



**ericc**

Evaluación de Riesgos  
e Impactos derivados del  
Cambio Climático en España

# Salud humana



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA  
TERCERA DEL GOBIERNO  
MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

Este capítulo forma parte de la siguiente publicación:

#### Título

## Evaluación de Riesgos e Impactos derivados del Cambio Climático en España (ERICC-2025)

Edición 2025

#### Asistencia técnica

Instituto de Hidráulica Ambiental, Universidad de Cantabria (IH Cantabria)

Tecnalia Research and Innovation (Tecnalia)

Basque Centre for Climate Change (BC3)

#### Coordinación

Oficina Española de Cambio Climático: Patricia Klett Lasso de la Vega; Sara Rodríguez Rego; Francisco J. Heras Hernández; María Salazar Guerra; Vidal Labajos Sebastián

Fundación Biodiversidad: Ana Lancho Lucini

IH Cantabria: Íñigo Losada Rodríguez, Laro González Canoura, Javier López Lara

Tecnalia: Efrén Feliu Torres, Beñat Abajo Alda, María Puig Fuentenebro

BC3: María José Sanz

*Con la colaboración de la Fundación Biodiversidad.*

#### Autoría del capítulo

**Autora:** Elisa Sainz de Murieta (BC3)

**Contribuyentes:** María José Sanz (BC3), Ane Loroño (BC3)

**Agradecimientos:** Manuel Franco (BC3)



MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

**Edita:** © SUBSECRETARÍA Gabinete Técnico

**NIPO (línea en castellano):** 665-25-058-6

**ISBN:** 978-84-18778-84-1

#### Edición y maquetación

Grupo Tangente S. Coop. Mad.

**AVISO LEGAL:** los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados citando la fuente, y la fecha, en su caso, de la última actualización.

Este capítulo debe citarse de la siguiente manera:

Sainz de Murieta, E. (2025). Salud humana. En Losada, I.J., Feliu, E. y Sanz, M.J. (Coords.) 2025. Evaluación de Riesgos e Impactos derivados del Cambio Climático en España (ERICC-2025). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Madrid.



# Contenido

- 1. Aspectos metodológicos y contenido del capítulo** / pág. 228
- 2. Introducción** / pág. 230
- 3. Riesgos relevantes** / pág. 231
- 4. Riesgos clave** / pág. 248
  - 4.1. RC1.1. Riesgo de aumento de la morbilidad asociada al calor, sobre todo en colectivos vulnerables / pág. 249
  - 4.2. RC1.2. Riesgo de aumento de la mortalidad y morbilidad de las personas trabajadoras como consecuencia de un empeoramiento de las condiciones climáticas / pág. 261
  - 4.3. RC1.3. Riesgo de aumento de la morbilidad asociada al efecto sinérgico de incremento de la contaminación atmosférica y de la temperatura / pág. 270
- 5. Análisis de riesgos complejos** / pág. 278
- 6. Caso de estudio** / pág. 281
- 7. Limitaciones y particularidades metodológicas del sector** / pág. 283
- 8. Referencias** / pág. 285



# 1. Aspectos metodológicos y contenido del capítulo

Este documento corresponde al **Capítulo Sectorial Salud de la Evaluación de Riesgos e Impactos derivados del Cambio Climático en España** (ERICC-2025).

El análisis de riesgos utiliza el marco conceptual desarrollado por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) en la sexta evaluación (AR6, 2022). En este contexto, el riesgo de que se produzca un impacto o un conjunto de impactos derivados del cambio climático es el resultado de la integración de tres componentes: peligro, exposición y vulnerabilidad. De acuerdo con dicho marco, los riesgos se incrementan si aumenta la peligrosidad de origen climático, la exposición o la vulnerabilidad o cualquier combinación de los anteriores. De igual modo, cualquier acción que contribuya a disminuir la peligrosidad, la exposición o la vulnerabilidad conduce a una reducción del riesgo. El estudio se desarrolla a nivel nacional, indicando adicionalmente la distribución territorial de cada riesgo clave en los casos en que éstos no presentan una homogeneidad geográfica. Asimismo, se hace énfasis en la actualización de la literatura y de las evidencias disponibles desde la publicación del estudio de "Impactos y riesgos derivados del cambio climático en España" llevado a cabo en 2020.

La metodología seguida para la elaboración de los capítulos sectoriales sigue tres pasos. Inicialmente, se ha llevado a cabo una revisión bibliográfica y una búsqueda de impactos históricos asociados a cada ámbito sectorial, con los que identificar los riesgos denominados genéricamente "riesgos relevantes"<sup>1</sup> del sector. A continuación, sobre este listado inicial de riesgos se ha aplicado un análisis multicriterio (AMC) basado en criterios análogos a los que establece el IPCC (p. ej. alcance espacial del riesgo, afección a la población, impacto económico, irreversibilidad, entre otros), para la selección de los denominados "riesgos clave"<sup>2</sup> sectoriales. Finalmente, se ha realizado un análisis más detallado de los riesgos identificados como clave. Este análisis abarca tanto los componentes del riesgo (peligro, exposición y vulnerabilidad), como diversos aspectos transversales relevantes. Entre ellos se incluyen los efectos transfronterizos, los riesgos compuestos, impactos

---

<sup>1</sup> Se define riesgo relevante como aquel que tiene un potencial de generar consecuencias adversas significativas para sistemas humanos o ecológicos en el sector o ámbito de estudio derivadas del cambio climático, directa o indirectamente.

<sup>2</sup> Los riesgos clave son aquellos potencialmente graves que pueden traducirse en impactos en la actualidad y que pueden incrementar su severidad con el tiempo debido a cambios en la naturaleza de los peligros y/o a la exposición/vulnerabilidad que presentan los elementos analizados ante dichos peligros (IPCC, 2022). En este estudio los riesgos clave se identifican de manera comparada intra-sectorialmente a través de un análisis multicriterio que incluye los tres componentes del riesgo.



en cascada, y otros aspectos como la vulnerabilidad social o territorial frente al riesgo o posibles casos de maladaptación. Además, se indica la gobernanza existente y las principales carencias de información, entre otros aspectos.

Los capítulos sectoriales se estructuran en siete secciones. En primer lugar, se presenta una **introducción** que contextualiza el sector y define el alcance del análisis realizado. A continuación, se expone el **marco conceptual** de los riesgos derivados del cambio climático en el sector, incluyendo sus distintos componentes y la identificación de los riesgos más relevantes. Una vez identificados, estos riesgos clave se analizan en detalle mediante **cadena de impacto, fichas específicas y un examen de sus interconexiones**, las cuales se desarrollan con mayor profundidad en el Capítulo de Riesgos Complejos. **Con carácter ilustrativo, se incorpora un caso de estudio** representativo que contribuye a visibilizar buenas prácticas y a promover el intercambio de conocimiento entre territorios. Posteriormente, el **apartado de limitaciones y particularidades metodológicas** recoge los principales déficits de información detectados y formula recomendaciones orientadas a su superación, con el fin de reforzar futuras evaluaciones. Finalmente, la **bibliografía** reúne las fuentes utilizadas en el análisis, garantizando la trazabilidad y verificación de la información presentada.

La metodología aplicada para la identificación y desarrollo de los riesgos ha sido desarrollada en conjunto entre los autores principales de la Evaluación, la Oficina Española de Cambio Climático y un Grupo Asesor de Expertos, y se puede encontrar descrita con más detalle en el Capítulo de Metodología.

Además, el presente capítulo incorpora notas a pie de página con definiciones de ciertos términos específicos del sector, mientras que el glosario de los términos más comunes del proyecto figura como un anexo al documento general de la ERICC.



## 2. Introducción

El cambio climático representa uno de los principales desafíos para la salud y el bienestar de las personas. Los estudios científicos más recientes señalan que los impactos del cambio climático afectan de manera cada vez más compleja e interconectada a la salud humana, tanto de forma directa como indirecta (van Daalen *et al.*, 2024). El aumento de la temperatura, los cambios en el régimen de precipitaciones y el aumento de la frecuencia y magnitud de los fenómenos meteorológicos extremos tienen efectos directos sobre la salud humana. Los cambios en las variables climáticas también pueden generar impactos indirectos. Por ejemplo, la variación de temperaturas está generando cambios en la distribución de diversos vectores de enfermedades, como la malaria, el zika o el virus del Nilo Occidental. El cambio climático también puede contribuir a la expansión de enfermedades transmitidas por el agua y los alimentos (Ascaso *et al.*, 2024). Además, existen evidencias de efectos sinérgicos de variables climáticas con otros problemas ambientales. Por ejemplo, el aumento de la temperatura durante las olas de calor puede contribuir a empeorar la calidad del aire o la distribución de alérgenos (Romanello *et al.*, 2023).

A ello se suman las implicaciones sociales y económicas de estos impactos, que afectan con mayor intensidad a las personas y territorios más vulnerables. Las desigualdades preexistentes en términos de edad, salud previa, nivel socioeconómico, género o acceso a servicios básicos pueden verse exacerbadas, generando brechas adicionales en la protección de la salud. Por otra parte, el carácter sistémico de muchos riesgos climáticos plantea importantes retos para la capacidad de respuesta del sistema sanitario (EEA, 2024). La magnitud de estos impactos en el futuro dependerá, en primer lugar, de los esfuerzos de mitigación que seamos capaces de llevar adelante y, por tanto, del nivel de calentamiento que se alcance. En segundo lugar, dependerá también de otros factores como los avances en materia de adaptación, el envejecimiento de la población, las tendencias de urbanización, el desarrollo económico y las desigualdades sociales (Ebi *et al.*, 2021b).

En este capítulo se identifican y analizan los principales riesgos del cambio climático en el sector de la salud, tanto en lo relativo a la salud de las personas, como a la presión que éstos puedan tener sobre el sistema sanitario en nuestro país. Esta evaluación busca aportar una base de conocimiento actualizada y orientada a la acción, que sirva de apoyo a la planificación y a la toma de decisiones en materia de salud y adaptación al cambio climático.



### 3. Riesgos relevantes

En esta sección se hace una identificación preliminar de los principales riesgos del cambio climático sobre la salud humana. En primer lugar, se presenta el modelo conceptual utilizado para la identificación de los riesgos, basado en el análisis de sus componentes: peligro, exposición y vulnerabilidad. A continuación, se describe el resultado de este proceso y finalmente se incluye el listado de los riesgos relevantes identificados, a partir del cual se seleccionarán los riesgos clave.

En el estudio de los efectos del cambio climático sobre la salud humana, una gran parte de la bibliografía se ha ocupado de investigar los efectos del calor extremo. El aumento de las temperaturas es, sin duda, uno de los principales **peligros** que está afectando de manera directa a la salud en España. Los veranos de 2022 y 2023 han sido particularmente cálidos. Entre mayo y septiembre de 2022, los países del Mediterráneo occidental, incluyendo España, registraron anomalías de temperatura muy por encima de la media climatológica del periodo 1940-2000 (Büntgen *et al.*, 2024; Tejedor *et al.*, 2024).

El aumento de temperatura tiene implicaciones también de forma indirecta, ya que es un factor que contribuye a la expansión de vectores y enfermedades infecciosas, la ocurrencia de incendios forestales que afectan a la calidad del aire, o la floración de cianobacterias y otros microorganismos infecciosos, que favorecen la proliferación de enfermedades relacionadas con el agua y los alimentos. También son peligros relevantes los eventos meteorológicos y climáticos extremos, como precipitaciones intensas, inundaciones o sequías, que pueden afectar directa e indirectamente a la salud de las personas<sup>3</sup>.

En el ámbito de la salud, la **exposición** viene determinada por una serie de factores que condicionan que la población pueda verse negativamente afectada por los peligros anteriormente mencionados. Factores como el grado de urbanización y el efecto isla de calor asociado a las ciudades densamente urbanizadas, favorecen una mayor exposición al calor de las zonas urbanas (Heaviside *et al.*, 2017). Globalmente, se estima que entre 1983 y 2016 la exposición urbana al calor extremo aumentó casi un 200 %, afectando a 1.700 millones de personas (Tuholske *et al.*, 2021). En España, casi el 80 % de la población reside en zonas predominantemente urbanas (Goerlich y Cantarino, 2015) y aunque la exposición abarca todo el territorio, existen diferencias geográficas importantes, puesto que los umbrales de temperatura a partir de los cuales se registra un aumento

---

<sup>3</sup> El capítulo de variables climáticas recoge la descripción y la evolución prevista de las diversas variables contempladas, incluyendo aquellas con mayor incidencia sobre la salud.



significativo de la mortalidad varían en función de las zonas climáticas de cada territorio (Linares *et al.*, 2024). A futuro, Díaz *et al.* (2019) prevén que en el periodo 2021-2050 la mortalidad atribuible a las altas temperaturas, por encima de la temperatura de disparo de la mortalidad, en un escenario climático desfavorable<sup>4</sup> y sin adaptación se concentre en Alicante, Zaragoza, Madrid, Bizkaia y Sevilla. En la segunda mitad de siglo, a estos territorios se sumaría Barcelona. A finales de siglo, y en un escenario climático desfavorable (calentamiento de 3 °C), la mortalidad atribuible al calor aumentará en todas las provincias, pero especialmente en la zona centro (Castilla y León y Castilla La Mancha), Barcelona, Castellón y Baleares (García-León *et al.*, 2024). Sin embargo, si se produjeran procesos de adaptación<sup>5</sup> al calor extremo, la mortalidad en el periodo 2051-2100 podría reducirse más de un 90 % respecto al escenario sin adaptación y solo Madrid seguiría mostrando un riesgo destacable (Díaz *et al.*, 2019).

