



UNIVERSIDADE
DE VIGO

**IMPACTOS DE LOS EXTREMOS DE TEMPERATURA EN LA
SALUD HUMANA EN ESPAÑA: REVISIÓN**

Víctor López Regueiro

**GRADO CIENCIAS AMBIENTALES - DPTO FÍSICA APLICADA
CONVOCATORIA 2º CUATRIMESTRE
2021**



Faculta_deCiencias



**IMPACTOS DE LOS EXTREMOS DE TEMPERATURA EN LA
SALUD HUMANA EN ESPAÑA: REVISIÓN**
GRADO CIENCIAS AMBIENTALES - DPTO FÍSICA APLICADA
CONVOCATORIA 2º CUATRIMESTRE 2021
VÍCTOR LÓPEZ REGUEIRO



**IMPACTOS DE LOS EXTREMOS DE TEMPERATURA EN LA
SALUD HUMANA EN ESPAÑA: REVISIÓN**
GRADO CIENCIAS AMBIENTALES - DPTO FÍSICA APLICADA
CONVOCATORIA 2º CUATRIMESTRE 2021
VÍCTOR LÓPEZ REGUEIRO

ÍNDICE

I.	RESUMEN	7
II.	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	9
III.	METODOLOGÍA	13
IV.	INCONVENIENTES Y LIMITACIONES	17
V.	RESULTADOS TRABAJOS REVISADOS.....	21
VI.	CONCLUSIONES	30
VII.	REFERENCIAS.....	33



**IMPACTOS DE LOS EXTREMOS DE TEMPERATURA EN LA
SALUD HUMANA EN ESPAÑA: REVISIÓN**
GRADO CIENCIAS AMBIENTALES - DPTO FÍSICA APLICADA
CONVOCATORIA 2º CUATRIMESTRE 2021
VÍCTOR LÓPEZ REGUEIRO

I. RESUMEN

Las investigaciones actuales indican que el cambio climático aumenta la magnitud y recurrencia de eventos meteorológicos extremos, lo que afecta dramáticamente a la salud y calidad de vida. Este es un hecho constatado en numerosos informes y estudios. No obstante, el enlace entre dichos eventos y la salud es un área de estudio en constante evolución.

En el presente trabajo de fin de grado se realiza una revisión bibliográfica que recoge la documentación publicada más relevante acerca de las temperaturas extremas, tanto de frío como de calor, y su relación con la salud, durante los últimos años, sobre todo en España.

Para llevarla a cabo se han consultado bases de datos como Google Scholar, utilizando opciones de filtrado y cadenas de búsqueda.

Se han seleccionado aquellos documentos que relacionan extremos de temperatura y variables sanitarias o de calidad de vida, como ingresos hospitalarios, aumento de afecciones y muertes.

Este tipo de revisiones son la base de acción a la hora de implementar planes de prevención, de importancia creciente en los últimos años.



**IMPACTOS DE LOS EXTREMOS DE TEMPERATURA EN LA
SALUD HUMANA EN ESPAÑA: REVISIÓN**
GRADO CIENCIAS AMBIENTALES - DPTO FÍSICA APLICADA
CONVOCATORIA 2º CUATRIMESTRE 2021
VÍCTOR LÓPEZ REGUEIRO

II. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Las investigaciones actuales indican que el cambio climático aumenta la magnitud y recurrencia de eventos meteorológicos extremos, lo que afecta dramáticamente a la salud y calidad de vida.

La evaluación de los impactos del cambio climático es una tarea difícil, puesto que sus impactos se definen en muchos casos en base a escalas temporales muy largas, con lo que necesitamos no solo series muy largas de variables climáticas e indicadores de salud, sino también de otros factores causales establecidos o potenciales, junto con análisis estadísticos para distribuir los cambios en los estados de salud entre varios factores contribuyentes (Smith et al., 2014).

Sin embargo, la conexión entre la meteorología y sus impactos en la salud es suficientemente directa como para permitir inferencias sólidas de causa-efecto (Smith et al., 2014; Sauerborn y Ebi, 2012). En particular, la asociación entre días calurosos (comúnmente definidos en términos de los percentiles del máximo diario temperatura para un lugar específico) y el aumento de la mortalidad es muy robusta (Honda et al., 2013).

Aunque la mayoría de los estudios sobre el calor se han realizado en países de ingresos altos, se ha trabajado recientemente en países de ingresos bajos y medianos, sugiriendo heterogeneidad en la vulnerabilidad por grupos de edad y socioeconómicos con factores similares a los observados en entornos de mayores ingresos (Bell et al., 2008b; McMichael et al., 2008; Pudpong y Hajat, 2011).

En cuanto a las temperaturas mínimas, también están relacionadas con la mortalidad, aunque el calentamiento global puede haber contribuido a una disminución de las muertes asociadas con períodos de frío (Smith et al., 2014). Esta contribución no está clara, puesto que también

hay que tener en cuenta el aumento de la variabilidad climática y otros factores de la meteorología invernal (Kinney et al., 2012; Ebi y Mills, 2013).

En general, los estudios indican que, aunque se produjera esa disminución de mortalidad debido a una menor cantidad de períodos fríos, esta sería menor que el aumento de la mortalidad asociada a más períodos cálidos, especialmente en los países tropicales en desarrollo con capacidad de adaptación limitada y grandes poblaciones expuestas (Wilkinson et al., 2007b). Doyon et al. (2008) encontraron un aumento de la mortalidad en verano que claramente superó la pequeña reducción en las muertes de otoño y las ligeras variaciones en invierno y primavera. En un estudio que utilizaba años de vida perdidos se observó que, cuando el calentamiento supera los 2 °C, las ganancias asociadas con menos días fríos fueron menores que las pérdidas causadas por días más calurosos (Huang et al., 2012).

Las olas de calor se refieren a una serie de días calurosos consecutivos, aunque no existe una forma estándar de definir la duración o el exceso de temperatura (Kinney et al. al., 2008), lo que genera problemas de comparación entre distintos resultados. Sí sabemos que esta definición depende de la climatología de la zona, y debe hacerse de forma regional, ya que los efectos sobre la salud dependen de la adaptación de la población.

Así, hay evidencias de que la mortalidad aumenta más durante las olas de calor de lo que se esperaría únicamente sobre la base de de la relación entre la temperatura y la mortalidad a corto plazo (D'Ippoliti et al., 2010; Anderson y Bell, 2011), aunque el efecto agregado es relativamente pequeño en algunas series, y más evidente con olas de calor prolongadas (Gasparrini y Armstrong, 2011). Debido a que las olas de calor son relativamente poco frecuentes en comparación con el número total de días con temperaturas mayores que la óptima para una ubicación determinada, los efectos de las olas de calor son solo una fracción del impacto total de las altas temperaturas en la salud.

Numerosos estudios de morbilidad relacionada con la temperatura indican que las admisiones en hospitales o los ingresos de emergencia aumentan en casos de enfermedades cardiovasculares, respiratorias y renales (Hansen et al., 2008; Knowlton et al., 2009; Lin y

Chan, 2009) y el impacto se ha relacionado con la duración e intensidad del calor (Nitschke et al., 2011).

Los riesgos para la salud durante los extremos de calor son mayores en las personas que están físicamente activas y al aire libre (como en determinados trabajos o actividades recreativas). Esto es especialmente relevante para los impactos del cambio climático en la salud ocupacional (Kjellstrom et al., 2009a; Ebi y Mills, 2013; Smith et al., 2014).

En la presente revisión bibliográfica se recoge la documentación publicada más relevante acerca de las temperaturas extremas, tanto de frío como de calor, y su relación con la salud, durante los últimos años, sobre todo en España.

Se han consultado bases de datos como Google Scholar, utilizando conjuntamente las opciones de filtrado y las cadenas de búsqueda, seleccionando aquellos documentos que incluyen extremos de temperatura y variables sanitarias o de calidad de vida, como ingresos hospitalarios o aumento de afecciones. Este trabajo se centra sobre todo en la morbilidad, aunque también se incluyen datos de mortalidad.

