹⁵. De los resultados obtenidos en este estudio puede concluirse que tanto Madrid como Sevilla se están adaptando al incremento de la temperatura que se ha observado en los últimos 36 años. Esto ya se había detectado a través del descenso de los RA atribuibles a la mortalidad por olas de calor que fue especialmente importante para el caso de Sevilla⁵, lo que corrobora ahora la evolución de las TMM mostradas en este trabajo. Los resultados de este estudio muestran a las mujeres como grupo de mayor susceptibilidad ante el calor, por tanto las medidas de adaptación deben dirigirse de forma especial ante este grupo.

Por otro lado, que el ritmo de adaptación que se ha obtenido en el periodo estudiado sea el acorde para que no se haya producido una mayor mortalidad por calor como consecuencia del aumento de la temperatura registrado, no garantiza que lo mismo vaya a ocurrir en el futuro, por tanto, el reto está en continuar con la adaptación. Desde el punto de vista de adaptación “planificada” (es decir, institucional) esto incluiría continuar progresando en la implementación, evaluación y mejoras en los planes de prevención²², potenciar una mayor “Governance and stakeholder involvement”⁶, realizar intervenciones a nivel urbano y a nivel sanitario, así como mejoras de las infraestructuras y de la educación de la población en materia medioambiental y de sus implicaciones en la salud pública.

Figura 1a. Evolución quinquenal de la temperatura de mínima mortalidad (TMM) °C para Madrid

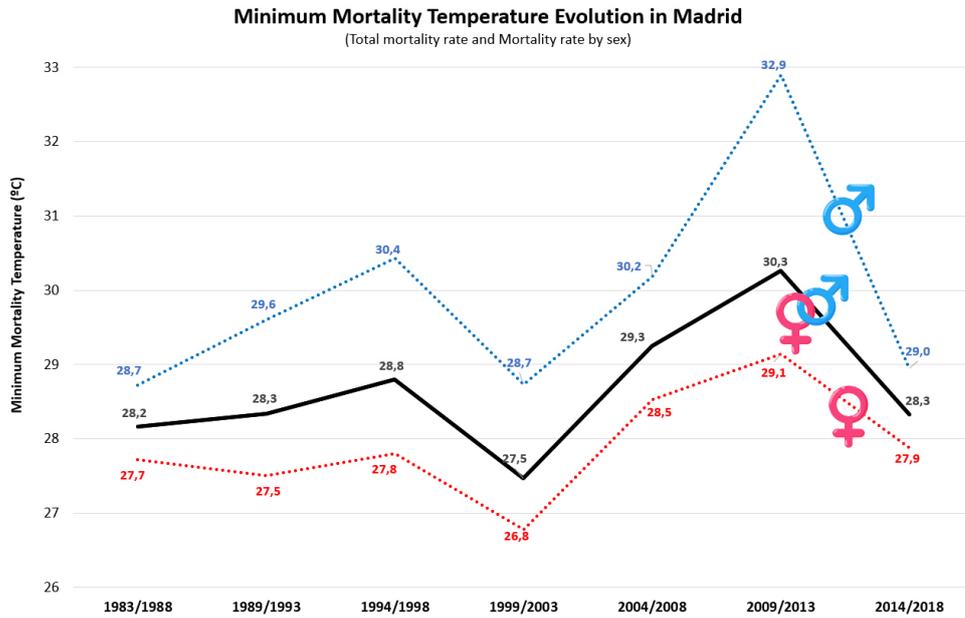


Figura 1b. Evolución temporal de la temperatura de mínima mortalidad (TMM) °C para Sevilla