Otros factores que condicionan la exposición al calor son las ocupaciones laborales que se desarrollan en el exterior, en sectores como la construcción o la agricultura, pero también en sectores que implican un esfuerzo físico importante o condiciones de trabajo rigurosas. Según Flouris *et al.* (2024), el estrés térmico en entornos laborales es la combinación de un calor excesivo, el aislamiento térmico asociado con la vestimenta o los elementos de protección individual, y la actividad física desarrollada. En España, los riesgos sobre las personas trabajadoras, sin embargo, se concentrarían en el sur (Andalucía y Extremadura), Baleares y la costa levantina. A finales de siglo, se esperan impactos significativos en todo el estado, sobre todo en la mitad sur peninsular, Cataluña y Aragón, con menor incidencia en la cornisa cantábrica y Galicia (Szewczyk *et al.*, 2021).

En relación con el riesgo asociado a vectores infecciosos, actualmente las zonas más favorables para la expansión de mosquitos del género *Anopheles* son el suroeste de la península ibérica y parte de la costa levantina. A finales de siglo se espera que las zonas favorables se extiendan a Castilla y León y la cuenca del Ebro (Hertig, 2019). En relación con el virus del Nilo Occidental, hasta finales de la década de 1990 se producían principalmente casos aislados. Sin embargo, en las últimas décadas se ha dado un aumento de los casos y el cambio climático se espera que contribuya a su expansión. Farooq *et al.* (2023) identifican Cataluña, algunas zonas de Aragón, Alicante y el suroeste de Andalucía como las principales zonas de riesgo en niveles bajos de calentamiento.

Desde una perspectiva de salud, la **vulnerabilidad** de las personas constituye una componente del riesgo multidimensional que está determinada por factores sociales, económicos, ambien-

---

<sup>4</sup> El estudio utiliza el escenario RCP8.5 que, tal y como se ha mostrado en la metodología, se corresponde con un nivel de calentamiento de 1,1 – 2,6 en el periodo 2021-2040.

<sup>5</sup> Díaz *et al.* (2019) definen el escenario con adaptación como aquel en el que la temperatura de disparo de la mortalidad aumenta. Es decir, la temperatura a partir de la cual la mortalidad aumenta de forma significativa es cada vez más alta.





tales, físico-tecnológicos, y de gobernanza (Eklund *et al.*, 2023). La **vulnerabilidad social** es un concepto complejo donde se dan múltiples definiciones que pueden dificultar su integración en la planificación (Brown *et al.*, 2017; Ford *et al.*, 2018; Jessen *et al.*, 2025). En la literatura académica sí se observa un cierto consenso sobre las características que definen a las poblaciones más vulnerables desde una perspectiva social, como son el origen étnico, la clase socioeconómica, el estado de salud, la edad y el sexo (Tuomimaa *et al.*, 2023). Las personas con enfermedades subyacentes y crónicas son especialmente vulnerables al calor extremo (López-Bueno *et al.*, 2023; Salvador *et al.*, 2023; Turner *et al.*, 2012), así como a los efectos de la contaminación atmosférica. La edad es también un condicionante relevante, puesto que además de los colectivos vulnerables, la mortalidad por calor se dispara en personas mayores de 65 años (Gronlund *et al.*, 2016), aunque lactantes y niños y niñas de corta edad también se consideran grupos particularmente vulnerables (Schinasi *et al.*, 2020).

El nivel socioeconómico es otro factor clave que condiciona la vulnerabilidad (Ebi *et al.*, 2021b; Romanello *et al.*, 2023). Las desigualdades impulsan la sensibilidad diferencial a los impactos del cambio climático y al mismo tiempo, el cambio climático puede exacerbar las desigualdades existentes en términos de clase, etnia y género (Thomas *et al.*, 2019). Desde esta perspectiva, la renta, la situación laboral o el nivel educativo son determinantes clave de la **vulnerabilidad socio-económica** frente a los riesgos del cambio climático, puesto que son condicionantes que afectan la capacidad de respuesta, recuperación y adaptación ante impactos climáticos. Por ejemplo, la renta puede limitar el acceso a sistemas de climatización, a una vivienda con buen aislamiento térmico, a una alimentación adecuada o a servicios sanitarios de calidad. La inseguridad financiera también puede limitar la capacidad de recuperación tras impactos climáticos, también cuando estos conllevan un deterioro del estado de salud. Aunque el nivel educativo puede enmarcarse también en la dimensión social, guarda una estrecha relación con la vulnerabilidad económica, ya que influye tanto en las oportunidades laborales como en la capacidad para comprender y aplicar información sobre riesgos y medidas de prevención (Smith *et al.*, 2015).

La **vulnerabilidad ambiental** constituye otra dimensión clave en el análisis del riesgo climático sobre la salud, ya que los entornos degradados o con menor resiliencia ecológica pueden amplificar la exposición a riesgos derivados del cambio climático. La pérdida de biodiversidad, la escasez de zonas verdes o azules y la contaminación atmosférica agravan los efectos de eventos extremos como las olas de calor, contribuyendo a empeorar la calidad del aire (Tuomimaa *et al.*, 2023). En particular, la degradación de ecosistemas en entornos urbanos en climas mediterráneos (caracterizados por baja eficiencia energética de los edificios, escasez de arbolado y materiales urbanos que retienen el calor) puede aumentar la vulnerabilidad de la población residente (Marí-Dell'Olmo *et al.*, 2022). Asimismo, la calidad del entorno ambiental puede influir también en la circulación de vectores.



Las características y ubicación de residencia también aparecen como un factor que afecta a la vulnerabilidad, puesto que puede determinar la exposición, la disponibilidad de zonas verdes (Chiabai *et al.*, 2020) o refugios climáticos en su entorno (Amorim-Maia *et al.*, 2023), la calidad constructiva de los edificios o el acceso a servicios públicos (López-Bueno *et al.*, 2020). Como se ha mencionado anteriormente, diversos estudios apuntan a que las ciudades son particularmente vulnerables a lo que se conoce como el efecto isla de calor, proceso por el que se registran temperaturas generalmente más altas que en las zonas rurales o suburbanas circundantes (Heaviside *et al.*, 2017; Marí-Dell'Olmo *et al.*, 2022). No obstante, también existen algunas evidencias de que se está dando una mayor adaptación al calor en zonas urbanas en comparación con zonas rurales, aunque esto podría estar relacionado con una mayor disponibilidad de recursos en las ciudades (Navas-Martín *et al.*, 2022b). En ocasiones, estos aspectos relacionados con las características de las infraestructuras urbanas se conceptualizan como parte de los factores de exposición. Sin embargo, como determinan el grado de vulnerabilidad, se ha optado por incluirlos como parte de la **dimensión físico-tecnológica** de la vulnerabilidad.

Por otro lado, la **gobernanza** desempeña un papel esencial como determinante estructural de la vulnerabilidad, al influir tanto en la generación de desigualdades como en la capacidad de respuesta institucional ante los riesgos climáticos. Las políticas públicas, los marcos normativos y la coordinación entre niveles de gobierno condicionan la distribución de recursos y la planificación de medidas de adaptación. Una gobernanza poco inclusiva puede agravar la exposición diferencial a riesgos y limitar las oportunidades de resiliencia, especialmente en los grupos más desfavorecidos. Desde un enfoque de justicia climática, resulta imprescindible fortalecer la gobernanza multinivel y asegurar la participación de la ciudadanía y de los colectivos vulnerables en la toma de decisiones, a fin de reducir desigualdades y mejorar la preparación del sistema de salud ante los impactos del cambio climático (Marí-Dell'Olmo *et al.*, 2022).

Diversos **factores de riesgo subyacentes** pueden contribuir a agravar la exposición y vulnerabilidad en materia de salud. Las políticas de salud, si bien pueden considerarse parte de la vulnerabilidad de gobernanza frente al riesgo climático, también constituyen un factor subyacente estructural cuya evolución puede modular significativamente la exposición y la capacidad de respuesta ante riesgos climáticos (Sheehan, 2022). De igual manera, una planificación urbana que no tiene en cuenta los componentes del riesgo en la actualidad y en el futuro puede contribuir a agravar los riesgos del cambio climático sobre la salud (Marí-Dell'Olmo *et al.*, 2022). Las variaciones en el precio de la energía, que puede afectar al uso de elementos de climatización, los cambios demográficos, la información y la percepción sobre el cambio climático, así como la aceptabilidad de las políticas de adaptación pueden ser otros factores de riesgo subyacente (Ebi y Hess, 2020; Helgeson *et al.*, 2012; Rufat y Botzen, 2022).



A partir de la revisión de la literatura, se han identificado diez riesgos relevantes, que pueden dividirse en cuatro grandes grupos: riesgos relacionados con el aumento de las temperaturas, con los eventos meteorológicos extremos, con la expansión de enfermedades infecciosas y otros riesgos relacionados con la salud. La **Figura 1** presenta el modelo conceptual utilizado para la identificación de los riesgos relevantes del cambio climático sobre la salud, que se describen a continuación.

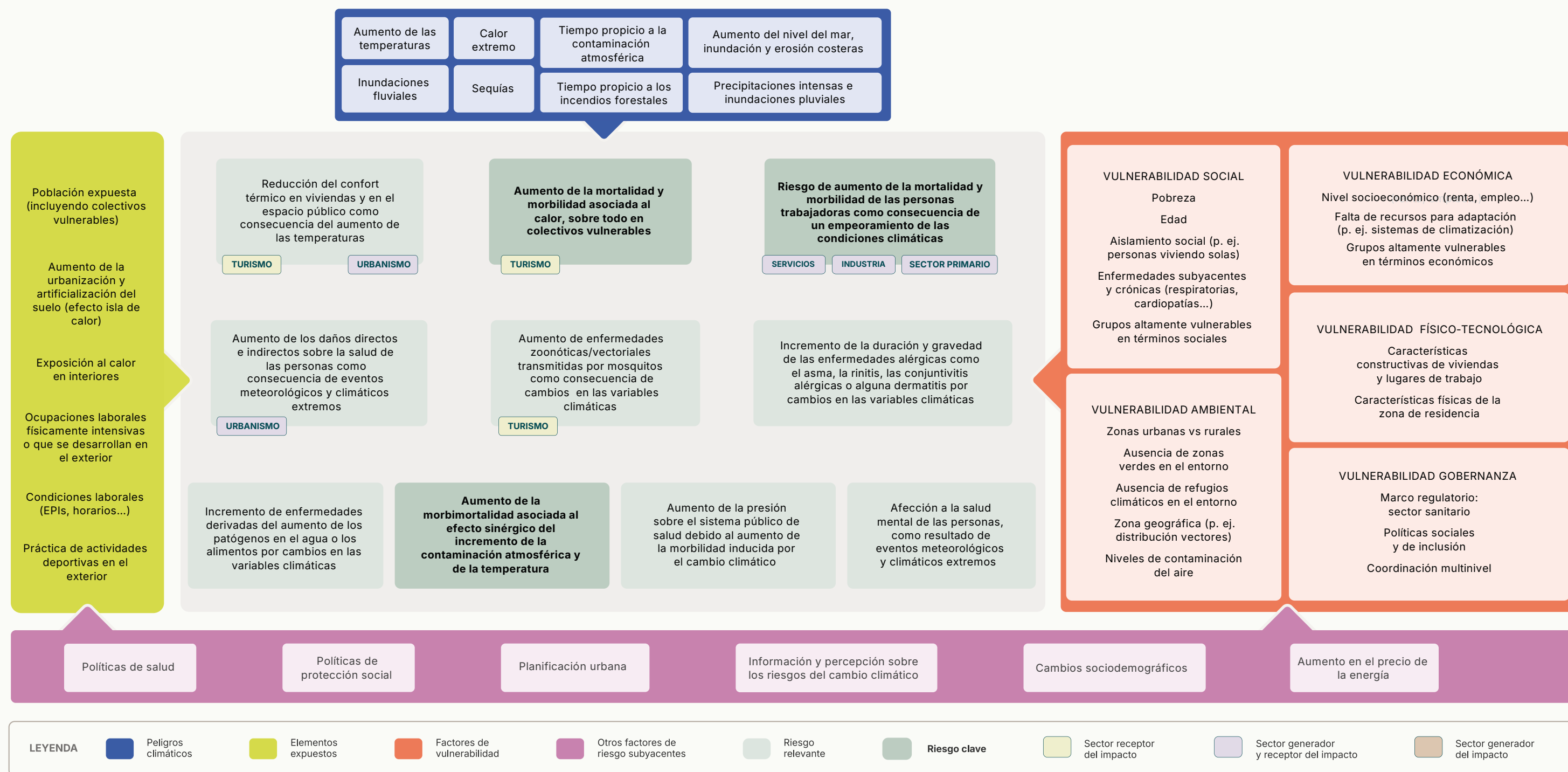


Figura 1. Modelo conceptual de los riesgos del cambio climático sobre la salud y sus componentes.