Este tipo de revisiones son la base de acción a la hora de implementar planes de prevención, de importancia creciente en los últimos años por su efectividad en la disminución de efectos adversos de la meteorología en la salud. El plan nacional con medidas de prevención de calor implementado en España tras el desastre de 2003, hace que el umbral a partir del cual el calor mata esté aumentando más rápido que la propia temperatura máxima diaria, haciendo que las muertes por calor sean diez veces menores que en caso de no haber adaptación (Díaz et al., 2018).



**IMPACTOS DE LOS EXTREMOS DE TEMPERATURA EN LA
SALUD HUMANA EN ESPAÑA: REVISIÓN**
GRADO CIENCIAS AMBIENTALES - DPTO FÍSICA APLICADA
CONVOCATORIA 2º CUATRIMESTRE 2021
VÍCTOR LÓPEZ REGUEIRO

III. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo de forma correcta una revisión bibliográfica es necesario definir previamente el método de trabajo y seguirlo de forma ordenada.

En este trabajo el primer paso fue adaptar la metodología de búsqueda a una consolidada que nos permitiese abordar un nivel de información suficiente satisfaciendo los criterios de representatividad, objetividad y rigor científico; para posteriormente tomarla como pauta.

Así mismo, se entiende la transparencia como un requisito indispensable en el marco de un trabajo de este tipo, de manera que la información consultada es de carácter público y se encuentra accesible en Internet al tiempo que se recoge al término del presente documento para facilitar su examen.

Por ende se ha utilizado Google Scholar (Google, 2021) como principal fuente bibliográfica, puesto que se ha considerado esta como la opción óptima (Falagas et al., 2008) dentro del amplio catálogo de buscadores asociados a bases de datos que conforma junto con PubMed, Scopus y Web of Science entre otros.

En primera instancia, la búsqueda utilizada devolvió numerosos resultados de corte genérico que poco tenían que ver con los objetivos concretos de esta revisión. Es por ello que se decidió refinar la búsqueda utilizando conjuntamente cadenas de búsqueda y opciones de filtrado que proporciona Google Scholar.

Una cadena de búsqueda es la combinación de caracteres, números y símbolos introducidos por el usuario en un sistema de búsqueda, para encontrar resultados que reflejen los términos de la misma. En definitiva, una cadena es la suma de dos o más términos, por ejemplo; para nuestro caso “Spain” es un término de búsqueda y “heat waves” + “Spain” es una cadena de búsqueda.

Incorporamos a la cadena una búsqueda por términos exactos, eludiendo de la página de resultados aquellos menos relevantes que constituyen variaciones de las mismas palabras. Para ello incluimos el símbolo ‘ “ ‘ al inicio y final de cada palabra sin espacios entre ambos, resultando en nuestro caso cadenas de búsqueda que combinaban los siguientes términos: “heat waves”/”cold waves”/”extreme temperatures”, “morbidity”/”hospital” y “Spain”.

Además, Google Scholar también permite desestimar resultados por términos exactos que no satisfacen el contenido que se requiere. Aquí se ha prescindido de una gran cantidad de documentos que incluían los términos, “China” y “precipitation” pues no eran el objeto de nuestra revisión. Inicialmente también excluimos la palabra mortality, pero esto eliminaba muchos artículos de interés que hablan tanto de morbilidad como de mortalidad.

A continuación, dentro de las opciones se ha seleccionado un filtrado por fecha de publicación, revisando primero los documentos más actuales.

Esto se debe principalmente a tres razones:

-Primera, considerando la temática que nos ocupa parece razonable asumir que la evolución a nivel de investigación, de disponibilidad de datos relacionados con la salud y; por ende, de publicación de resultados más completos, hace que los últimos estudios sean mejores.

-Segunda, cuanto más antiguos, mayores limitaciones por el uso de datos simulados por modelos de predicción. Los trabajos más actuales incorporan una gran cantidad de datos reales.

-Tercera, debido a la importancia social de la temática de estudio, el volumen de información publicado es considerablemente elevado, y de esta manera se reduce de modo sustancial.

Por último, hicimos uso del orden descendiente según relevancia de Google Scholar, de manera que comenzamos la revisión por aquellos resultados más relevantes para nuestro trabajo.

En lo que respecta al tratamiento de la información, se ha desarrollado descargando localmente los archivos, prácticamente su totalidad en formato PDF, y se han organizado en diferentes carpetas cuyo resumen se muestra en las capturas adjuntas.

 Cadena 1	01/09/2021 20:12	Carpeta de archivos
 Cadena 2	01/09/2021 20:10	Carpeta de archivos
 Cadena 3	01/09/2021 20:10	Carpeta de archivos
 Cadena 4	01/09/2021 20:10	Carpeta de archivos

Figura 1. Detalle organización del directorio destinado al almacenamiento de los documentos descargados correspondientes a cada una de las búsquedas realizadas.

Después, se procedió a la selección de forma manual de aquellos documentos compatibles con nuestros objetivos, prestando especial atención a los apartados de Resumen (“Abstract”), Resultados (“Results”) y Conclusiones (“Conclusions”) de cada uno de ellos.

Finalmente, para cada documento seleccionado se revisaron las referencias y se buscaron aquellos trabajos posteriores que los citaban, asegurando así la compleción del trabajo.

Las cadenas de búsqueda y la limitación a los trabajos más actuales (10 años) redujeron el número de resultados ofrecidos por Google Scholar de varios miles a entre 200 y 300 para cada cadena de búsqueda. Eliminando trabajos no relacionados con nuestros objetivos, los repetidos (que salían en más de una cadena de búsqueda) y centrándonos en artículos publicados en revistas científicas de prestigio, quedaron 50 documentos a revisar con más profundidad.

Durante el trabajo de selección nos encontramos una revisión ya hecha, la de Song et al. (2017), muy completa, que hemos usado como base para describir los resultados de trabajos



**IMPACTOS DE LOS EXTREMOS DE TEMPERATURA EN LA
SALUD HUMANA EN ESPAÑA: REVISIÓN**
GRADO CIENCIAS AMBIENTALES - DPTO FÍSICA APLICADA
CONVOCATORIA 2º CUATRIMESTRE 2021
VÍCTOR LÓPEZ REGUEIRO

anteriores a este. Esto nos ha permitido centrarnos en otros 10 trabajos realizados en los últimos 5 años, en especial aquellos con datos sobre España.

IV. INCONVENIENTES Y LIMITACIONES

Dentro de nuestro planteamiento de metodología inicial constaba la inclusión de una técnica adicional, llevada a cabo mediante el programa ReadPDF. Este se trata de un software en lenguaje Java que permite la lectura de un archivo en formato PDF, al tiempo que aplica diversos filtros para mover estos archivos a directorios independientes. De esta forma, los archivos introducidos se clasifican en tres categorías diferenciadas: “Aceptados”, “Corruptos” y “Descartados”. En el directorio denominado “Aceptados” se guardan aquellos archivos que satisfacen los criterios introducidos previamente mientras que en el directorio de “Descartados” aparecerán aquellos que no lo hagan. En “Corruptos” se encontrarán aquellos archivos que necesitan ser analizados manualmente por incompatibilidades de formato.

En el primer filtrado se introdujeron al programa más de 250 trabajos, todos ellos provenientes de fuentes fiables y reputadas dentro de la comunidad científica, obteniendo como respuesta 60 artículos “aceptados” y 2 “corruptos”. A continuación se detalla la nomenclatura de identificación:

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
 024	06/08/2021 17:17	Documento de W...	1.965 KB
 151	06/08/2021 18:26	Documento de W...	5.221 KB

Figura 2.1. Detalle nomenclatura y organización de los archivos devueltos por el ReadPDF clasificados como “Corruptos”.