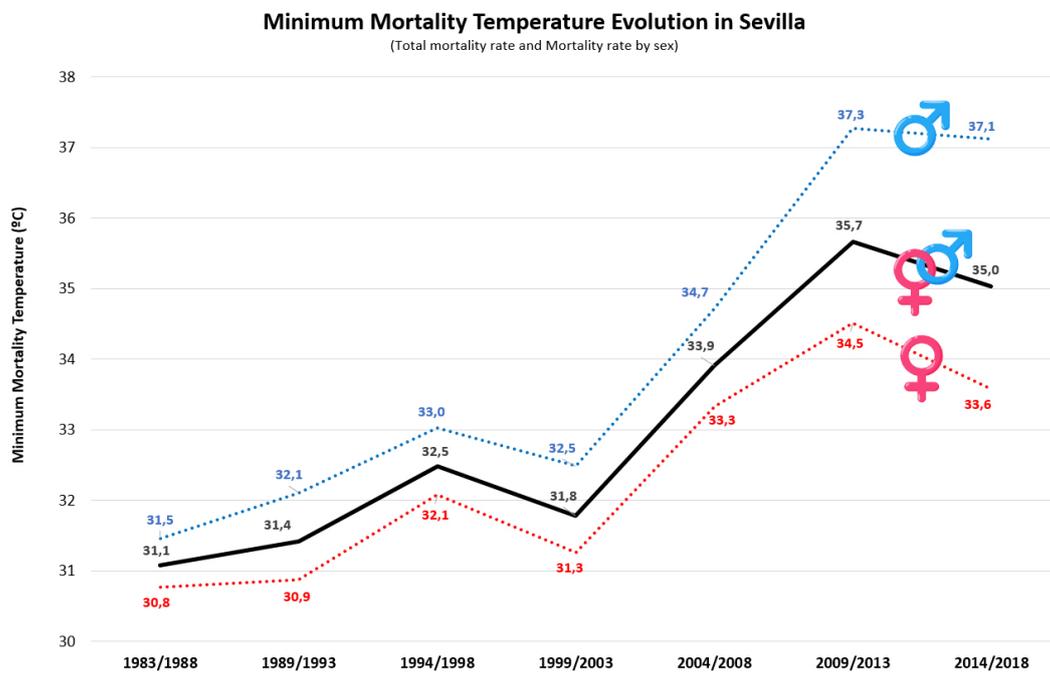


Figura 2a. Evolución temporal anual de la TMM (°C) según sexos para Madrid. También aparece la pendiente de ajuste lineal en °C/año