## Riesgos relacionados con el aumento de las temperaturas

### ► Riesgo de aumento de la morbilidad asociada al calor, sobre todo en colectivos vulnerables.

El calor extremo es uno de los principales peligros del cambio climático sobre la salud humana. Se estima que, globalmente, el 37 % de las muertes relacionadas con el calor entre 2000 y 2020 pueden atribuirse al cambio climático antropogénico (Vicedo-Cabrera *et al.*, 2021). Estos efectos no se distribuyen de forma homogénea, sino que afectan de forma muy diferente a personas y colectivos vulnerables. La vulnerabilidad ante el calor en Europa se debe principalmente a la estructura de edad de su población, la prevalencia de enfermedades preexistentes, las desigualdades de renta y de las infraestructuras sanitarias, así como el grado de urbanización (Van Daalen *et al.*, 2022). Geográficamente, también existen diferencias notables: a pesar de que la temperatura umbral que induce un aumento de la mortalidad relacionada con el calor es generalmente más alta en el sur (Díaz *et al.*, 2015), en los países del sur de Europa se registran 6 veces más fallecimientos por calor extremo que en el norte (García-León *et al.*, 2024). Se estima que durante la ola de calor que afectó a Europa en 2003 fallecieron en torno a 70.000 personas, y casi dos décadas después, durante la ola de calor de 2022, la mortalidad pudo superar las 61.000 personas (Ballester *et al.*, 2023).

El efecto del calor sobre la mortalidad es uno de los riesgos del cambio climático sobre la salud que está mejor documentado, pero éste también da lugar a un incremento de la morbilidad (van Daalen *et al.*, 2024). Aunque ha recibido relativamente menos atención que la mortalidad, cada vez existen más estudios que analizan los efectos del calor sobre el sistema cardiorrespiratorio (Cheng *et al.*, 2019), enfermedades renales (López-Bueno *et al.*, 2023), salud mental (Thompson *et al.*, 2018), afecciones a la población infantil y juvenil, además de desórdenes nutricionales y endocrinos, entre otros (Alho *et al.*, 2024).

Sin adaptación, se prevé que el aumento de las temperaturas dé lugar a un incremento de la mortalidad en la UE. En un escenario optimista de calentamiento global de 1,5 °C, el número de fallecidos podría alcanzar en torno a 58.057 (47.498–70.575) personas, y más del doble, 128.809 (100.283–148.453) personas en un escenario de calentamiento global de 3 °C. En España, el cambio climático podría dar lugar a 7.501 (6.819–8.937) personas fallecidas con escenarios de calentamiento de 1,5 °C y casi tres veces más, 20.194 (18.129–24.401) personas, si la temperatura global alcanza un aumento de 3 °C (García-León *et al.*, 2024). Díaz *et al.* (2019) obtienen resultados más moderados, de casi 13.000 personas fallecidas al año (9.852–15.976) a partir de 2050 en el escenario de calentamiento más desfavorable (RCP8.5). Sin embargo, el mismo estudio obtiene que los impactos podrían reducirse a menos de 1000 muertes al año (931, 770–1.081) si se dan procesos de adaptación a los efectos del calor y la temperatura umbral a la que se dispara la mortalidad aumenta junto con el aumento de la



temperatura. Precisamente se han hallado evidencias de la existencia de procesos de adaptación en España, con diferencias entre territorios y donde los factores determinantes son socioeconómicos, climáticos y relacionados con las políticas de salud (Navas-Martín *et al.*, 2022b).

► **Riesgo de reducción del confort térmico en viviendas y en el espacio público como consecuencia del aumento de las temperaturas.**

El aumento de las temperaturas y la mayor frecuencia de episodios de calor extremo afectan al confort térmico y a la salud de la población, tanto en el interior de las viviendas como en el espacio público. La exposición a un entorno térmico inadecuado puede provocar estrés térmico, deshidratación, exacerbación de enfermedades crónicas y aumento de la mortalidad, especialmente entre personas mayores, menores y colectivos con enfermedades preexistentes (Jendritzky *et al.*, 2012).

Factores como la calidad de la vivienda, el aislamiento térmico, la existencia o no de sistemas de refrigeración y la posibilidad de realizar una ventilación adecuada influyen de forma determinante en la vulnerabilidad de la población (López-Bueno *et al.*, 2022). En España, se han detectado niveles elevados de pobreza energética, lo que limita la capacidad de los hogares para mantener condiciones térmicas adecuadas (Santamouris y Kolokotsa, 2015). En Andalucía, el 38 % del parque analizado de vivienda social ya está en riesgo de sobrecalentamiento y, sin adaptación, podría alcanzar el 100 % en 2050 (Calama-González *et al.*, 2024; Escandón *et al.*, 2022). La adopción de sistemas de climatización es una estrategia de adaptación frecuente, pero su uso masivo conlleva implicaciones ambientales y de demanda energética que pueden retroalimentar el cambio climático (Davis y Gertler, 2015; De Cian *et al.*, 2019).

En el espacio público, el riesgo se ve amplificado por el efecto de isla de calor urbana y la ausencia de sombra o vegetación, lo que limita las oportunidades de alivio térmico y aumenta la exposición durante actividades cotidianas (López-Bueno *et al.*, 2022). Los refugios climáticos son una infraestructura importante para impulsar la adaptación de la población urbana al calor y otros eventos climáticos extremos (Amorim-Maia *et al.*, 2023). Se estima que en España hay más de 2.100 refugios climáticos, un número en aumento, aunque se considera insuficiente. Cataluña es la comunidad autónoma con más refugios (1.707) y Barcelona ha sido pionera en la planificación de estos espacios. Les siguen Euskadi (245), Murcia (70) y Madrid (40) (Olcina *et al.*, 2025).

► **Riesgo de aumento de la mortalidad y morbilidad de las personas trabajadoras como consecuencia de un empeoramiento de las condiciones climáticas.**

El aumento de las temperaturas está afectando a la salud de las personas trabajadoras, tanto



en ocupaciones realizadas al aire libre como en interiores con exposición a altas temperaturas (Van Daalen *et al.*, 2022). La evidencia epidemiológica muestra que el impacto del calor va más allá de los golpes de calor y otras enfermedades agudas y puede contribuir a aumentar el riesgo de accidentes laborales incluso en días sin alerta oficial, especialmente cuando hay esfuerzo físico o uso de equipos de protección que dificultan la disipación del calor. Se han documentado también efectos a largo plazo, incluyendo el empeoramiento de enfermedades preexistentes en personas trabajadoras expuestas repetidamente al calor y a la deshidratación. Además, el calor puede interactuar con contaminantes químicos y aumentar su toxicidad, así como comprometer los mecanismos de termorregulación (Narocki, 2021). La exposición prolongada a altas temperaturas también disminuye el rendimiento cognitivo, reduciendo la memoria de trabajo, la atención y la velocidad de reacción, lo que incrementa la probabilidad de errores y lesiones (Martin *et al.*, 2019).

La intensidad y las consecuencias de los efectos del calor en el entorno laboral no son homogéneas, sino que dependen de una combinación de factores. Narocki (2021) subraya que es importante diferenciar el riesgo en función de las circunstancias que lo generan, ya que la respuesta preventiva y de adaptación variará en cada caso. Por un lado, influyen las condiciones de trabajo, que pueden implicar exposición directa al calor en actividades laborales que se realizan al aire libre, como en la construcción, la agricultura y la ganadería, el turismo o la limpieza. También pueden ser actividades que se desarrollan en interiores, pero con exposición a fuentes internas de calor (como cocinas o entornos industriales), especialmente si se combinan con otros factores como el esfuerzo físico o el uso de vestimenta de seguridad. A ello se añaden los factores de vulnerabilidad personal, ligados a características como la edad, la existencia de enfermedades previas o el estado físico general. Finalmente, los factores de vulnerabilidad social pueden agravar el riesgo, particularmente en contextos de precariedad laboral, lo que amplifica desigualdades sociales y económicas.

Las consecuencias de estos riesgos son también económicas, e incluyen la reducción de la capacidad de trabajo y del rendimiento laboral, así como el incremento de costes asociados a la atención sanitaria y a la sustitución de personal (Lucas *et al.*, 2014). A falta de métricas más completas que integren todas las implicaciones del calor sobre la población trabajadora, la literatura suele utilizar indicadores de impacto relacionados con la productividad laboral. Se ha observado que la exposición al calor afecta tanto a la oferta de mano de obra (número de horas trabajadas) como a la productividad laboral (producción durante esas horas). En Europa, la oferta de mano de obra fue un 1,05 % más baja (casi 17 horas por persona trabajadora y año) en el periodo 2016-20 comparado con 1965-94. La mayor reducción se registró en Andalucía, Extremadura, Valencia y Baleares, seguida de Chipre y algunas zonas de Grecia e Italia. No todas las regiones se verán negativamente afectadas: el aumento de temperaturas pudo favorecer a algunas regiones europeas, en el norte (Finlandia) y centro (Austria, norte de Italia), registrándose un aumento de la productividad (van Daalen *et al.*, 2024).



## Riesgos asociados a eventos meteorológicos extremos

### ► Riesgo de aumento de los daños directos e indirectos sobre la salud de las personas como consecuencia de eventos meteorológicos y climáticos extremos.

Los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos, como inundaciones, sequías, incendios forestales e inundaciones costeras, pueden tener repercusiones directas e indirectas sobre la salud de las personas. Entre los daños directos destacan la mortalidad y la morbilidad derivada, por ejemplo, de traumatismos o el colapso de estructuras (Bell *et al.*, 2018). Entre el año 2000 y 2023, los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos causaron en España más de 163 víctimas mortales, 200 personas heridas y 53.000 personas damnificadas, mientras que las pérdidas económicas casi superaron 10.000 millones de euros<sup>6</sup>.

No obstante, el 28 de octubre de 2024 se produjo el episodio de inundaciones más grave registrado en la historia reciente del país, con un total de 237<sup>7</sup> víctimas mortales y enormes daños materiales. El impacto se concentró en la Comunidad Valenciana, pero también alcanzó a municipios de Castilla La Mancha y Andalucía. Además del profundo sufrimiento causado por la pérdida de vidas humanas y las personas heridas durante la catástrofe, se suma la destrucción de viviendas y negocios, junto con la interrupción de los servicios y la pérdida de puestos de trabajo, que provocaron una importante inestabilidad económica para las familias afectadas (Martin-Moreno *et al.*, 2025). El Consorcio de Compensación de Seguros ha estimado que el coste total de las indemnizaciones por daños asociados a la DANA se aproximará a los 4.500 millones de euros (las indemnizaciones ya abonadas por el CCS en junio de 2025 sumaban 3.162,5 M€). Los impactos económicos totales, incluyendo bienes no asegurados, serán muy superiores.

Además de los impactos físicos inmediatos, los eventos extremos como las inundaciones pueden generar una variedad de daños indirectos sobre la salud, como la contaminación de las aguas potables (Erickson *et al.*, 2019). Durante la DANA de 2024, se detectó un aumento del 20 % en enfermedades de transmisión hídrica como gastroenteritis y leptospirosis, debido al contacto con aguas contaminadas (Martin-Moreno *et al.*, 2025). Además, pueden darse interrupciones de suministro eléctrico y daños sobre las infraestructuras sanitarias y de transporte, lo que limita la capacidad de respuesta del sistema de salud en un momento de gran demanda (Klinger *et al.*, 2014; Srinivasan *et al.*, 2003). Asimismo, la proliferación de agua estancada favorece la expansión

<sup>6</sup> Los datos se obtuvieron de la Base de Datos Internacional sobre Catástrofes, accesible en: <https://www.emdat.be/>

<sup>7</sup> <https://www.lamoncloa.gob.es/info-dana/Paginas/2025/171125-datos-seguimiento-actuaciones-gobierno.aspx>





de vectores como los mosquitos, lo que puede aumentar el riesgo de enfermedades infecciosas transmitidas por vectores (Bell *et al.*, 2018).

También pueden darse efectos sobre la salud mental, que incluyen un aumento del estrés, la ansiedad, la depresión y, en algunos casos, síntomas asociados al trastorno de estrés postraumático (TEPT) (Lowe *et al.*, 2019). Además, estos impactos pueden prolongarse mucho más allá de la fase aguda del evento, afectando especialmente a personas desplazadas, aquellas con viviendas destruidas o quienes han perdido a seres queridos (Sandifer y Walker, 2018). Las afecciones a la salud mental focalizan un riesgo con entidad propia que se describe más adelante.

Schmitt *et al.* (2016) concluyen que el impacto de los fenómenos meteorológicos extremos en la salud humana constituye un importante efecto económico que, además, es probable que aumente rápidamente en el futuro, a menos que se tomen medidas de adaptación. Estos fenómenos también tienen importantes implicaciones distributivas, por lo que se están convirtiendo en un importante problema de salud pública. Es necesario seguir trabajando para determinar el abanico de costes asociados a estos impactos para las próximas décadas hasta 2050 y más allá, en diferentes escenarios climáticos.