Nombre ^	Tamaño	Comprimido	Tipo	Modificado	CRC32
..			Carpeta de archivos		
003.pdf	609.617	439.614	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	76A3C864
007.pdf	633.389	500.740	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	A61CC22B
011.pdf	179.205	172.599	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	B17E1C25
016.pdf	631.686	588.565	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	5D6496EF
018.pdf	4.452.977	3.970.784	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	1A0A3CBE
021.pdf	539.860	387.215	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	DABE8365
022.pdf	157.131	152.985	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	603D5035
031.pdf	636.689	603.700	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	AEEB3C07
035.pdf	956.723	896.369	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	20EA2731
037.pdf	1.514.721	1.203.128	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	D07E3CF6
039.pdf	579.970	565.779	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	D1ED8543
041.pdf	3.383.994	2.749.068	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	C04A699B
048.pdf	297.998	238.726	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	3854BC3D
053.pdf	780.721	776.009	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	0F031CC6
056.pdf	540.547	442.946	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	5E104267
059.pdf	340.870	331.439	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	5F5D5C01
063.pdf	370.958	246.414	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	9C005903
069.pdf	856.052	796.366	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	A44C4556
075.pdf	1.960.059	1.866.973	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	B1BF14D8
091.pdf	684.388	347.833	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	246C077A
092.pdf	1.577.370	1.472.776	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	7F42768D
095.pdf	1.907.691	901.636	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	B8995ABA
100.pdf	452.771	436.536	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	66986792
118.pdf	452.806	437.322	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	EE21E346
119.pdf	785.842	663.096	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	39635230
126.pdf	701.343	540.715	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	894EDA21
127.pdf	873.840	763.450	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	A3C88C30
129.pdf	183.387	172.453	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	2D9571B5
135.pdf	197.007	182.151	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	2AC99D7A
138.pdf	441.139	397.045	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	FB89C4E6
147.pdf	7.729.364	7.676.225	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	E9E652B8
152.pdf	1.022.804	929.153	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	7F2229E6
					Total 60 ficheros, 73.699.948 bytes

Figura 2.2. Detalle nomenclatura y organización de los archivos devueltos por el ReadPDF clasificados como “Aceptados”.

Nombre	Tamaño	Comprimido	Tipo	Modificado	CRC32
129.pdf	183.387	172.453	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	2D9571B5
135.pdf	197.007	182.151	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	2AC99D7A
138.pdf	441.139	397.045	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	FB89C4E6
147.pdf	7.729.364	7.676.225	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	E9E652B8
152.pdf	1.022.804	929.153	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	7F2229E6
162.pdf	7.103.889	6.757.158	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	05358FDF
167.pdf	1.358.995	1.198.086	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	ABE78D05
172.pdf	1.737.160	1.650.949	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	8E63536F
175.pdf	2.303.874	2.020.719	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	AC9DBF40
Bartolome_2021...	1.360.635	961.170	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	F4916B94
Cala_2014_scienc...	805.045	630.175	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	2D515B49
Calderon_2015_l...	1.268.733	1.240.464	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	D3FCDC94
CasadoVela_200...	2.050.854	1.732.433	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	6579302C
Chollet_2013_nat...	952.769	835.563	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	5455D71C
CostaCampi_202...	376.085	339.598	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	C98325F5
Cuesta_2014_res...	522.676	467.148	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	FC7C1E1F
Dominguez_201...	4.207.404	4.016.857	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	8CFDEF82
Frutos_2015_rese...	839.564	790.608	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	05D9A7F8
Gaoua_2017_fps...	728.421	530.898	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	C802ADD9
Gechev_1012_cel...	136.441	113.319	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	80D5E600
Gonzalez_2018_...	747.650	511.680	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	055983B7
Hernandez_2013...	504.555	490.128	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	EE9A784A
Imatz_2014_rese...	443.812	418.565	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	57CD7EB7
Lamberti_2021_i...	855.018	795.048	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	437552F2
Madrigal_2020_c...	249.918	239.065	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	6B4B5809
Martin_2020_ERP...	1.370.466	1.281.619	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	70B5CB07
Martinez_2013_ij...	380.515	355.399	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	50FDC198
Montano_2014_B...	470.572	372.186	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	61AF1D80
OjedaPerez_2017...	2.670.614	2.095.160	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	27FEA016
Ouariachi_2020_...	1.615.109	846.066	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	439E7535
Pastor_2015_rese...	1.358.452	1.116.899	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	4A049C8C
Perez_2020_IJERP...	640.110	597.206	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	226C7097
Rizo_2017_IJCE.p...	207.693	193.104	Documento de WP...	18/08/2021 14:...	2F36D036
Total 60 ficheros, 73.699.948 bytes					

Figura 2.3. Detalle nomenclatura y organización de los archivos devueltos por el ReadPDF clasificados como “Aceptados”.

Al iniciar la comprobación manual de cada archivo y tras revisar uno por uno los apartados de Resumen (“Abstract”), Resultados (“Results”) y Conclusiones (“Conclusions”), se llega a la conclusión de que los resultados obtenidos de programa no eran los esperados alejándose de los objetivos de nuestro trabajo. Tras intentar identificar algún tipo de error de lectura de archivos sin éxito, se plantea la necesidad de utilizar una metodología alternativa. Esta ha consistido en una selección manual de documentos que realmente cumplan con las condiciones necesarias para su inclusión en la presente revisión.

A mayores, al término del desarrollo de nuestro trabajo, hemos identificado un conjunto de problemáticas que afectan a los datos utilizados en los trabajos consultados en la presente revisión; siendo estas ajenas a la misma y escapando por tanto de nuestro alcance la posibilidad de solventarlas. No obstante, creemos necesaria su consideración con el fin de realizar un análisis lo más objetivo y fehaciente posible.

La primera de ellas es la cuantificación de afecciones, informes médicos y registros hospitalarios debidos a una respuesta frente temperatura, ya que en muchas ocasiones estos no se relacionan con ella o bien no se identifica esta última como un factor contribuyente especial (Gasparrini et al., 2015).

En segundo lugar, las afecciones pueden ocurrir por una exposición al calor o frío (ya sea como causa subyacente o como factor contribuyente) que no se clasifica como extremo y, por lo tanto, no se registra como tal.

Por último, dentro del marco de estudio global de morbilidad asociada a extremos de temperatura, existen multitud de diferencias de criterios para establecer la causa “relacionada con calor”, lo que dificulta la capacidad de los indicadores de estimar el número real de casos asociados a eventos de temperaturas extremas.

V. RESULTADOS DE LOS TRABAJOS REVISADOS

Uno de los mayores problemas que nos hemos encontrado en esta revisión es la gran diferencia en la cantidad de estudios que trataban los diversos aspectos de la relación entre temperatura y salud a incluir en este trabajo:

- El número de estudios sobre la influencia del frío es pequeño, mientras que para el calor es muy grande.
- En muchos de ellos solo se habla de mortalidad, no de morbilidad.
- Al dividir por causas del deterioro de la salud, la influencia sobre las enfermedades cardiovasculares es la más estudiada.
- Los estudios sobre morbilidad tratan, en general, sobre situaciones graves (hospitalizaciones o ingresos de emergencia), posiblemente por la mayor facilidad de conseguir estos datos.

Es necesario tener en cuenta estos desequilibrios para hacer una correcta interpretación de los resultados que se exponen a continuación, pues podría parecer, por ejemplo, que el calor afecta mucho más cuando en realidad solo tenemos muchos más datos.