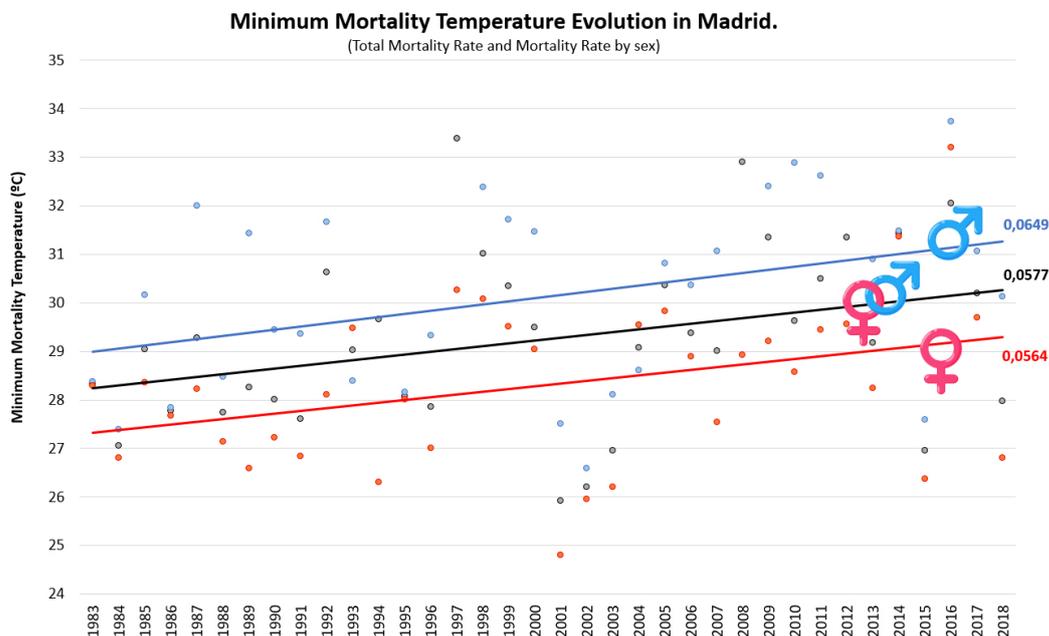
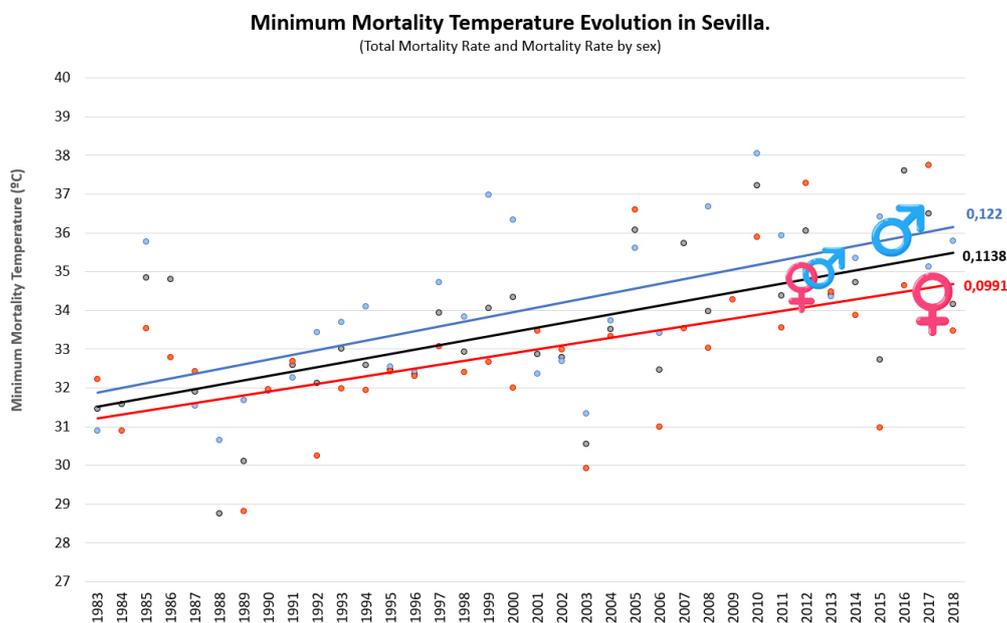


Figura 2b. Evolución temporal anual de la TMM (°C) según sexos para Sevilla. También aparece la pendiente de ajuste lineal en °C/año



AGRADECIMIENTOS

Este proyecto de investigación financiado por el 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, además de los proyectos de investigación ISCIII: ENPY107/18 y ENPY 376/18.