### ► **Riesgo de afección a la salud mental de las personas, como resultado de eventos meteorológicos y climáticos extremos.**

Los efectos indirectos de estos sucesos incluyen problemas de salud mental, como depresión, ansiedad, estrés (Ebi y Bowen, 2016; Foudi *et al.*, 2017; Mostafizur Rahman *et al.*, 2023), e incluso indicios de trastorno de estrés postraumático (TEPT) en poblaciones expuestas a inundaciones (Nasri *et al.*, 2020). Estos impactos pueden perdurar en el tiempo, ya que el malestar psicológico relacionado con las inundaciones se ha documentado incluso varios años después del evento (Ebi y Bowen, 2016; Leal Filho *et al.*, 2022). Además, factores posteriores al desastre pueden actuar como estresores secundarios. Entre ellos, la gestión de los seguros se ha identificado como una fuente adicional de estrés para las víctimas de las inundaciones (McKenzie *et al.*, 2022). En general, en Europa se observa que los diversos tipos de eventos extremos (olas de calor, incendios, inundaciones, tormentas, sequías) tienen en común un impacto adverso sobre la salud mental y el bienestar, aunque la magnitud y la solidez de la evidencia varíen entre fenómenos (Weilhammer *et al.*, 2021).

Estudios recientes apuntan a que los sistemas de salud pública requieren más recursos y una mayor concienciación sobre los vínculos entre el cambio climático y la salud mental, de modo que los profesionales estén en mejores condiciones de reconocer síntomas y atender a pacientes afectados por eventos extremos (Leal Filho *et al.*, 2022).



La vulnerabilidad frente a los impactos de los eventos extremos en la salud mental no es uniforme. Algunos grupos, como personas mayores, individuos con enfermedades previas o colectivos socioeconómicamente desfavorecidos, son más susceptibles a los impactos generados por estos eventos. En particular, los niños presentan una especial vulnerabilidad, ya que los episodios de ansiedad, estrés o trauma asociados a desastres naturales pueden afectar de manera duradera a su desarrollo emocional y sus capacidades cognitivas (EEA, 2024).

## Riesgos relacionados con enfermedades infecciosas

### ► **Riesgo de aumento de enfermedades zoonóticas/ vectoriales transmitidas por mosquitos como consecuencia de cambios en las variables climáticas.**

Son cada vez más abundantes los estudios que relacionan el cambio climático con la transmisión de enfermedades infecciosas, aunque es importante recordar que existen otros factores que también pueden favorecer dicha transmisión. Estos son factores no climáticos tales como el desarrollo socioeconómico, los procesos de urbanización, los usos del suelo, la destrucción de ecosistemas o la globalización, y pueden llegar a ser más relevantes que el cambio climático (Semenza y Menne, 2009).

La presencia de mosquitos que actúan como vectores de transmisión también ha aumentado. Es el caso de los mosquitos del género *Aedes*, que pueden transmitir enfermedades tropicales como el dengue, la chikungunya y el Zika (Romanello *et al.*, 2022). Debido al cambio climático, la distribución potencial de *Aedes albopictus*, que actualmente cubre la mayor parte de Europa occidental, podría extenderse hacia el este. En el caso del *Aedes aegypti*, su distribución se limita ya a determinadas zonas costeras, entre las que se encuentra la costa norte española y Canarias. Sin embargo, el cambio climático podría extender esta zona también a las costas de Cataluña, Valencia, Baleares y el Golfo de Cádiz (Kamal *et al.*, 2018).

En el caso del Virus del Nilo Occidental (VNO), transmitido por los mosquitos del género *Culex* (Colpitts *et al.*, 2012), se observa una tendencia creciente en Europa, particularmente en el este y sur del continente (van Daalen *et al.*, 2024), y existen varios casos registrados en España (Magallanes *et al.*, 2024). Según el Centro Europeo para la Prevención y el Control de las Enfermedades<sup>8</sup>, desde 2008 al 31 de julio de 2024 se detectaron 118 casos de transmisión en personas en España, el 94 % de los cuales se ha registrado desde 2020. Como consecuencia

---

<sup>8</sup> <https://www.ecdc.europa.eu/en>



del cambio climático, se espera un aumento de la probabilidad de transmisión del VNO en varios países mediterráneos ya en 2025 y aún más para 2050 (Semenza *et al.*, 2016).

En cuanto a la malaria, aunque fue erradicada en la mayor parte de Europa, hay algunas especies de mosquito del género *Anopheles* responsables de su transmisión, que siguen presentes (Brugueras *et al.*, 2020). No obstante, se espera que el riesgo para la salud humana siga siendo bajo al menos hasta 2050 debido al contexto social, económico y sanitario existente (Bednar-Friedl *et al.*, 2022). De hecho, hay estudios que sugieren que ésta podría reducirse en el sur de Europa debido a la esperada disminución de las precipitaciones como consecuencia del cambio climático, mientras podría aumentar en los países del norte (Hertig, 2019). Sin embargo, hay estudios que apuntan en otra dirección (Fischer *et al.*, 2020).

Entre las enfermedades infecciosas de transmisión vectorial, la enfermedad de Lyme transmitida por garrapatas es la más prevalente en Europa (Erber y Schmitt, 2018). Estos artrópodos se consideran entre los más peligrosos debido a su facilidad para pasar de los animales a las personas, su ubicuidad y su capacidad para aglutinar microorganismos patógenos potencialmente transmisibles (Portillo *et al.*, 2018). Las previsiones apuntan a que la enfermedad de Lyme puede avanzar hacia los países del norte y a zonas de mayor altitud, pero que su expansión se frene en el sur de Europa (Bednar-Friedl *et al.*, 2022). De hecho, la incidencia más baja se ha observado en Italia, España y Portugal, aunque ésta ha aumentado en los últimos años (Vandekerckhove *et al.*, 2021).

► **Riesgo de incremento de enfermedades derivadas del aumento de los patógenos en el agua o los alimentos por cambios en las variables climáticas.**

Los cambios en la temperatura, las precipitaciones y los fenómenos meteorológicos extremos pueden influir en la aparición de enfermedades transmitidas por los alimentos. En España, estos cambios podrían exacerbar enfermedades de transmisión alimentaria como la salmonelosis y la vibriosis, especialmente en mariscos y crustáceos de aguas más cálidas. El aumento de las temperaturas y la alteración de los regímenes de precipitaciones podrían, además, aumentar la contaminación de los productos agrícolas por patógenos, micotoxinas y residuos químicos (Tirado *et al.*, 2010). Según el último informe de la Agencia Europea para la Seguridad Alimentaria y el Centro Europeo de para la Prevención y Control de Enfermedades, que recoge los resultados de las actividades de seguimiento y vigilancia de las zoonosis en 2021 en Europa, las infecciones de origen alimentario son responsables de una morbilidad importante en Europa, y España ocupa el sexto lugar en cuanto al número de casos notificados (EFSA y ECDC, 2022). Ascaso *et al.* (2024) analizaron la relación de hospitalizaciones relacionadas con infecciones



alimentarias en Madrid con diversas variables climáticas. Los autores encontraron que una temperatura ambiental elevada es un factor de riesgo que favorece el aumento de las hospitalizaciones urgentes atribuibles, y observaron un mayor impacto en los días de ola de calor.

## Otros riesgos relacionados con la salud

### ► Riesgo de aumento de la morbilidad asociada al efecto sinérgico de incremento de la contaminación atmosférica y de la temperatura.

La contaminación atmosférica es considerada el factor de riesgo medioambiental para la salud más importante en Europa. La exposición a contaminantes atmosféricos genera o agrava una serie de enfermedades específicas, como cardiopatías isquémicas, ictus, enfermedades pulmonares crónicas o asma. En 2021, se estima para la UE-28 más de 253.000 muertes atribuibles a la exposición a partículas finas ( $PM_{2,5}$ ), 52.000 por exposición a dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ) y 22.000 por la exposición a corto plazo al ozono troposférico ( $O_3$ ). En España se estima que la exposición a partículas finas fue responsable de más de 14.000 muertes atribuibles, mientras que la mortalidad atribuible al  $NO_2$  y  $O_3$  fue 4.600 y 2.300, respectivamente (EEA, 2023).

A nivel global, se estima que el exceso de mortalidad por todas las causas debidas a la contaminación atmosférica por partículas finas y ozono es de 8,3 millones de muertes al año. De éstas, en torno al 60 % (5,1 millones) se deben a la contaminación generada por los combustibles fósiles (Lelieveld *et al.*, 2023). Además, los estudios prevén que el aumento de las temperaturas como consecuencia del cambio climático antropogénico acentúe la mortalidad asociada a la contaminación atmosférica (Orri *et al.*, 2019). En un escenario de altas emisiones (RCP8.5), el exceso de mortalidad asociado a la contaminación por partículas finas podría aumentar en un 73 % en 2050 (Tarín-Carrasco *et al.*, 2021). A su vez, las olas de calor pueden verse amplificadas por la entrada de aire cálido y seco procedente del norte de África, que transporta además material particulado de origen sahariano (predominantemente  $PM_{10}$ ), cuya frecuencia podría aumentar como consecuencia del cambio climático. Igualmente, los incendios forestales contribuyen a empeorar la calidad del aire, especialmente la concentración de material particulado, lo que se ha relacionado con un incremento de las hospitalizaciones (Ruiz-Páez *et al.*, 2024). No obstante, las consecuencias de las olas de calor sobre la salud no se deben solo a las altas temperaturas, sino también a los contaminantes atmosféricos que actúan de forma sinérgica. De hecho, algunos estudios apuntan a que durante las olas de calor el efecto de la contaminación del aire sobre la mortalidad y morbilidad es mayor que el de las altas temperaturas (Ruiz-Páez *et al.*, 2023).

Contaminación atmosférica y cambio climático están, por tanto, estrechamente interrelacionados.



Multitud de estudios evidencian los beneficios adicionales que las políticas de mitigación conllevan en términos de reducción de la contaminación atmosférica (ver, por ejemplo, Workman *et al.*, 2019). Estos cobeneficios para la salud no son en absoluto desdeñables: las políticas de mitigación podrían generar unos beneficios adicionales para la salud cuyo valor oscila entre el 7 % y el 84 % de los costes de dichas políticas en los países de la UE (Markandya *et al.*, 2018).

### ► **Riesgo de aumento de la presión sobre los sistemas públicos de salud inducida por el cambio climático.**

El cambio climático no solo está afectando a la salud de las personas, sino que también implica presiones adicionales para los sistemas de salud (OMS, 2015). En primer lugar, el aumento de la morbilidad dará lugar a un aumento de la demanda de servicios sanitarios y, consecuentemente, de los gastos sanitarios (Sellers y Ebi, 2018). Además, si el cambio climático evoluciona por escenarios desfavorables, los sistemas e infraestructuras sanitarias pueden verse desbordados, lo que puede dar lugar a mayores tasas de morbilidad y mortalidad debido a la insuficiente capacidad para hacer frente a los impactos del cambio climático (op. cit.).

Las infraestructuras sanitarias, como hospitales, centros de atención social y residencias, no siempre están diseñadas para soportar temperaturas extremas, lo que aumenta el riesgo de fallos en la climatización y compromete la atención a pacientes y personal durante las olas de calor. Según datos del Observatorio Europeo sobre Clima y Salud<sup>9</sup>, hospitales de Cataluña, País Vasco, Andalucía, Murcia y Baleares se encuentran en zonas donde el efecto isla de calor es superior a 2 °C. También las sequías amenazan la disponibilidad de agua necesaria para mantener condiciones de higiene adecuadas en hospitales y residencias. Por su parte, las inundaciones y tormentas pueden dañar edificios, equipos médicos y redes críticas, además de interrumpir el suministro eléctrico, el acceso al agua y las vías de transporte sanitario, dificultando la continuidad de la atención. El Observatorio Europeo sobre Clima y Salud también dispone de información sobre los hospitales en zonas consideradas en riesgo potencial de inundación<sup>10</sup>: La Rioja es la comunidad autónoma con un porcentaje mayor de hospitales en zonas de riesgo (28 %), seguida de Aragón (17 %), Asturias (14 %), País Vasco (12 %). Estos peligros se traducen en una presión adicional sobre los sistemas de salud, que deben afrontar tanto un aumento de la demanda de servicios por la mayor morbilidad asociada a los eventos extremos, como el reto de adaptar su infraestructura, organización y recursos humanos a un entorno climático más exigente (EEA, 2024).

<sup>9</sup> Acceso al visor del Observatorio Europeo sobre Clima y Salud: <https://portal.discomap.eea.europa.eu/arcgis/apps/experiencebuilder/experience/?draft=true&id=4bf0f82c02c54ce7b4e6b8d6259a258a&page=Introduction>

<sup>10</sup> Exposición de hospitales a inundaciones: <https://portal.discomap.eea.europa.eu/arcgis/apps/experiencebuilder/experience/?draft=true&id=4bf0f82c02c54ce7b4e6b8d6259a258a&page=Social-infrastructure---floods-%28NUTS2%29>



El cambio climático creará también nuevas exigencias para el personal sanitario, que requerirá formación adicional en áreas como la salud medioambiental, la gestión de catástrofes y el tratamiento de enfermedades sensibles al clima (Viegas *et al.*, 2023). Es posible que los sistemas sanitarios necesiten más personal para hacer frente a estos nuevos retos, lo que aumentará los costes de personal y la necesidad de programas de formación especializados.