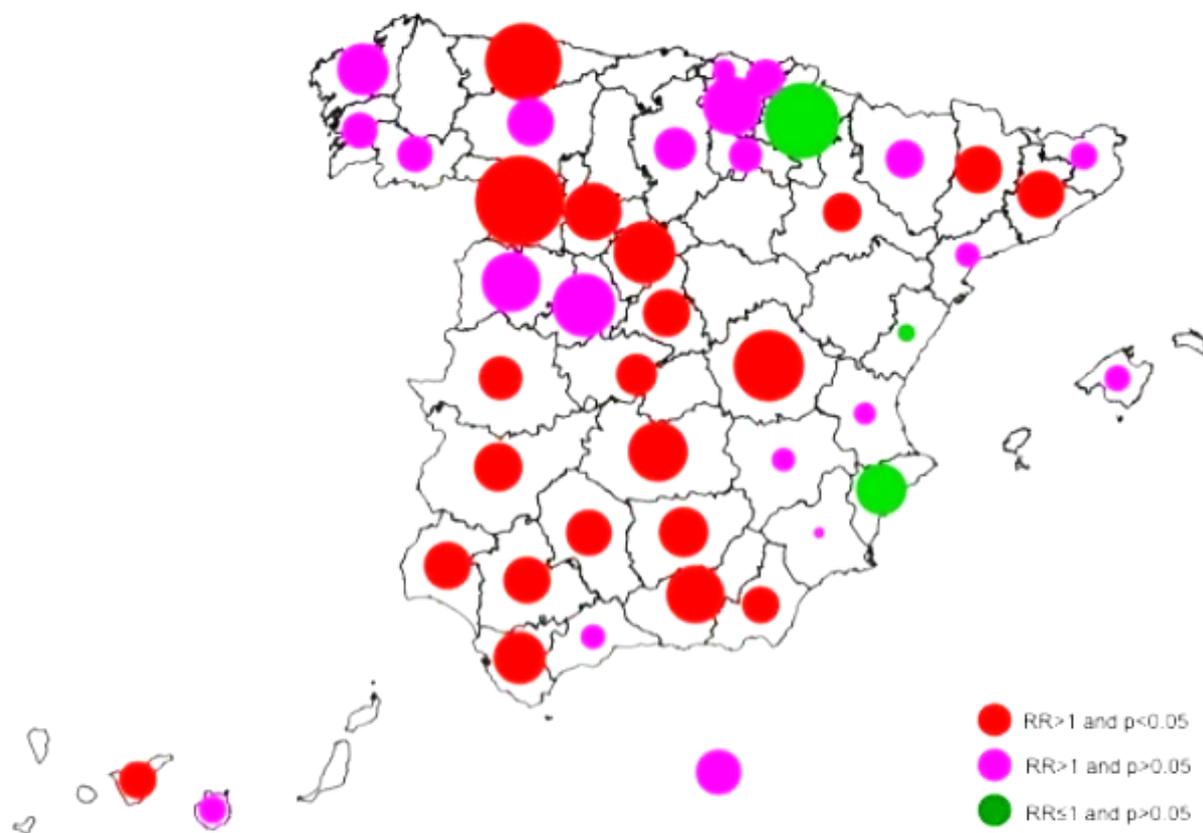


Figura 3. Distribución geográfica del riesgo de morir (tamaño del símbolo proporcional al riesgo relativo) en los días en que se superaron los umbrales oficiales de temperaturas mínimas y máximas (los círculos rojos indican riesgos estadísticamente significativos de morir ($p < 0,05$), los círculos magenta denotan riesgo no estadísticamente significativo de morir, y los círculos verdes denotan un efecto protector no estadísticamente significativo). Figura 3 de Tobias et al. (2012).

Como ya se dijo en la introducción, la temperatura tiene un gran impacto en la mortalidad (ver **figura 3** para un ejemplo sobre la mortalidad en España) y, más concretamente, en los eventos cardiovasculares y cerebrovasculares. Estudios como el de Ward et al. (2012) asociaron la exposición al calor con un incremento en el riesgo de mortalidad por estas enfermedades, al tiempo que se encontró que no tiene impacto sobre la morbilidad cardio o

cerebrovascular. Las olas de calor también se asociaron significativamente con un riesgo elevado de mortalidad cardiovascular (Song et al., 2017).

También se han identificaron riesgos elevados de morbilidad cardiovascular inducida por el frío en las poblaciones general y de edad avanzada (Song et al., 2017), y hay indicios de que los rangos de temperatura diurnos (variaciones de temperatura en un mismo día) podrían tener este mismo efecto (Cheng et al., 2014; Phung et al., 2016). No obstante, comparativamente hablando, los ancianos representan un mayor grado de vulnerabilidad a la morbilidad respiratoria asociada a la exposición al calor.

Las enfermedades respiratorias constituyen causas frecuentes de mortalidad y morbilidad relacionada con extremos de temperatura en todo el mundo; sin embargo la asociación entre la morbilidad respiratoria y la exposición más o menos prolongada al calor sigue estando poco definida (Bunker et al., 2016; Turner et al., 2012). No obstante, sí se observa que, en comparación con la población general, las personas mayores son más vulnerables a la morbilidad respiratoria debida al calor (Song et al., 2017; Michelozzi et al., 2009).

De hecho, en personas mayores, la vulnerabilidad al calor está influida por la edad más que cualquier otro factor de riesgo no modificable (Haines y Ebi, 2019; Mayrhuber et al., 2018; Watts et al., 2019). Estudios como los de Kenny et al. (2010) y Kenney et al. (2014) muestran que la alteración de la regulación de la temperatura corporal y la estabilidad hemodinámica contribuyen al desarrollo de vulnerabilidad al calor con el envejecimiento. Esto se debe a que el envejecimiento limita la respuesta fisiológica aguda al estrés por calor y además la desregulación en los sistemas fisiológicos implicados en mantener la temperatura corporal estable: la regulación cardiovascular y de fluidos contribuye a un aumento del riesgo de eventos adversos para la salud durante episodios de olas de calor (Meade et al., 2020).

La mayor parte de los estudios de vulnerabilidad se refieren al calor. A parte de las personas mayores, otros grupos vulnerables para este caso son niños pequeños, bebés y personas con un nivel socioeconómico bajo o patologías previas (Li et al., 2015; Ye et al., 2012; Xu et al., 2012; Xu et al., 2016). Los más vulnerables eran los bebés, puesto que eran especialmente

susceptibles a la enfermedad renal, fiebre y desequilibrios de electrolitos durante las olas de calor (Xu et al., 2012; Xu et al., 2014).

Para ver estos efectos, en la **figura 4** se presentan las curvas de exposición-respuesta acumuladas globales combinadas para la temperatura y la mortalidad/hospitalizaciones para enfermedades cardiovasculares y respiratorias en las 52 capitales de provincia españolas durante el período 1990-2014 (figura 1 en Iñiguez et al. (2021)). Las relaciones temperatura-mortalidad tienen forma de V para ambas causas, mostrando un efecto frío mayor para las enfermedades cardiovasculares que para las respiratorias. El percentil mínimo de influencia sobre la salud se desplaza a temperaturas más cálidas en las admisiones hospitalarias en comparación con la mortalidad, moviéndose del 81 al último percentil para las enfermedades cardiovasculares y del 31 al 89 para las enfermedades respiratorias.