BIBLIOGRAFÍA

- IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, 2013. pp. 1535. [citado 10/05/2020] Disponible en: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/2>.
- Guo Y, Gasparrini A, Li S, Sera F, Vicedo-Cabrera AM, de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho M, Saldiva PHN, et al. Quantifying excess deaths related to heatwaves under climate change scenarios: A multicountry time series modelling study. *PLoS Med*. 2018; 15(7):e1002629.
- Díaz J, Saez M, Carmona R, Mirón IJ, Barceló MA, Luna MY, Linares C. Mortality attributable to high temperatures over the 2021-2050 and 2051-2100 time horizons in Spain: adaptation and economic estimate. *Environ Res*. 2019; 172:475-85.
- Vicedo-Cabrera AM, Sera F, Guo Y, Chung Y, Arbutnott K, Tong S, et al. A multi-country analysis on potential adaptive mechanisms to cold and heat in a changing climate. *Environ Int*. 2018; 111:239-46.
- Díaz J, Carmona R, Mirón IJ, Luna MY, Linares C. Time trend in the impact of heat waves on daily mortality in Spain for a period of over thirty years (1983-2013). *Environ Int*. 2018; 116:10-7.
- Martínez GS, Linares C, Ayuso A, Kendrovski V, Boeckmann M, Díaz J. Heat-Health Action Plans in Europe: challenges ahead and how to tackle them. *Environ Res*. 2019; 19:176:108548.
- Bobb JF, Peng RD, Bell ML, Dominici F. Heat-related mortality and adaptation to heat in the United States. *Environ Health Perspect*. 2014; 122(8):811-6.
- Linares C, Díaz J, Negev M, Sánchez-Martínez G, Debono R, Paz S. Impacts of Climate Change on the Public Health of the Mediterranean Basin Population - Current Situation, Projections, Preparedness and Adaptation. *Environ Res*. 2020; 182:109107.
- Åström DO, Tornevi A, Ebi KL, Rocklöv J, Forsberg B. Evolution of Minimum Mortality Temperature in Stockholm, Sweden, 1901-2009. *Environ Health Perspect*. 2016; 124(6):740-4.
- Díaz J, López C, Jordán A, Alberdi JC, García R, 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.
- de'Donato F, Scortichini M, De Sario M, de Martino A, Michelozzi P. Temporal variation in the effect of heat and the role of the Italian heat prevention plan. *Publ Health*. 2018; 161, 154-62.
- Díaz J, Sáez M, Carmona R, Mirón IJ, Barceló MA, Luna MY, Linares C. Mortality attributable to high temperatures over the 2021-2050 and 2051-2100 time horizons in Spain: adaptation and economic estimate. *Environ Res*. 2019; 172:475-85.
- Miron IJ, Linares C, Montero JC, Criado-Alvarez JJ, Díaz J. Changes in cause-specific mortality during heat waves in central Spain, 1975-2008. *Int J Biometeorol*. 2015; 59(9):1213-22.
- Chung Y, Yang D, Gasparrini A, Vicedo-Cabrera AM, Fook Sheng Ng C, Kim Y, et al. Changing Susceptibility to Non-Optimum Temperatures in Japan, 1972-2012: The Role of Climate, Demographic, and Socioeconomic Factors. *Environ Health Perspect*. 2018; 126(5):057002.
- Todd N, Valleron A-J. Space-Time Covariation of Mortality with Temperature: A Systematic Study of Deaths in France, 1968-2009. *Environ Health Perspect*. 2015; 123(7):659-64.
- Gagnon D, Crandall C. G., & Kenny, G. P. Sex differences in postsynaptic sweating and cutaneous vasodilation. *J. Appl. Physiol*. 2003; 114(3):394-401.
- Negev M, Paz S, Clermont A, Pri-Or N, Shalom U, Yeger T et al. Impacts of climate change on vector borne diseases in the Mediterranean Basin—implications for preparedness and adaptation policy. *Int. J. Environ. Res. Pub. Heal*. 2015; 12(6):6745-70.
- Cramer W, Guiot J, Fader M, Garrabou J, Gattuso JP, Iglesias A, et al. Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. *Nat Clim Change* 2018; 8:972-80.
- Díaz J, García R, Velázquez F, López C, Hernández E, Otero A. Effects of Extremely Hot Days on People older than 65 in Seville (Spain) from 1986 to 1997. *Int J Biometeorol* 2002; 46:145-149.
- Gagnon D, Kenny GP. Does sex have an independent effect on thermos effect or responses during exercise in the heat? *J Physiol*. 2012; 590:5963-73.
- Gagnon D, Crandall CG, Kenny GP. Sex differences in postsynaptic sweating and cutaneous vasodilation. *J. Appl. Physiol*. 2003; 114(3):394-401.
- Guyton AC, Hall JE. *Tratado de Fisiología Médica*. 12ª Ed. Madrid. Ed. Elsevier; 2011.
- Linares C, Sánchez-Martínez G, Kendrovski V, Díaz J. A New Integrative Perspective on Early Warning Systems for Health in the Context of Climate Change. *Environ Res*. 2020. *In Press*.