Se prevé que la mayoría de los riesgos aumenten con cada unidad adicional de calentamiento, por lo que será necesario actualizar y adaptar las políticas y programas existentes para prevenir y gestionar los riesgos de cambio climático, incluido el desarrollo de nuevos programas para abordar enfermedades emergentes (Ebi y Hess, 2020).

► **Riesgo de incremento de la duración y gravedad de las enfermedades alérgicas como el asma, la rinitis, las conjuntivitis alérgicas o algunas dermatitis por cambios en las variables climáticas.**

El aumento de la temperatura, los cambios en los patrones climáticos y el incremento del CO<sub>2</sub> atmosférico están dando lugar a cambios en la distribución geográfica, la alergenidad y la fenología de las plantas productoras de polen. Se ha observado que las estaciones polínicas empiezan antes y terminan más tarde, y éstas son más intensas, con mayor producción y, en ocasiones, una mayor capacidad alérgica. También se espera que una mayor frecuencia de eventos meteorológicos extremos, como las inundaciones, contribuya a la proliferación de mohos y eventos de asma por tormenta, durante episodios convectivos (Burbank, 2025; D'Amato *et al.*, 2020). Aunque los factores no climáticos, como el aumento de la urbanización o la contaminación atmosférica, son también críticos como desencadenantes de las alergias (Bednar-Friedl *et al.*, 2022; D'Amato *et al.*, 2016), el cambio climático contribuirá a agravar las enfermedades alérgicas que actualmente afectan al menos al 40 % de la población europea (van Daalen *et al.*, 2024).

En España, las series aerobiológicas de la península ibérica muestran variaciones en la intensidad de floración y diferencias espaciales en la distribución del polen durante las dos últimas décadas, aunque en la mayoría de las especies se observa un aumento del índice polínico anual en el tiempo. La tendencia es más significativa en las zonas noroccidentales y allí donde abundan determinadas especies, ya sea como plantas ornamentales o como cultivos (Galán *et al.*, 2016).

La **Tabla 1** resume el listado de riesgos relevantes identificados.


**Tabla 1. Listado de riesgos relevantes en el sector de la salud.**

	Id.	Riesgo relevante	Riesgo clave
Riesgos relacionados con el calor extremo	RR1.1	Riesgo de aumento de la morbilidad asociada al calor, sobre todo en colectivos vulnerables	RC1.1
	RR1.2	Riesgo de reducción del confort térmico en viviendas y en el espacio público como consecuencia del aumento de las temperaturas	
	RR1.3	Riesgo de aumento de la mortalidad y morbilidad de las personas trabajadoras como consecuencia de un empeoramiento de las condiciones climáticas	RC1.2
Riesgos asociados a otros eventos meteorológicos extremos	RR1.7	Riesgo de aumento de los daños directos e indirectos sobre la salud de las personas como consecuencia de eventos meteorológicos y climáticos extremos	
	RR1.8	Riesgo de afección a la salud mental de las personas, como resultado de eventos meteorológicos y climáticos extremos	
Riesgos relacionados con enfermedades infecciosas	RR1.4	Riesgo de aumento de enfermedades zoonóticas/vectoriales transmitidas por mosquitos como consecuencia de cambios en las variables climáticas	
	RR1.6	Riesgo de incremento de enfermedades derivadas del aumento de los patógenos en el agua o los alimentos por cambios en las variables climáticas	
Otros riesgos relacionados con la salud	RR1.10	Riesgo de aumento de la morbilidad asociada al efecto sinérgico del incremento de la contaminación atmosférica y de la temperatura.	RC1.3
	RR1.9	Riesgo de aumento de la presión sobre el sistema público de salud inducida por el cambio climático	
	RR1.5	Riesgo de incremento de la duración y gravedad de las enfermedades alérgicas como el asma, la rinitis, las conjuntivitis alérgicas o algunas dermatitis por cambios en las variables climáticas	



## 4. Riesgos clave

Los riesgos clave son aquellos potencialmente graves que pueden reflejarse en la actualidad y que pueden incrementar su severidad con el tiempo debido a cambios en la naturaleza de los peligros y/o a la exposición/vulnerabilidad que presentan ante dichos peligros (IPCC, 2022). Para la identificación de los riesgos clave del sector de la salud, los diez riesgos relevantes previamente descritos se sometieron a un proceso de priorización a través de la aplicación de un análisis multicriterio (AMC). Los criterios establecidos en el AMC tomaron como referencia los definidos por el IPCC (2022) y la escala establecida se inspiró en el marco empleado por el Reino Unido en su evaluación de riesgos (Betts y Brown, 2021) y en el estudio de los riesgos climáticos de Europa (EEA, 2024).

La aplicación de dichos criterios al sector de la salud y la puntuación obtenida para cada riesgo relevante puede consultarse en detalle en el AMC. Tras la aplicación del AMC se obtuvo un listado de tres riesgos clave:

- RR1.1. Riesgo de aumento de la morbilidad asociada al calor, sobre todo en colectivos vulnerables (RC1.1).
- RR1.3. Riesgo de aumento de la morbilidad de las personas trabajadoras como consecuencia de un empeoramiento de las condiciones climáticas (RC1.2).
- RR1.10. Riesgo de aumento de la morbilidad asociada al efecto sinérgico de incremento de la contaminación atmosférica y de la temperatura (RC1.3).

Otros riesgos significativos, no considerados clave, pero que requieren un seguimiento activo son:

- RR1.2. Riesgo de reducción del confort térmico en viviendas y en el espacio público como consecuencia del aumento de las temperaturas.
- RR1.7. Riesgo de aumento de los daños directos e indirectos sobre la salud de las personas como consecuencia de eventos meteorológicos y climáticos extremos.
- RR1.9. Riesgo de aumento de la presión sobre el sistema público de salud inducida por el cambio climático.





- RR1.5 Riesgo de incremento de la duración y gravedad de las enfermedades alérgicas como el asma, la rinitis, las conjuntivitis alérgicas o alguna dermatitis por cambios en las variables climáticas.

A continuación, se describen en detalle los riesgos clave identificados.

#### 4.1. **RC1.1. Riesgo de aumento de la morbilidad asociada al calor, sobre todo en colectivos vulnerables**

Diversos factores contribuyen a considerar el aumento de la mortalidad y morbilidad atribuible al calor como un riesgo clave en relación con la salud de las personas. En primer lugar, se trata de un riesgo que afecta a todo el territorio, con incidencia directa sobre la población, especialmente sobre colectivos vulnerables. El impacto derivado en términos de mortalidad y morbilidad es evidente ya en la actualidad, cuando se superan determinados umbrales de temperatura (Linares *et al.*, 2024).

La **Figura 2** ilustra la cadena de impactos de este riesgo clave. El análisis de sus componentes permite comprender cómo los peligros, al interactuar con factores de exposición, vulnerabilidad y condicionantes estructurales, se traducen en impactos con repercusiones tanto sanitarias como socioeconómicas.

Los principales **peligros** para la salud son el aumento de las temperaturas y el calor extremo, que se manifiestan a través de olas de calor más frecuentes, intensas y prolongadas. Los efectos del calor sobre la morbilidad están bien establecidos, aunque existen otros factores que pueden contribuir a aumentar el riesgo, como la humedad relativa, que intensifica la sensación térmica y la capacidad del cuerpo para regular su temperatura, o las temperaturas nocturnas elevadas, que impiden la recuperación fisiológica tras el estrés térmico diurno. La interacción con otros factores antropogénicos, como la contaminación atmosférica, amplifica los efectos adversos sobre la salud, como se describe en la sección 4.2 (Achebak *et al.*, 2024; Ebi *et al.*, 2021a).

La **exposición** viene determinada por la población que se encuentra sujeta a condiciones ambientales de calor extremo. En primer lugar, destacan las áreas urbanas densamente pobladas, donde el efecto isla de calor urbano intensifica el peligro (Heaviside *et al.*, 2017; Singh *et al.*, 2020). La creciente urbanización y la artificialización del suelo agravan esta exposición al reducir la presencia de zonas verdes que actúan como reguladores microclimáticos (Fernandez Milan y Creutzig, 2015; Salmond *et al.*, 2016). También son relevantes las características de la ocupación laboral:

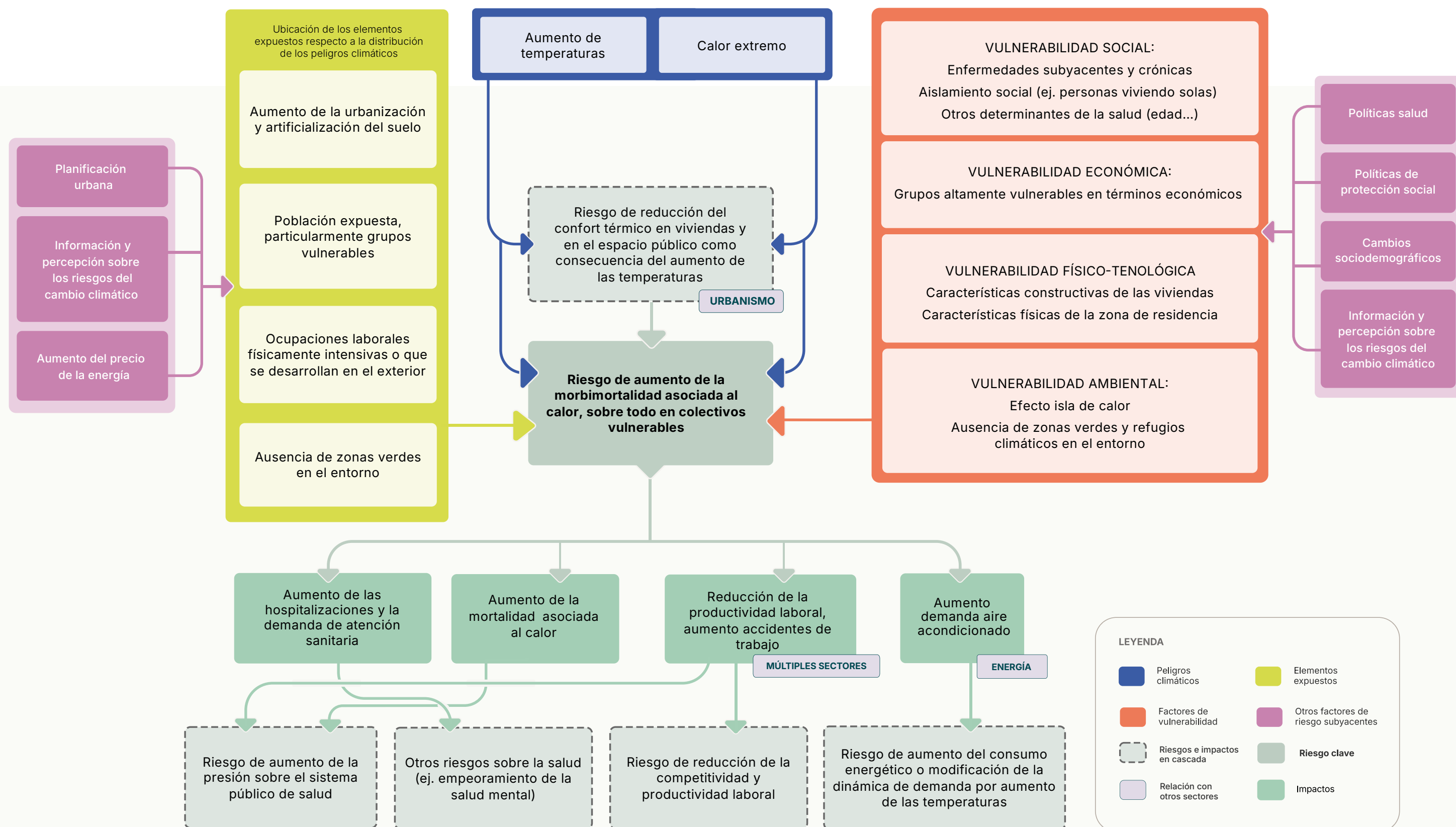


Figura 2. Cadena de impacto. RC1.1. Riesgo de aumento de la morbilidad asociada al calor, sobre todo en colectivos vulnerables.



las personas que desarrollan actividades físicamente intensivas o al aire libre (construcción, agricultura, transporte, servicios de limpieza, etc.) se encuentran entre los colectivos más expuestos (ver sección 4.3). A ello se suma la exposición residencial, que se ve agravada por la existencia de viviendas con baja eficiencia energética y por la falta de acceso a sistemas de refrigeración (Torrego-Gómez *et al.*, 2024).

La **vulnerabilidad** frente al calor extremo está condicionada por una combinación de factores sanitarios, económicos, sociales y ambientales. Desde la perspectiva de la salud, los grupos más sensibles son las personas mayores, los niños pequeños y quienes padecen enfermedades crónicas o subyacentes, especialmente cardiovasculares, respiratorias o renales (Achebak *et al.*, 2024). También las personas con problemas de salud mental se encuentran en una situación de especial riesgo, ya que el calor puede agravar sus síntomas o dificultar la adopción de medidas preventivas (Thompson *et al.*, 2018).