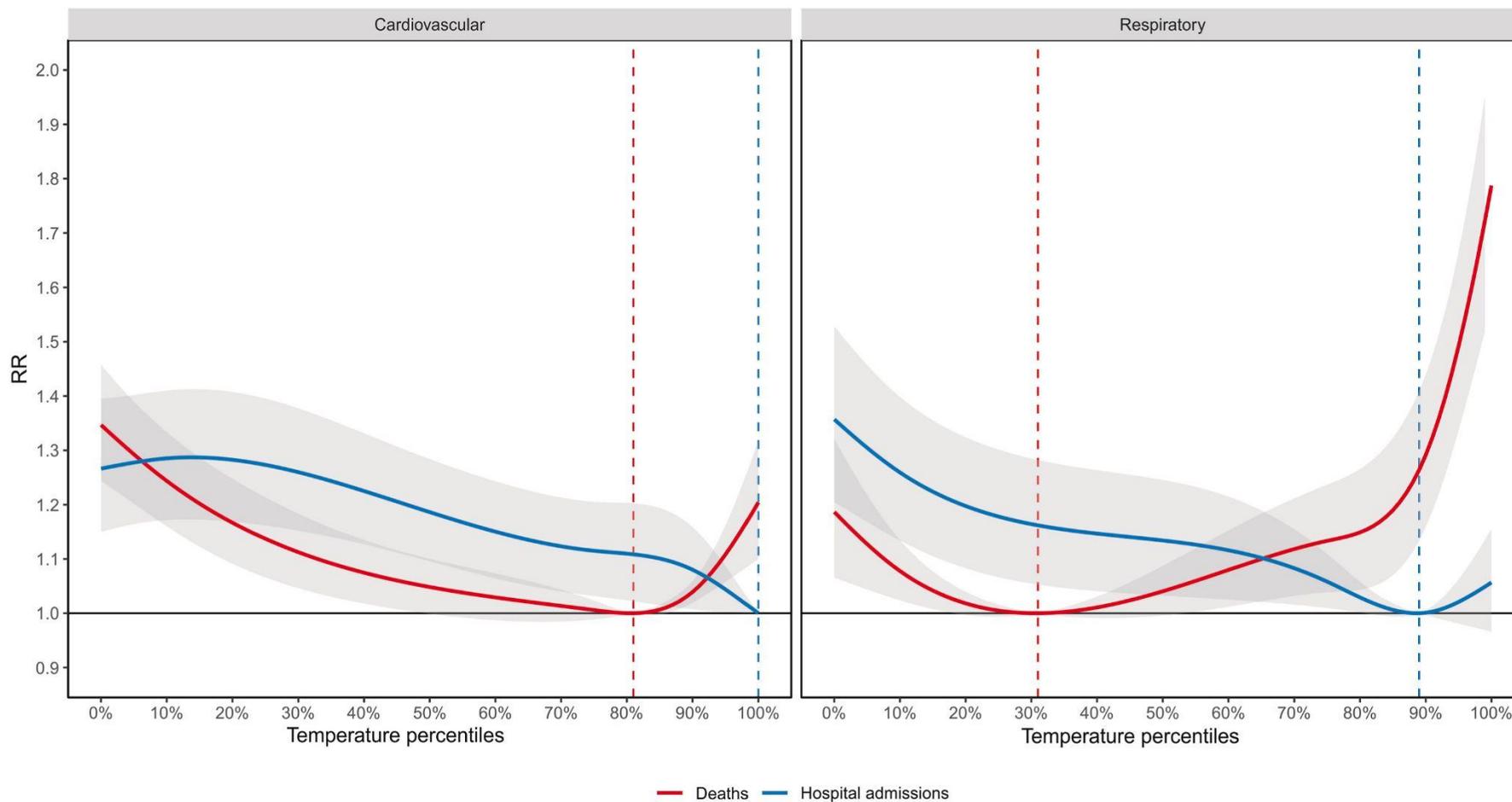


Figura 4. Curvas de exposición-respuesta acumuladas, agrupadas para las asociaciones entre la temperatura diaria y la mortalidad/morbilidad (admisiones en hospital) divididas por causa específica (cardiovascular y respiratoria). Figura 1 de Íñiguez et al. (2021).

Íñiguez et al. (2021) encontraron que, durante todo el período de estudio y para toda España, en total se registraron 504.230 y 472.544 admisiones hospitalarias por causas cardiovasculares y respiratorias, respectivamente. El número de muertes asciende a 732.851 y 262.493, respectivamente. Comparando por causa, los días fríos contribuyeron en mayor medida, bien al desarrollo o bien al agravamiento, de enfermedades respiratorias y los días con temperaturas cálidas lo hicieron también con las enfermedades de tipo cardiovascular. Sin embargo, si nos fijamos en lo que respecta a la mortalidad asociada al frío, el efecto es ligeramente mayor para el sistema cardiovascular que para el respiratorio.

Hay que tener en cuenta que los efectos de las bajas temperaturas se dispersaron en el tiempo y duraron al menos diez días desde la fecha de inicio, mientras que el efecto de las altas temperaturas fue inmediato y duró únicamente 5 días de media. Analizando la evolución del impacto en enfermedades respiratorias, nos damos cuenta de que la exposición al frío alcanza su pico más alto a los 2 días para el caso de muertes, mientras que para los ingresos hospitalarios es necesario esperar hasta el día 10. No ocurre lo mismo para el caso del calor, ya que el retraso de la respuesta ha sido significativamente menor, mostrando un efecto prácticamente inmediato disminuyendo fuertemente las muertes a ingresos hospitalarios. Es por ello que los estudios concluyen que en España, tanto la mortalidad como los ingresos hospitalarios aumentaron con el frío y, sin embargo, el calor no aumentó el riesgo de ingresos hospitalarios. Además, el riesgo estimado de muertes relacionadas con el frío debido a enfermedades respiratorias, fue de menor magnitud que el de las hospitalizaciones (Íñiguez et al., 2021).

El efecto general del calor fue menor en el sistema cardiovascular que en el respiratorio para el caso de la mortalidad, repitiéndose dicho patrón en toda España (Íñiguez et al., 2021). Este patrón también se denota en las ciudades de Barcelona y Valencia dentro del proyecto PHEWE¹, arrojando un impacto del calor de sólo 1,2% en mortalidad cardiovascular pero

¹ El proyecto PHEWE es una colaboración paneuropea de tres años entre expertos en los campos de epidemiología, meteorología y salud pública de 17 ciudades. Su objetivo general es evaluar los efectos agudos del clima en la salud, tanto durante las estaciones cálidas como frías, en varios países europeos con condiciones climáticas muy diferentes. Para más información consultar la siguiente [URL](#).

llegando a cotas del 9,4% en la mortalidad respiratoria (D'Ippoliti et al., 2010). Dichas estimaciones coinciden con las publicadas por Achebak et al. (2019) oscilando la mortalidad cardiovascular atribuible al calor entre el 1% y 2% al tiempo que la atribuible al frío llega al 8% y 11%.

Martinez-Solanas y Basagaña (2019) analizaron los efectos de la temperatura sobre los ingresos hospitalarios debidos a causas específicas en España. Utilizando datos de para todas las provincias entre 1997 y 2013, en la tabla 1 (tabla 2 de Martinez-Solanas y Basagaña, 2019) se muestran las estadísticas de admisiones hospitalarias divididas por causas, sexo y grupo de edad. Se presentan dos hipotéticos escenarios opuestos: sin plan de prevención sanitaria por calor (período 1997-2002) y tras la implantación del plan de prevención sanitaria por calor que se produjo por la ola de calor de 2003 (2004-2013).