En el plano económico, los hogares con bajos ingresos o en situación de pobreza energética tienen una capacidad de adaptación muy limitada y se ven afectados de forma desproporcionada (Chakraborty *et al.*, 2019). La falta de recursos para costear aire acondicionado, mantener una vivienda bien aislada o desplazarse a espacios más frescos convierte a estos hogares en más vulnerables (Torrego-Gómez *et al.*, 2024). A esta situación debemos sumar factores de vulnerabilidad social que agravan el riesgo de sufrir consecuencias adversas, como las situaciones de aislamiento de personas mayores que viven solas (Lara-García *et al.*, 2024), la falta de redes de apoyo comunitario e infraestructuras de refugio inclusivas (Amorim-Maia *et al.*, 2023) o las desigualdades de género, que asignan a menudo a las mujeres un mayor peso en tareas de cuidado bajo condiciones de calor (Torrego-Gómez *et al.*, 2024).

Por último, la vulnerabilidad ambiental se manifiesta en las características del entorno construido. La residencia en barrios densamente urbanizados, con escasas zonas verdes y altas concentraciones de contaminación atmosférica, intensifica la exposición al calor y reduce la capacidad de recuperación (Chiabai *et al.*, 2020). A esto se suma la eficacia de los sistemas institucionales de prevención y respuesta, la existencia de planes de alerta temprana, de refugios climáticos accesibles y de servicios de salud preparados para picos de demanda, que determinan el nivel de riesgo (Amorim-Maia *et al.*, 2023).

Existen otros **riesgos subyacentes** que sostienen o intensifican el riesgo, como la planificación urbana y el diseño de viviendas (Fernandez Milan y Creutzig, 2015) y los cambios sociodemográficos, como el envejecimiento de la población, que incrementa la proporción de personas vulnerables (Park *et al.*, 2020; Rohat *et al.*, 2019). Otro factor subyacente es la creciente dependencia de sistemas de aire acondicionado, que, si bien mitigan el riesgo individual, incrementan el consumo



energético, elevan los costes para las familias y pueden contribuir a reforzar las desigualdades entre quienes pueden permitirse esta solución y quienes no (De Cian *et al.*, 2019; Falchetta *et al.*, 2024). La información y la percepción sobre el riesgo que supone la exposición al calor en un contexto de cambio climático, también se consideran un factor que condiciona tanto la exposición como la capacidad de respuesta de las personas (Hass *et al.*, 2021; Madrigano *et al.*, 2018).

El **impacto** más inmediato es el aumento de la morbimortalidad asociada al calor, con especial incidencia en los colectivos vulnerables. España cuenta con un sistema de monitorización de la mortalidad diaria<sup>11</sup> que permite identificar las desviaciones de mortalidad atribuibles al exceso de temperatura. Se calcula diariamente a varias escalas geográficas (provincia, comunidad autónoma y nacional), teniendo en cuenta también el sexo y la edad. Entre 2015 y 2024, se estima que la mortalidad atribuible al exceso de calor superó 24.000 personas. En 2022 y 2023, que tal y como se ha mencionado anteriormente, registraron temperaturas récord en el Mediterráneo occidental, el exceso de mortalidad atribuible al calor fue de 4.790 y 3.255 personas, respectivamente. Recientemente, se ha actualizado el análisis de determinación de los umbrales de temperatura a partir de los cuales se dispara la mortalidad por olas de calor, teniendo en cuenta las regiones isoclimáticas en España (Linares *et al.*, 2024). A partir de este estudio, el Ministerio de Sanidad ha impulsado, en coordinación con AEMET y bajo la denominación "Meteosalud", un sistema de avisos que informa sobre los riesgos para la salud en episodios de altas temperaturas<sup>12</sup>. Estos avisos difieren de los establecidos bajo la denominación "Meteoalerta" en cuyo marco las olas de calor se definen por percentiles.

Los valores de mortalidad atribuible al calor obtenidos por el sistema MoMo son muy inferiores a otras estimaciones para el mismo periodo. En el periodo 1991-2020, un estudio realizado a escala urbana en más de 1.300 ciudades europeas, entre ellas 98 españolas, se obtuvo una mortalidad atribuible al calor de 4.414 (IC95 %: 4.172–4.573) personas por año (García-León *et al.*, 2024). Ballester *et al.* (2023) estiman que, en el verano de 2022, la mortalidad atribuible al calor en España pudo superar la cifra de 11.324 (IC95 %: 7.908–14.880) personas. Estas diferencias se deben a diferencias metodológicas de los estudios. El sistema MoMo calcula la mortalidad atribuible al exceso de calor utilizando umbrales definidos como la temperatura a partir de la cual se da un aumento significativo de mortalidad (temperatura de disparo de la mortalidad). En cambio, estudios como el de Ballester *et al.* (2023) estiman la mortalidad relacionada con el calor considerando las temperaturas por encima de la temperatura de mínima mortalidad, lo que implica que se incorporan

<sup>11</sup> Sistema de monitorización de la mortalidad diaria (MoMo) del Instituto de Salud Carlos III: [https://momo.isciii.es/panel\\_momo/#section-momo](https://momo.isciii.es/panel_momo/#section-momo)

<sup>12</sup> Portal público Meteosalud: <https://www.sanidad.gob.es/excesoTemperaturas2025/meteosalud.do>



tanto los días moderadamente cálidos como los extremos. Esto da lugar a cifras más elevadas de mortalidad atribuible al calor, puesto que no se limita a los episodios más intensos, sino que incluye el impacto acumulado diario por encima de la temperatura de mínima mortalidad.

En un contexto de cambio climático, Díaz *et al.* (2019) estiman en el periodo 2021-2050 y en un escenario climático desfavorable<sup>13</sup> sin adaptación, la mortalidad atribuible al exceso de calor de 12.900 personas al año, que se concentraría en Alicante, Zaragoza, Madrid, Bizkaia y Sevilla, y, a partir de 2050, Barcelona. Sin embargo, si se produjeran procesos de adaptación, la mortalidad en la segunda mitad de siglo podría reducirse a 1.000 personas al año, y solo Madrid seguiría mostrando un riesgo destacable. Loroño *et al.* (2025) estimaron el coste económico asociado a la mortalidad atribuible al calor en Europa utilizando el valor de una vida estadística<sup>14</sup>. En España, en el año 2030 y considerando un escenario de bajas emisiones (SSP1-2.6), este coste podría alcanzar un valor medio de 25.789 (18.421-35.614)<sup>15</sup> millones de euros. En 2050, el impacto económico de la mortalidad podría más que duplicarse, alcanzando 65.800 (44.649-86.949) millones de euros en el mismo escenario optimista (SSP1-2.6). Los datos son similares en escenarios de emisiones mayores (SSP2-4.5, SSP3-7.0) en 2030 y 2050 pero divergen sustancialmente a largo plazo (2060-2079).

Aunque la literatura se ha centrado en gran medida en analizar el efecto de la temperatura sobre la mortalidad, el impacto sobre la morbilidad puede ser también relevante. El impacto del calor extremo puede relacionarse también con un aumento de ingresos hospitalarios (Liss y Naumova, 2019; López-Bueno *et al.*, 2023). Los principales efectos sobre la morbilidad incluyen enfermedades cardiovasculares, respiratorias, renales (Bednar-Friedl *et al.*, 2022), salud mental (Thompson *et al.*, 2018), estrés térmico, problemas metabólicos, enfermedades infecciosas y empeoramiento de enfermedades previas (Schulte *et al.*, 2021), incluidas las alergias (D'Amato *et al.*, 2016).

En Francia, Adélaïde *et al.* (2022) analizaron los efectos de las olas de calor sobre la salud en el periodo 2015-2019. Su análisis muestra que, de media, el incremento de las visitas a emergencias superó en un 15 % las cifras de mortalidad durante las olas de calor, aunque los ingresos hospitalarios se dieron en menor proporción, puesto que representaron el 57 % de los casos de mortalidad.

---

<sup>13</sup> El estudio utiliza el escenario RCP8.5 que, tal y como se ha mostrado en la metodología, se corresponde con un nivel de calentamiento de 1,1 – 2,6 en 2021-2040.

<sup>14</sup> El valor de una vida estadística se basa en la disposición a pagar de la sociedad por reducir el riesgo de muerte, asignando un valor monetario independientemente de la edad en que ocurre el fallecimiento o la esperanza de vida (Chiabai *et al.*, 2018). Loroño *et al.* (2025) utilizan un valor de 1.38 millones de euros (2017) como valor de una vida estadística en Europa, basado en Szweczyk *et al.* (2018).

<sup>15</sup> La estimación de costes se ha realizado considerando un valor medio de temperatura y el valor de los percentiles 10 y 90. Así, estos tres valores representan un análisis de sensibilidad climática, y no deben interpretarse como intervalos de confianza estadísticos.



En Madrid, Díaz *et al.* (2018) calcularon que el número de hospitalizaciones atribuibles a las olas de calor superó 1.200 ingresos (6,4 ingresos (IC95 %: 1,4-10,8) por día de ola de calor en el periodo 2001-2009, lo que indica que puede convertirse en un problema relevante para el sistema de salud madrileño. Markandya *et al.* (2025) estiman que, en España, ya en 2030, podrían sobrepasarse las 14.000 visitas anuales a emergencias por causas relacionadas con el aumento de la temperatura en un escenario de bajas emisiones (SSP1-2.6), cifra que superaría 15.000 visitas en un escenario de altas emisiones (SSP5-8.5). Las hospitalizaciones atribuibles al calor podrían superar cifras de 7.400 y 8.166, en un escenario de bajas y altas emisiones, respectivamente. El coste médico de este aumento de las hospitalizaciones atribuibles al calor extremo se estima en más de 17 millones de euros anuales (Markandya *et al.*, 2025).

El calor también afecta a las personas trabajadoras y genera pérdidas de productividad laboral, pero este riesgo se aborda en la sección 4.3. Por último, el incremento del consumo energético asociado al aire acondicionado repercute en el gasto de los hogares y en el aumento de la demanda eléctrica durante el verano, lo que genera efectos en cascada sobre otros sectores y amplifica desigualdades sociales.



### Ficha 1. Análisis del riesgo de aumento de la morbilidad y mortalidad asociada al calor, sobre todo en colectivos vulnerables.

Severidad y nivel de confianza				
Horizontes temporales y estimaciones de niveles de calentamiento	Actual	Corto plazo 2021-2040 (1,5 °C)	Medio plazo 2041-2060 (2 °C)	Largo plazo 2081-2100 (3-4 °C)
Severidad del impacto	<b>Crítica</b>	<b>Crítica</b>	<b>Catastrófica</b>	<b>Catastrófica</b>
	<p>A pesar de que se están dando procesos de adaptación, las olas de calor de 2022 dejaron un exceso de mortalidad de entre 4.500 (MoMo) y 11.000 personas en España (Ballester <i>et al.</i>, 2023).</p> <p>En cuanto a la morbilidad, los impactos son menores que en el caso de la mortalidad atribuible al calor, pero el riesgo actualmente se considera alto (Díaz <i>et al.</i>, 2018).</p>	<p>Se estima que la mortalidad media atribuible podría superar 7.500 (6819-8937) muertes anuales (García-León <i>et al.</i>, 2024).</p>	<p>El exceso de mortalidad por calor extremo podría superar 10.635 (9.643-12.890) muertes anuales (García-León <i>et al.</i>, 2024).</p>	<p>Con un calentamiento global de 4 °C la mortalidad media atribuible al calor podría alcanzar 36.000 (29.213-40.987) personas anuales en todo el territorio (García-León <i>et al.</i>, 2024).</p>

SIGUE EN LA PRÓXIMA PÁGINA >>



<< VIENE DE LA PÁGINA ANTERIOR

Severidad y nivel de confianza				
Horizontes temporales y estimaciones de niveles de calentamiento	Actual	Corto plazo 2021-2040 (1,5 °C)	Medio plazo 2041-2060 (2 °C)	Largo plazo 2081-2100 (3-4 °C)
Nivel de confianza:	Alto ◆◆◆	Alto ◆◆◆	Alto ◆◆◆	Alto ◆◆◆
· Calidad de las evidencias · Consenso científico	· Alto · Alto	· Alto · Alto	· Alto · Alto	· Alto · Alto
	Datos contrastados por numerosos estudios académicos revisados. Metodologías contrastadas y con estimaciones cuantitativas actualizadas.  Cobertura alta para todo el territorio en mortalidad, pero los estudios de morbilidad son más limitados.	Datos contrastados por numerosos estudios académicos revisados. Metodologías contrastadas y con estimaciones cuantitativas actualizadas.  Cobertura alta para todo el territorio en mortalidad, pero los estudios de morbilidad son más limitados.	Datos contrastados por numerosos estudios académicos revisados. Metodologías contrastadas y con estimaciones cuantitativas actualizadas.  Cobertura alta para todo el territorio en mortalidad, pero los estudios de morbilidad son más limitados.	Datos contrastados aunque menor número de estudios para escenarios catastróficos. Metodologías contrastadas y con estimaciones cuantitativas actualizadas.  Cobertura alta para todo el territorio en mortalidad, pero los estudios de morbilidad son más limitados.
	Peligros	Elementos expuestos	Factores de vulnerabilidad	
Componentes del riesgo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de la temperatura.</li> <li>Calor extremo.</li> </ul>	El elemento expuesto son las personas. La exposición puede venir determinada por el desarrollo de actividades al aire libre, o la falta de confort térmico (en interiores y en el exterior), incluyendo el efecto isla de calor.	<p>Son especialmente vulnerables:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Personas con enfermedades previas.</li> <li>Personas mayores de 65 años y menores de 1 año.</li> </ul> <p>Otros factores que contribuyen a la vulnerabilidad son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pobreza y familias de renta baja, que pueden dar lugar a una baja capacidad adaptativa.</li> <li>Aislamiento social.</li> <li>Viviendas con características constructivas no adecuadas para hacer frente al calor.</li> </ul>	