	PERIOD 1		MHP	PERIOD 2		MHP
	COLD	HEAT		COLD	HEAT	
Cardiovascular diseases						
Total	31 (22,39)*	-7 (-10,-3)*	90	40 (35,45)*	-11 (-13,-8)*	90
Sex						
Women	42 (31,53)*	-10 (-15,-5)*	90	45 (38,52)*	-13 (-16,-9)*	90
Men	24 (16,33)*	-3 (-9,2)	73	34 (28,41)*	-10 (-14,-7)*	
Age						
16-64	18 (9,27)*	0 (-9,8)	75	26 (19,34)*	-7 (-12,-1)*	82
65-74 ^(a)	33 (19,48)*	-10 (-16,-4)*	90	36 (26,47)*	-12 (-17,-6)*	90
75-84 ^(b)	38 (26,50)*	-9 (-15,-2)*	78	46 (37,54)*	-14 (-18,-10)*	90
> = 85 ^(c)	37 (23,51)*	-9 (-19,3)	71	50 (39,61)*	-10 (-15,-4)*	90
Cerebrovascular diseases						
Total	31 (21,41)*	5 (-3,12)	80	34 (27,42)*	-4 (-9,2)	82
Sex						
Women	44 (25,66)*	11 (1,23)*	90	42 (31,54)*	-6 (-13,2)	90
Men	22 (11,34)*	-1 (-10,10)	70	31 (20,44)	-1 (-10,8)	66
Age						
16-64	21 (5,40)*	0 (-12,15)	79	13 (2,25)*	0 (-12,13)	62
65-74 ^(d)	27 (7,50)*	1 (-11,14)	90	33 (17,52)*	-8 (-18,2)	79
75-84	39 (24,57)*	6 (-6,19)	72	42 (30,54)*	-4 (-12,5)	73
> = 85 ^(e)	18 (-8,52)	1 (-18,24)	90	45 (29,64)*	-9 (-19,2)	88
Respiratory diseases						
Total^(f)	75 (60,92)*	9 (4,14)*	90	35 (27,42)*	6 (2,11)*	74
Sex						
Women	72 (52,95)*	7 (-1,15)	90	37 (28,47)*	9 (2,17)*	73
Men	68 (53,85)*	7 (2,14)*	90	34 (26,42)*	4 (-1,9)	75
Age						
16-64	76 (53,103)*	6 (-3,16)	90	44 (34,55)*	-3 (-10,6)	77
65-74 ^(g)	82 (62,105)*	6 (-4,17)	90	36 (25,48)*	5 (-2,14)	77
75-84 ^(h)	101 (78,128)*	14 (5,25)*	90	33 (22,45)*	9 (2,16)*	90
> = 85	100 (74,129)*	26 (7,48)*	43	40 (29,53)*	21 (10,32)*	71

Tabla 1. Estadística descriptiva del número de ingresos hospitalarios diarios en España por causas, sexo y grupo de edad para los dos periodos de estudio (1997-2002 y 2004-2013). Tabla 1 Martínez-Solanas y Basagaña (2019).

Las bajas temperaturas se asociaron con un mayor riesgo de ingresos hospitalarios relacionados con causas cardiovasculares, cerebrovasculares y respiratorias mientras que las altas sólo se asociaron a estas últimas. El calor se asoció con un mayor riesgo de hospitalizaciones respiratorias únicamente para la población anciana. Los resultados del estudio sugieren que el calor tuvo un impacto adverso en los ingresos hospitalarios por enfermedades respiratorias, mientras que el frío aumentó el riesgo de hospitalizaciones por las tres causas específicas estudiadas. Una de las conclusiones de este estudio es que las intervenciones de salud pública también deben centrarse en los efectos de la temperatura en la morbilidad y no únicamente en la mortalidad (Martinez-Solanas y Basagaña, 2019).

Los ingresos hospitalarios de urgencia se ven menos influenciados por el calor que las muertes, pudiendo deberse esto a que el calor extremo tiene un efecto agudo causando la rápida muerte de la población vulnerable, ancianos o personas con patologías crónicas previas antes de que estos reciban algún tipo de atención médica (Kovats et al., 2005; Martinez-Solanas y Basagaña, 2019; Michelozzi et al., 2009). Esto sería consecuente con las prácticamente ausentes admisiones debido a enfermedades cardiovasculares; debido a su efecto inmediato (Iñiguez et al., 2021).

A pesar de la mejora en las estrategias de prevención primaria, debido a los avances en el conocimiento de los factores de riesgo cardiovascular (del Val Martín y Zamorano Gómez, 2015), trabajos como el de Santurtún et al. (2019) hallan incrementos estadísticamente significativos de admisiones cardiovasculares en las dos regiones más grandes de España (Madrid y Barcelona).

VI. CONCLUSIONES

El calor es un peligro para la salud pública bien documentado y de relevancia creciente en los últimos años, debido al aumento de la intensidad, duración y recurrencia de episodios con temperaturas extremas. La exposición a temperaturas extremas se relaciona con una serie de problemas de salud que van desde el aumento de la morbilidad hasta un exceso de muertes (Honda et al., 2013). Los resultados sugieren que a medida que estos episodios se vuelven más frecuentes, la carga de morbimortalidad puede aumentar, especialmente en los individuos más susceptibles (Haines y Ebi, 2019). Los estudios señalan a tres tipos diferentes de grupos poblacionales especialmente susceptibles: ancianos (personas mayores de 65 años), bebés y población general con menos recursos económicos. Además, los esfuerzos se deben centrar en aquellos individuos con patologías cardiovasculares y respiratorias previas. Se distinguen diferencias notables entre la mortalidad relacionada con la temperatura y los ingresos hospitalarios en relación con las enfermedades cardiovasculares y respiratorias. Esto refuerza la conveniencia de la utilización de medidas de causa específica para prevenir las muertes relacionadas con la temperatura.

Haciendo una revisión de la bibliografía más relevante publicada hasta la fecha, nos encontramos con que la mayor parte de la misma tiene por objeto estudiar la relación entre el calor y la salud, sobre todo en relación a la mortalidad (no tanto a la morbilidad). Sin embargo, el efecto del frío ha sido mucho menos estudiado, con lo que faltan datos sobre cómo afecta cuando hay determinadas enfermedades o grupos de riesgo. Resulta curioso puesto que el frío es ya responsable de más de 10 veces el número de muertes por calor en Europa (Martínez et al., 2021) y, aunque se espera que esta proporción se invierta a finales de siglo debido al calentamiento global, se mantendrá mínimo hasta la mitad del mismo.

En España la tendencia de los últimos años es hacia la disminución de mortalidad atribuible al calor y de hecho, la mayor parte de afecciones de morbimortalidad se deben al frío moderado (Díaz et al., 2018). Es por ello que se entiende como necesario un incremento de la

investigación, tomando como variable de estudio principal los extremos de temperatura fríos en el campo de la salud pública, con el fin de crear planes de prevención y estrategias que permitan minimizar sus impactos en la población. Esta información es crucial para mejorar o, incluso, salvar la vida de muchas personas. Además, en un contexto de clima cambiante, los resultados destacan la importancia de una perspectiva a largo plazo en la prevención de la exposición pública a temperaturas extremas. Estas intervenciones de salud pública también deben centrarse en los efectos de la temperatura en la morbilidad y no únicamente en la mortalidad (Martinez-Solanas y Basagaña, 2019).

Aunque entendemos que tanto la cuantificación exacta de casos de afecciones debidas a temperaturas extremas como su registro bajo un único criterio es prácticamente imposible, se hace plausible la necesidad de adoptar un sistema internacional unificado. Para su desarrollo será vital la definición de temperatura extrema, el establecimiento de un umbral y un método de registro eficaz. Dicho estudio previo es el primer paso para detectar aquellas zonas con mayor incidencia, los factores que incrementan la misma y las personas especialmente susceptibles de sufrir las peores consecuencias; conociendo por tanto dónde y cómo se deben concentrar los esfuerzos sanitarios para proteger la población.

Aun así, este es sólo uno de los dos enfoques estratégicos sobre los que se debe fundamentar la lucha contra las temperaturas extremas. El desarrollo de mecanismos de previsión, adaptación y respuesta óptimos y eficaces no es más que una estrategia de mitigación de las consecuencias negativas de un problema mucho mayor, que debe ser atacado directamente en orden de cortar el mecanismo de retroalimentación positivo del calentamiento global.