SIGUE EN LA PRÓXIMA PÁGINA >>





<< VIENE DE LA PÁGINA ANTERIOR

Aspectos transversales	
Transfronterizos	N/A
Territoriales	<p>El riesgo de mortalidad por calor afecta a todo el territorio de España, aunque lo hace de forma diferenciada puesto que la temperatura umbral a partir de cual se da un aumento estadísticamente significativo de la mortalidad varía en función de las regiones climáticas (Linares <i>et al.</i>, 2024). Sin adaptación, las zonas más afectadas serán la zona centro, la costa levantina, Bizkaia en el norte y Sevilla en el sur (Díaz <i>et al.</i>, 2019; García-León <i>et al.</i>, 2024).</p> <p>Martínez-Solanas <i>et al.</i> (2019) analizaron las hospitalizaciones relacionadas con las altas temperaturas<sup>16</sup> en todas las provincias entre 1997-2003 y concluyeron que el calor tuvo un impacto adverso en los ingresos hospitalarios por enfermedades respiratorias.</p> <p>En cualquier caso, teniendo en cuenta que las componentes del riesgo se extienden a todo el territorio, es razonable asumir que el riesgo de aumento de ingresos hospitalarios por calor afecta también de forma general al conjunto del estado.</p>
Sociales	<p>La existencia de enfermedades previas es uno de los principales elementos de vulnerabilidad ante el calor, junto con la edad (Navas-Martín <i>et al.</i>, 2023b).</p> <p>La situación económica de las familias es un componente clave de la vulnerabilidad social: las personas de rentas bajas, en situación de pobreza o la exclusión social son más vulnerables ante el calor extremo. Lo son también las personas residentes en barrios con viviendas peor adaptadas al calor (López-Bueno <i>et al.</i>, 2020).</p> <p>El aislamiento social también aumenta la vulnerabilidad, y en España existen 4.9 millones de hogares unifamiliares, el 44 % de las cuales corresponde a personas de más de 65 años, la mayoría (71%), mujeres (INE, 2020).</p> <p>En cuanto a la morbilidad, Salvador <i>et al.</i> (2023) encontraron que, en Madrid, los hombres adultos y las poblaciones desfavorecidas tienen un riesgo mayor de sufrir eventos cardiovasculares atribuibles al calor.</p>
Maladaptación	<p>El uso del aire acondicionado, aunque representa una forma de adaptación al estrés térmico, puede convertirse en una medida de maladaptación si se plantea como una solución exclusiva que cierre la puerta o limite estrategias más eficientes y sostenibles, como el rediseño del espacio público, la mejora de las infraestructuras verdes o la planificación urbana orientada a reducir el efecto isla de calor.</p> <p>Existen diversas estrategias que pueden implementarse a nivel nacional para prevenir situaciones de maladaptación (ver, por ejemplo, Juhola y Käyhkö, 2023). Sin embargo, es importante tener en cuenta que se trata de un concepto complejo. Schipper (2022) conceptualiza la maladaptación como aquella medida de adaptación o mitigación que aumenta la vulnerabilidad. Así, medidas como la limitación del tráfico, la peatonalización de vías o el desarrollo y expansión de zonas verdes que generan beneficios sobre la salud, deben diseñarse de tal forma que se eviten procesos de gentrificación que acentúen las desigualdades y, con ello, la vulnerabilidad (Planas-Carbonell <i>et al.</i>, 2023).</p>

SIGUE EN LA PRÓXIMA PÁGINA >>

<sup>16</sup> Martínez-Solanas *et al.* (2019) también analizan el efecto de las bajas temperaturas. Por ejemplo, el impacto de las enfermedades cardiovasculares es mayor en el caso de las bajas temperaturas que el calor. Sin embargo, se espera que con el cambio climático los impactos de las bajas temperaturas se reduzcan.



<< VIENE DE LA PÁGINA ANTERIOR

Aspectos transversales	
Género	<p>Las evidencias apuntan a que las mujeres son más vulnerables al calor que los hombres (Yu <i>et al.</i>, 2010), sin embargo, en España éstas se han adaptado mejor durante las últimas dos décadas (Navas-Martín <i>et al.</i>, 2022a).</p> <p>Torrego-Gómez <i>et al.</i> (2024) encuentran el género como factor de vulnerabilidad frente al calor y procesos de “feminización de la pobreza energética de verano”.</p> <p>En relación con la morbilidad atribuible al calor, no se han encontrado evidencias claras. Hay estudios en la literatura que encuentran una mayor incidencia en mujeres (Díaz <i>et al.</i>, 2018), y viceversa (Salvador <i>et al.</i>, 2023).</p>
Otros aspectos analizados	
Umbrales críticos	<p>Existen umbrales de temperatura a partir de los que aumenta la mortalidad, que difieren en función de las regiones climáticas. Por ejemplo, en el litoral asturiano la temperatura umbral estimada es de 23,9°C, mientras en la campiña cordobesa es de 40,4°C. En contextos de ola de calor, estos umbrales se superan ya en la actualidad (Linares <i>et al.</i>, 2024). El cambio climático y el aumento de temperaturas asociado aumentará la mortalidad atribuible (p. Ej. García-León <i>et al.</i>, 2024). No obstante, existen procesos de adaptación que están contribuyendo ya a reducir la mortalidad (Navas-Martín <i>et al.</i>, 2023a).</p>
Lock-in/Bloqueo	<p>El diseño de las ciudades puede ser una fuente potencial de bloqueo. Las personas pueden adoptar medidas de adaptación individuales, incluso puede haber medidas colectivas dirigidas a mejorar el bienestar y la salud de las personas, pero será necesario abordar también cambios en el diseño de las ciudades (Proust <i>et al.</i>, 2012).</p> <p>Desde una perspectiva más amplia, el legado institucional puede representar una barrera para avanzar en materia de adaptación<sup>17</sup> (Groen <i>et al.</i>, 2023).</p> <p>En el caso de la morbilidad asociada al calor, una financiación insuficiente de los sistemas de salud también puede ser un factor de bloqueo.</p>

SIGUE EN LA PRÓXIMA PÁGINA >>

<sup>17</sup> Según Groen *et al.* (2023), el “legado institucional”, representa las elecciones institucionales previas que pueden crear compromisos normativos que determinen condiciones en el futuro. En este caso, este legado puede reducir la viabilidad del cambio.



<< VIENE DE LA PÁGINA ANTERIOR

Otros aspectos analizados	
Planes o medidas en curso de gestión del riesgo	<p>Existen medidas de adaptación públicas orientadas a reducir el riesgo de las temperaturas extremas sobre la salud, integradas en distintos instrumentos de planificación a nivel estatal:</p> <p>PNACC 2021-2030:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Integración del cambio climático en el Plan Nacional de Salud y Medio Ambiente (Línea 2.1).</li> <li>Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud (Línea 2.2).</li> </ul> <p>Plan Estratégico de Salud y Medio Ambiente 2021:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mejorar y actualizar al contexto de cambio climático el Plan Nacional de actuaciones preventivas de los efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud.</li> <li>Formar a los agentes y profesionales de la salud en las acciones para detectar riesgos y vulnerabilidades de forma temprana.</li> <li>Mejorar la comunicación a colectivos vulnerables.</li> <li>Caracterizar y evaluar las Regiones Isotérmicas y alertas unificadas y actualizar las temperaturas umbrales consecuentemente.</li> <li>Seguimiento y evaluación del impacto de los planes de prevención. Establecer un sistema de indicadores.</li> </ul> <p>Plan Nacional de actuaciones preventivas de los efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El Plan se ha actualizado anualmente en el periodo 2021-2024.</li> <li>El plan recoge medidas de vigilancia de la salud y ambiental, actuaciones preventivas para diferentes niveles de riesgo, así como medidas de comunicación e información a la población, grupos de mayor riesgo, profesionales de la sanidad y servicios sociales.</li> <li>En 2023, bajo el nombre Meteosalud, se puso en marcha un nuevo sistema de avisos (alerta temprana) focalizado en los episodios de calor peligrosos desde la perspectiva de la salud.</li> </ul> <p>Las CCAA cuentan también con estrategias y planes de prevención del calor propios.</p>
Gobernanza de gestión del riesgo	<p>La gobernanza del riesgo del calor extremo es compleja. La planificación recae tanto en el estado como en las CCAA, al ser la competencia de salud compartida. En cuanto a los planes de prevención de los impactos de las temperaturas extremas, éstos incluyen a responsables de salud, pero también de los servicios sociales, tanto a nivel estatal como autonómico y local.</p> <p>La gestión urbana también debe jugar un papel en la gestión de riesgos relacionados con la salud (Sheehan <i>et al.</i>, 2022).</p>
Beneficios de medidas de adaptación futuras	<p>Existen evidencias de que las medidas de adaptación pueden reducir la mortalidad, como por ejemplo en el caso de los sistemas de alerta temprana (Toloo <i>et al.</i>, 2013), el aire acondicionado (Sera <i>et al.</i>, 2020), la existencia de refugios climáticos (Berisha <i>et al.</i>, 2017; Meade <i>et al.</i>, 2023), la existencia de zonas verdes en entornos urbanos (Chiabai <i>et al.</i>, 2020; García de Jalón <i>et al.</i>, 2020). También hay estudios sobre la existencia de procesos de adaptación fisiológica (López-Bueno <i>et al.</i>, 2021; Navas-Martín <i>et al.</i>, 2023b).</p>

SIGUE EN LA PRÓXIMA PÁGINA >>



<< VIENE DE LA PÁGINA ANTERIOR

Otros aspectos analizados	
Afección a/de descarbonización o neutralidad climática	<p>Algunos procesos de maladaptación, por ejemplo, aquellos que conllevan un mayor consumo eléctrico, pueden tener efecto sobre los objetivos de mitigación. Por ejemplo, el uso de aire acondicionado puede contribuir al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero mientras persista una alta dependencia de los combustibles fósiles en el sistema eléctrico. No obstante, este impacto se reducirá progresivamente a medida que avance la transición energética y se incremente la participación de fuentes renovables en la generación eléctrica.</p>
Déficits de información	<p>El riesgo de aumento de la mortalidad debido al calor extremo es uno de los más estudiados por la literatura académica, también en España. Por su parte, el riesgo de aumento de la morbilidad no está suficientemente estudiado en la literatura académica. En general, existen déficits de información en relación con los siguientes elementos:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Disponibilidad de datos a escala regional y local, sobre todo en relación con la morbilidad.</li><li>• Vulnerabilidad interseccional: los estudios suelen centrarse en factores de vulnerabilidad únicos y son poco frecuentes los que abordan la interacción entre múltiples factores.</li><li>• Interacción de múltiples peligros.</li><li>• El papel de la percepción del riesgo, las preferencias de adaptación y las prácticas culturales o de comportamiento.</li><li>• La efectividad de las diversas medidas de adaptación, especialmente en cuanto a la morbilidad.</li></ul>
Recomendaciones de priorización	<p>Requiere respuestas inmediatas y priorización en la toma de decisiones. Requiere un seguimiento periódico. Se puede abordar principalmente dentro de un único ámbito de la gestión pública.</p>



## 4.2. RC1.2. Riesgo de aumento de la mortalidad y morbilidad de las personas trabajadoras como consecuencia de un empeoramiento de las condiciones climáticas

El cambio climático, especialmente a través del estrés térmico, afectará a la salud de las personas trabajadoras, aumentando también el riesgo de lesiones accidentales (Vielma *et al.*, 2024). Además, estos efectos sobre la población trabajadora se encuentran entre los factores más importantes de los costes económicos totales del cambio climático, ya que se espera que los posibles efectos sobre la población activa reducirán la actividad económica y la capacidad de crecimiento económico (Dasgupta *et al.*, 2021).

La **Figura 3** recoge la cadena de riesgo vinculada al riesgo de aumento de la morbimortalidad de las personas trabajadoras como consecuencia del empeoramiento de las condiciones climáticas. Se trata de un riesgo complejo que surge de la interacción entre el incremento de temperaturas y la intensificación de episodios de calor extremo con factores de exposición laboral, vulnerabilidades individuales y colectivas, y determinantes estructurales del entorno productivo y urbano. Esta complejidad ha dado lugar a que no se hayan encontrado estimaciones de mortalidad y morbilidad de la población trabajadora atribuible al calor extremo bajo diferentes escenarios de cambio climático, por lo que se ha recurrido al uso de indicadores indirectos de su efecto sobre el trabajo, como la reducción en el número de horas trabajadas, la productividad laboral y a la capacidad laboral. El impacto del calor extremo, por tanto, tiene implicaciones para la salud general y laboral, la producción económica, el absentismo y los derechos laborales (Dasgupta y Robinson, 2023).