**IMPACTOS DE LOS EXTREMOS DE TEMPERATURA EN LA
SALUD HUMANA EN ESPAÑA: REVISIÓN**
GRADO CIENCIAS AMBIENTALES - DPTO FÍSICA APLICADA
CONVOCATORIA 2º CUATRIMESTRE 2021
VÍCTOR LÓPEZ REGUEIRO

VII. REFERENCIAS

- 1) Achebak, Hicham & Devolder, Daniel & Ballester, Joan. (2019). Trends in temperature-related age-specific and sex-specific mortality from cardiovascular diseases in Spain: a national time-series analysis. *The Lancet Planetary Health*. 3. 10.1016/S2542-5196(19)30090-7.
- 2) Anderson, G.B. and M.L. Bell, 2011: Heat waves in the United States: mortality risk during heat waves and effect modification by heat wave characteristics in 43 U.S. communities. *Environmental Health Perspectives*, 119(2), 210-218.
- 3) Bell, M.L., M.S. O'Neill, N. Ranjit, V.H. Borja-Aburto, L.A. Cifuentes, and N.C. Gouveia, 2008b: Vulnerability to heat-related mortality in Latin America: a case-crossover study in Sao Paulo, Brazil, Santiago, Chile and Mexico City, Mexico. *International Journal of Epidemiology*, 37(4), 796-804.
- 4) Bunker, A., Wildenhain, J., Vandenberg, A., Henschke, N., Rocklöv, J., Hajat, S., & Sauerborn, R. (2016). Effects of Air Temperature on Climate-Sensitive Mortality and Morbidity Outcomes in the Elderly; a Systematic Review and Meta-analysis of Epidemiological Evidence. *EBioMedicine*, 6, 258–268. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2016.02.034>
- 5) Cheng, J., Zhang, W., Zhang, X., Han, F., Li, X., He, X., Li, Q., & Chen, J. (2014). Effect of angiotensin-converting enzyme inhibitors and angiotensin II receptor blockers on all-cause mortality, cardiovascular deaths, and cardiovascular events in patients with diabetes mellitus: a meta-analysis. *JAMA internal medicine*, 174(5), 773–785. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2014.348>
- 6) Del Val Martín, D., & Gómez, J. L. Z. (2015). Epidemiología de la prevención secundaria en España: hechos y cifras. *Revista Española de Cardiología Suplementos*, 15, 2-6.
- 7) Doyon, B., D. Belanger, and P. Gosselin, 2008: The potential impact of climate change on annual and seasonal mortality for three cities in Quebec, Canada. *International Journal of Health Geographics*, 7, 23, doi:10.1186/1476-072X-7-23.
- 8) D'Ippoliti, D., P. Michelozzi, C. Marino, F. de' Donato, B. Menne, K. Katsouyanni, U. Kirchmayer, A. Analitis, M. Medina-Ramón, A. Paldy, R. Atkinson, S. Kovats, L. Bisanti, A. Schneider, A. Lefranc, C. Iñiguez, and C.A. Perucci, 2010: The impact of heat waves on mortality in 9 European cities: results from the EuroHEAT project. *Environmental Health*, 9, 37, doi:10.1186/1476-069X-9-37.

- 9) Ebi, K.L. and D. Mills, 2013: Winter mortality in a warming world: a re-assessment. *WIREs Climate Change*, 4, 203-212
- 10) Falagas, Matthew & Pitsouni, Eleni & Malietzis, George & Pappas, Georgios. (2008). Comparison of PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar: Strengths and weaknesses. *FASEB journal : official publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology*. 22. 338-42. 10.1096/fj.07-9492LSF.
- 11) Gasparri, A. and B. Armstrong, 2011: The impact of heat waves on mortality. *Epidemiology*, 22(1), 68-73.
- 12) Gasparri, A., Guo, Y., Hashizume, M., Lavigne, E., Zanobetti, A., Schwartz, J., Tobias, A., Tong, S., Rocklöv, J., Forsberg, B., Leone, M., De Sario, M., Bell, M. L., Guo, Y. L., Wu, C. F., Kan, H., Yi, S. M., de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho, M., Saldiva, P. H., Honda, Y., ... Armstrong, B. (2015). Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. *Lancet (London, England)*, 386(9991), 369–375. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)62114-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)62114-0)
- 13) Haines, A., & Ebi, K. (2019). The Imperative for Climate Action to Protect Health. *The New England journal of medicine*, 380(3), 263–273.
- 14) Hansen, A.L., P. Bi, P. Ryan, M. Nitschke, D. Pisaniello, and G. Tucker, 2008: The effect of heat waves on hospital admissions for renal disease in a temperate city of Australia. *International Journal of Epidemiology*, 37(6), 1359-1365.
- 15) Honda, Y., M. Kondo, G. McGregor, H. Kim, Y. Guo, Y. Hijioka, M. Yoshikawa, K. Oka, S. Takano, S. Hales, and R.S. Kovats, 2013: Heat-related mortality risk model for climate change impact projection. *Environmental Health and Preventive Medicine*, doi:10.1007/s12199-013-0354-6
- 16) Huang, C., A.G. Barnett, X. Wang, and S. Tong, 2012: The impact of temperature on years of life lost in Brisbane, Australia. *Nature Climate Change*, 2(4), 265-270.
- 17) Iñiguez, C., Royé, D., & Tobias, A. (2021). Contrasting patterns of temperature related mortality and hospitalization by cardiovascular and respiratory diseases in 52 Spanish cities. *Environmental research*, 192, 110191. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110191>
- 18) J. Díaz, R. Carmona, I.J. Mirón, M.Y. Luna, C. Linares: Time trend in the impact of heat waves on daily mortality in Spain for a period of over thirty years (1983–2013), *Environment International*, Volume 116, 2018, Pages 10-17.
- 19) Kenney, M. C., Chwa, M., Atilano, S. R., Falatoonzadeh, P., Ramirez, C., Malik, D., Tarek, M., Del Carpio, J. C., Nesburn, A. B., Boyer, D. S., Kuppermann, B. D., Vawter, M. P., Jazwinski, S. M., Miceli, M. V., Wallace, D. C., & Udar, N. (2014). Molecular and bioenergetic differences between cells with African versus European inherited mitochondrial DNA haplogroups: implications for population susceptibility to diseases. *Biochimica et biophysica acta*, 1842(2), 208–219. <https://doi.org/10.1016/j.bbadis.2013.10.016>

- 20) Kenny, Glen & Gagnon, Daniel & Dorman, Lucy & Hardcastle, Stephen & Jay, Ollie. (2009). Heat balance and cumulative heat storage during exercise performed in the heat in physically active younger and middle-aged men. *European journal of applied physiology*. 109. 81-92. 10.1007/s00421-009-1266-4.
- 21) Kinney, P.L., M. Pascal, R. Vautard, and K. Laaidi, 2012: La mortalité hivernale va-t-elle diminuer avec le changement climatique? [Winter mortality in a changing climate: will it go down?]. *Bulletin épidémiologique hebdomadaire*, (12-13), 149-151.
- 22) Kinney, P.L., M.S. O'Neill, M.L. Bell, and J. Schwartz, 2008: Approaches for estimating effects of climate change on heat-related deaths: challenges and opportunities. *Environmental Science & Policy*, 11(1), 87-96.
- 23) Kjellstrom, T., I. Holmer, and B. Lemke, 2009a: Workplace heat stress, health and productivity – an increasing challenge for low and middle-income countries during climate change. *Global Health Action*, 2(1), 6, doi:10.3402/gha.v2i0.2047.
- 24) Knowlton, K., M. Rotkin-Ellman, G. King, H.G. Margolis, D. Smith, G. Solomon, R. Trent, and P. English, 2009: The 2006 California heat wave: impacts on hospitalizations and emergency department visits. *Environmental Health Perspectives*, 117(1), 61-67
- 25) Kovats, R. S., Edwards, S. J., Charron, D., Cowden, J., D'Souza, R. M., Ebi, K. L., Gauci, C., Gerner-Smidt, P., Hajat, S., Hales, S., Hernández Pezzi, G., Kriz, B., Kutsar, K., McKeown, P., Mellou, K., Menne, B., O'Brien, S., van Pelt, W., & Schmid, H. (2005). Climate variability and campylobacter infection: an international study. *International journal of biometeorology*, 49(4), 207–214.
- 26) Kovats RS, Hajat S. Estrés por calor y salud pública: una revisión crítica. *Revisión anual de salud pública*. 2008; 29 : 41–55.
- 27) Li, M., Gu, S., Bi, P., Yang, J., Liu, Q., 2015. Heat waves and morbidity: current knowledge and further direction—a comprehensive literature review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 12, 5256–5283.
- 28) Lin, R.T. and C.C. Chan, 2009: Effects of heat on workers' health and productivity in Taiwan. *Global Health Action*, 2, doi: 10.3402/gha.v2i0.2024.
- 29) Martínez-Solanas, È., & Basagaña, X. (2019). Temporal changes in temperature-related mortality in Spain and effect of the implementation of a Heat Health Prevention Plan. *Environmental research*, 169, 102–113.
- 30) Martínez-Solanas, È., Quijal-Zamorano, M., Achebak, H., Desislava, P., Robine, J.M., R. Herrmann, F., Rodó X., Ballester J., 2021. Projections of temperature-attributable mortality in Europe: a time series analysis of 147 contiguous regions in 16 countries, *The Lancet Planetary Health*, Volume 5, Issue 7, 2021, Pages e446-e454, ISSN 2542-5196.
- 31) Mayrhuber, E. A., Dückers, M., Wallner, P., Arnberger, A., Alex, B., Wiesböck, L., Wanka, A., Kolland, F., Eder, R., Hutter, H. P., & Kutalek, R. (2018). Vulnerability to heatwaves and

- implications for public health interventions - A scoping review. *Environmental research*, 166, 42–54.
- 32)** McMichael, A.J., P. Wilkinson, R.S. Kovats, S. Pattenden, S. Hajat, B. Armstrong, N. Vajanapoom, E.M. Niciu, H. Mahomed, C. Kingkeow, M. Kosnik, M.S. O’Neill, I. Romieu, M. Ramirez-Aguilar, M.L. Barreto, N. Gouveia, and B. Nikiforov, 2008: International study of temperature, heat and urban mortality: the ISOTHURM project. *International Journal of Epidemiology*, 37(5), 1121-1131.
- 33)** Meade, R. D., Akerman, A. P., Notley, S. R., McGinn, R., Poirier, P., Gosselin, P., & Kenny, G. P. (2020). Physiological factors characterizing heat-vulnerable older adults: A narrative review. *Environment international*, 144, 105909.
- 34)** Michelozzi, P., Accetta, G., De Sario, M., D’Ippoliti, D., Marino, C., Baccini, M., Biggeri, A., Anderson, H. R., Katsouyanni, K., Ballester, F., Bisanti, L., Cadum, E., Forsberg, B., Forastiere, F., Goodman, P. G., Hojs, A., Kirchmayer, U., Medina, S., Paldy, A., Schindler, C., ... PHEWE Collaborative Group (2009). High temperature and hospitalizations for cardiovascular and respiratory causes in 12 European cities. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 179(5), 383–389.
- 35)** Nitschke, M., G. Tucker, A. Hansen, S. Williams, Y. Zhang, and B. Peng, 2011: Impact of two recent extreme heat episodes on morbidity and mortality in Adelaide, South Australia: a case-series analysis. *Environmental Health*, 10(1), 42-51.
- 36)** Phung, D., Thai, P. K., Guo, Y., Morawska, L., Rutherford, S., & Chu, C. (2016). Ambient temperature and risk of cardiovascular hospitalization: An updated systematic review and meta-analysis. *The Science of the total environment*, 550, 1084–1102.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.154>
- 37)** Pudpong, N. and S. Hajat, 2011: High temperature effects on out-patient visits and hospital admissions in Chiang Mai, Thailand. *Science of the Total Environment*, 409(24), 5260-5267
- 38)** Santurtún, A., García Blanco, A., Fdez-Arroyabe, P., Santurtún, M., Zarrabeitia, M.T., 2019. Cocaine in hospital admissions for diseases of the circulatory system and as the underlying cause of death: analysis and discussion. *Cardiovasc. Toxicol.*
<https://doi.org/10.1007/s12012-019-09537-6>. Schweiker M, Huebner GM, Kingma BRM
- 39)** Sauerborn, R. and K. Ebi, 2012: Climate change and natural disasters – integrating science and practice to protect health. *Global Health Action*, 5, 19295, doi: 10.3402/gha.v5i0.19295.
- 40)** Smith, K.R., A. Woodward, D. Campbell-Lendrum, D.D. Chadee, Y. Honda, Q. Liu, J.M. Olwoch, B. Revich, and R. Sauerborn, 2014: Human health: impacts, adaptation, and co-benefits. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B.

- 41) Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 709-754.
- 42) Song, Zhaoyang; Latif, Mojib; Park, Wonsun (2017): Simulated mean climate response to expanded Greenland Ice Sheet in the Kiel Climate Model. PANGAEA, <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.877918>, Supplement to: Song, Z et al. (2017): Expanding Greenland Ice Sheet Enhances Sensitivity of Plio-Pleistocene Climate to Obliquity Forcing in the Kiel Climate Model. Geophysical Research Letters.
- 43) Tobias, A., Armstrong, B., Zuza, I. et al. Mortalidad en días de calor extremo utilizando umbrales oficiales en España: un análisis de series de tiempo de varias ciudades. BMC Public Health 12, 133 (2012). <https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-133>
- 44) Turner, Martin & Jones, Marc & Sheffield, David & Cross, Sophie. (2012). Cardiovascular indices of challenge and threat states predict competitive performance. International journal of psychophysiology : official journal of the International Organization of Psychophysiology. 86. 48-57. 10.1016/j.ijpsycho.2012.08.004.
- 45) Ward, A. M., Takahashi, O., Stevens, R., & Heneghan, C. (2012). Home measurement of blood pressure and cardiovascular disease: systematic review and meta-analysis of prospective studies. Journal of hypertension, 30(3), 449–456. <https://doi.org/10.1097/HJH.0b013e32834e4aed>
- 46) Watts, N., Amann, M., Arnell, N., Ayeb-Karlsson, S., Belesova, K., Boykoff, M., Byass, P., Cai, W., Campbell-Lendrum, D., Capstick, S., Chambers, J., Dalin, C., Daly, M., Dasandi, N., Davies, M., Drummond, P., Dubrow, R., Ebi, K. L., Eckelman, M., Ekins, P., ... Montgomery, H. (2019). The 2019 report of The Lancet Countdown on health and climate change: ensuring that the health of a child born today is not defined by a changing climate. Lancet (London, England), 394(10211), 1836–1878. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)32596-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)32596-6)
- 47) Wilkinson, P., K.R. Smith, M. Joffe, and A. Haines, 2007b: A global perspective on energy: health effects and injustices. Lancet, 370(9591), 965-978
- 48) Xu, Z., Etzel, R.A., Su, H., Huang, C., Guo, Y., Tong, S., 2012. Impact of ambient temperature on children's health: a systematic review. Environ. Res. 117, 120–131.
- 49) Xu, Z., FitzGerald, G., Guo, Y., Jalaludin, B., Tong, S., 2016. Impact of heatwave on mortality under different heat wave definitions: a systematic review and meta-analysis. Environ. Int. 89-90, 193–203.
- 50) Xu, Z., Sheffield, P.E., Su, H., Wang, X., Bi, Y., Tong, S., 2014. The impact of heat waves on children's health: a systematic review. Int. J. Biometeorol. 58, 239–247.
- 51) Xuping Song, Shigong Wang, Yuling Hu, Man Yue, Tingting Zhang, Yu Liu, Jinhui Tian, Kezheng Shang, Impact of ambient temperature on morbidity and mortality: An overview of

reviews, *Science of The Total Environment*, Volume 586, 2017, Pages 241-254, ISSN 0048-9697.

- 52)** Ye, X., Wolff, R., Yu, W., Vaneckova, P., Pan, X., Tong, S., 2012. Ambient temperature and morbidity: a review of epidemiological evidence. *Environ. Health Perspect.* 120 (1), 19–28. <https://doi.org/10.1289/ehp.1003198>.