Al igual que en el riesgo clave anterior, el punto de partida de este riesgo lo constituyen las variables climáticas relacionadas con el calor: el aumento de temperaturas y los episodios de calor extremo. La **exposición** se define por el grado en que la población trabajadora se encuentra en contacto con estas condiciones adversas. Los empleos físicamente exigentes y al aire libre (agricultura, construcción, transporte, limpieza viaria o ciertos servicios de mantenimiento) se sitúan en primera línea, dado que la actividad física intensifica el estrés térmico. También influyen las condiciones laborales, desde la disponibilidad de equipos de protección individual adecuados hasta la organización de los horarios de trabajo (por ejemplo, turnos en horas de menor calor) (Casanueva *et al.*, 2020; Szewczyk *et al.*, 2021). Al igual que en el riesgo anterior, el aumento de la urbanización y la artificialización del suelo en el ámbito urbano reduce la presencia de zonas verdes y multiplica las superficies que absorben y reemiten calor (Heaviside *et al.*, 2017), creando entornos laborales más hostiles. Así, tanto el lugar de trabajo (campo, ciudad, nave industrial) como el sector productivo determinan de manera decisiva el grado de exposición.

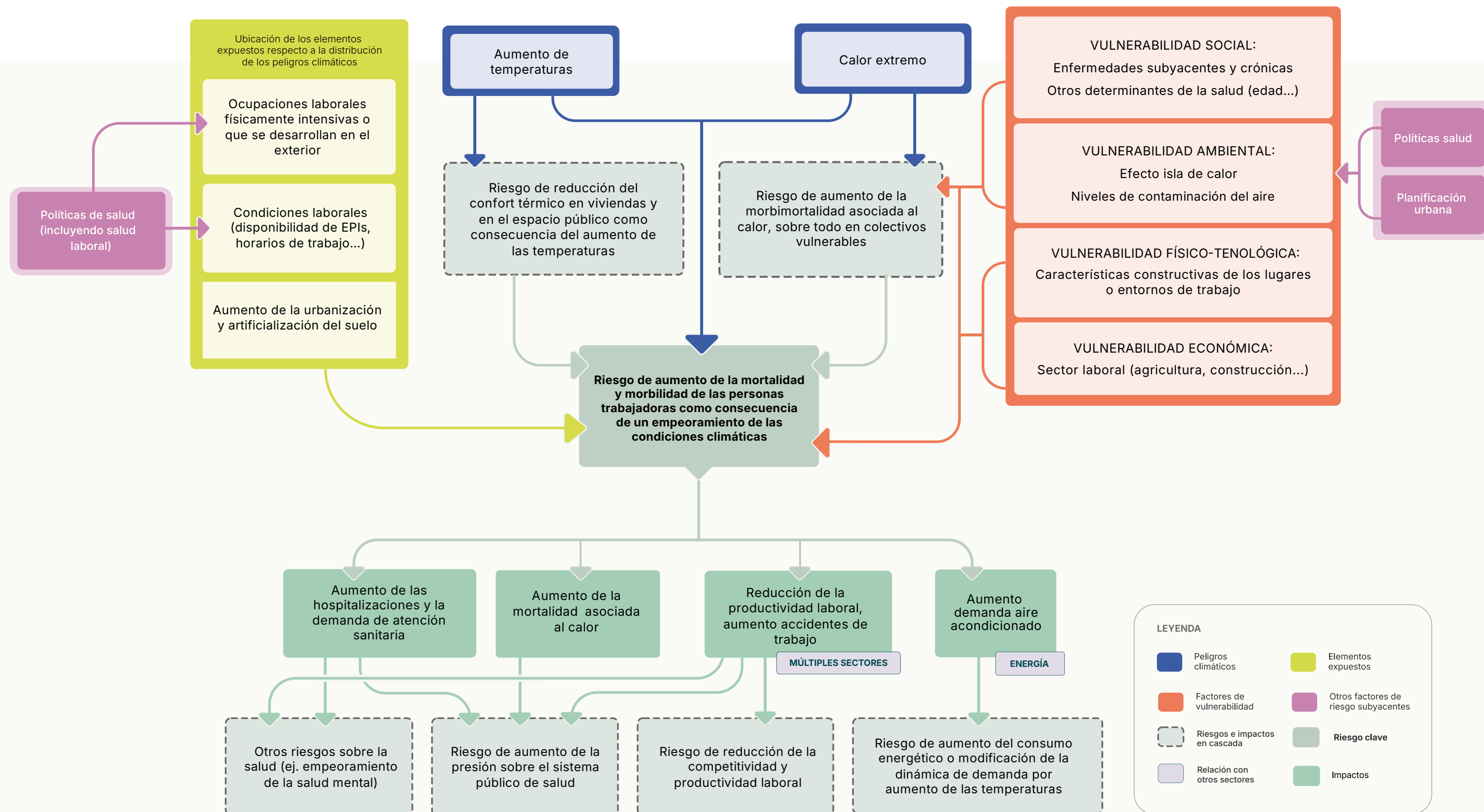


Figura 3. Cadena de impacto. RC1.2. Riesgo de aumento de la mortalidad y morbilidad de las personas trabajadoras como consecuencia de un empeoramiento de las condiciones climáticas.



La **vulnerabilidad** de las personas trabajadoras frente al calor depende, en primer lugar, de la situación de salud de partida, de forma que el riesgo será mayor para aquellas personas que presentan enfermedades crónicas o subyacentes (cardiovasculares, respiratorias, metabólicas). En el plano laboral y económico, la vulnerabilidad aumenta en situaciones de precariedad: contratos temporales, salarios bajos o ausencia de derechos laborales efectivos reducen la capacidad para reclamar condiciones seguras o rechazar tareas en circunstancias peligrosas. La falta de acceso a aire acondicionado en el hogar, ligada a la pobreza energética, puede además impedir una adecuada recuperación tras la jornada laboral. Trabajar en entornos con altas temperaturas, ausencia de sombra y niveles elevados de contaminación del aire multiplica los riesgos. Las características constructivas de los lugares de trabajo (aislamiento y ventilación insuficientes, ausencia de medidas de climatización) pueden también agravar el riesgo. Por último, la vulnerabilidad también se vincula con la eficacia de las políticas de salud y de prevención laboral. La existencia de planes de prevención, protocolos de emergencia, campañas de concienciación y sistemas de alerta temprana puede reducir significativamente los efectos del calor, siempre y cuando estén adaptados a la realidad de los distintos sectores y perfiles de trabajadores (Narocki, 2021).

El riesgo se ve también intensificado por **factores subyacentes**, principalmente relacionados con la planificación pública en materia de salud y salud laboral. Narocki (2021) subraya la importancia de disponer de planes de adaptación específicos que aborden los riesgos del calor sobre la población trabajadora y advierte de que los países europeos aún no estaban avanzando lo suficiente. España cuenta con una Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo (EESST) 2023-2027 desde marzo de 2023, que incluye en su segundo objetivo la necesidad de incorporar el cambio climático en las políticas de prevención de riesgos laborales, e incorpora medidas específicas que incluyen acciones como la adaptación del marco normativo, la necesidad de fomentar la investigación, o la vigilancia y el control <sup>18</sup>.

En relación con los **impactos** esperados, hemos visto que la evidencia sobre mortalidad y, en menor medida, morbilidad atribuibles al calor es muy amplia. Sin embargo, en el ámbito laboral los estudios se han centrado sobre todo en resultados de trabajo (oferta, productividad y capacidad) (p. ej., Dasgupta *et al.*, 2021).

Szewczyk *et al.* (2021) estudian el impacto del calor sobre la productividad de las personas trabajadoras en Europa, en función del tipo de trabajo y de la intensidad física del mismo en un escenario de emisiones altas (RCP8.5). Sus resultados muestran una mayor pérdida de productividad en países del sur de Europa: en España, y otros países mediterráneos como Francia, Italia, Croacia y Grecia, las pérdidas de productividad podrían llegar, de media, al 3 % en 2080 y, en

---

<sup>18</sup> Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo (EESST) 2023-2027, accesible en: <https://www.insst.es/documentacion/material-tecnico/documentos-tecnicos/estrategia-espa%C3%B1ola-de-seguridad-y-salud-en-el-trabajo-2023-2027>



el peor de los casos, al 8 %. Las consecuencias económicas para España podrían ser alrededor del 2 % de su PIB en 2080 (entre el 3 % y el 5 % en el peor caso).

En cuanto a las horas trabajadas, estas podrían reducirse un 15 % a finales del siglo, también en un escenario de altas emisiones (RCP8.5). Sin embargo, en algunos municipios de España, Italia, Grecia y Chipre esta pérdida de horas de trabajo podría superar el 50 % (Casanueva *et al.*, 2020).

Además, el calor disminuye la capacidad de concentración y resistencia física, y aumenta la probabilidad de accidentes de trabajo, con repercusiones directas en la competitividad de sectores intensivos en mano de obra. En el periodo entre 1994 y 2013, se estima que el 2,4 % (IC95 %: 2,09–2,68) de todas las lesiones laborales se atribuyeron a temperaturas ambientales no óptimas, debido al calor. Esta cifra corresponde a 36 días de baja laboral por cada 1.000 trabajadores. La carga económica anual estimada es de 320 millones, o el 0,03 % del PIB de España en 2015 (Martínez-Solanas *et al.*, 2018).

Por último, cabe mencionar que también puede esperarse un aumento de la demanda de aire acondicionado en los lugares de trabajo, lo que puede traducirse en mayores costes para las empresas, en desigualdades entre trabajadores con acceso o no a medidas de climatización.





**Ficha 2. Análisis del riesgo de aumento de la mortalidad y morbilidad de las personas trabajadoras como consecuencia de un empeoramiento de las condiciones climáticas.**

Severidad y nivel de confianza				
Horizontes temporales y estimaciones de niveles de calentamiento	Actual	Corto plazo 2021-2040 (1,5°C)	Medio plazo 2041-2060 (2°C)	Largo plazo 2081-2100 (3-4 °C)
Severidad del impacto	Sustancial	Crítica	Catastrófica	Catastrófica
	<p>Hay evidencias de que hasta el 2,4 % de lesiones laborales (383.000) en España entre 1994-2013 son atribuibles a una temperatura ambiente no óptima debido al calor.</p> <p>Esto representa más de 19.000 lesiones al año durante dicho periodo (Martínez-Solanas <i>et al.</i>, 2018).</p>	<p>Ante la falta de estimaciones sobre los efectos del calor extremo sobre la salud de las personas trabajadoras, la literatura ha recurrido al uso de indicadores indirectos, como</p> <p>la productividad laboral. En el sur de España podría haber pérdidas de entorno al 1% entre 2021 y 2040 (Szewczyk <i>et al.</i>, 2021).</p>	<p>Sin adaptación, el sur y este de España podría registrar pérdidas de productividad del 1-2 % del PIB a partir de 2040 (Szewczyk <i>et al.</i>, 2021).</p>	<p>En 2080, se estima que el efecto de las temperaturas (sin adaptación) puede generar pérdidas del 3 % de la productividad en Andalucía y Cataluña. España</p> <p>podría perder alrededor del 3 % de su PIB en 2080, y en un escenario más desfavorable entre 3 %-5 % (Szewczyk <i>et al.</i>, 2021).</p>

SIGUE EN LA PRÓXIMA PÁGINA &gt;&gt;



<< VIENE DE LA PÁGINA ANTERIOR

Severidad y nivel de confianza				
Horizontes temporales y estimaciones de niveles de calentamiento	Actual	Corto plazo 2021-2040 (1,5°C)	Medio plazo 2041-2060 (2°C)	Largo plazo 2081-2100 (3-4 °C)
Nivel de confianza:	Medio ♦♦	Medio ♦♦	Medio ♦♦	Medio ♦♦
· Calidad de las evidencias · Consenso científico	· Medio · Alto	· Medio · Medio	· Medio · Medio	· Medio · Medio
	Es una línea de investigación que está recibiendo cada vez una atención mayor. Hay estudios académicos, con estimaciones cuantitativas y metodologías contrastadas, pero aún de aplicación limitada. En general el nivel de consenso es elevado, aunque la cobertura geográfica es parcial.	La principal limitación está relacionada con un número limitado de estudios que abordan el impacto sobre la salud de las personas trabajadoras. La mayoría de las investigaciones abordan este tema desde una perspectiva de los efectos económicos en términos de reducción de la productividad laboral.	La principal limitación está relacionada con un número limitado de estudios que abordan el impacto sobre la salud de las personas trabajadoras. La mayoría de las investigaciones abordan este tema desde una perspectiva de los efectos económicos en términos de reducción de la productividad laboral.	La principal limitación está relacionada con un número limitado de estudios que abordan el impacto sobre la salud de las personas trabajadoras. La mayoría de las investigaciones abordan este tema desde una perspectiva de los efectos económicos en términos de reducción de la productividad laboral.

Peligros	Elementos expuestos	Factores de vulnerabilidad	
Componentes del riesgo	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aumento de la temperatura.</li><li>• Calor extremo.</li><li>• Mayor frecuencia y duración de las olas de calor.</li></ul>	<p>La exposición viene determinada fundamentalmente por:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• La localización geográfica y las ocupaciones laborales que exigen trabajo físico moderado y pesado (Szewczyk <i>et al.</i>, 2021).</li><li>• En relación con lesiones laborales, casi la mitad de estas se concentran en los sectores de construcción y fabricación (Martínez-Solanas <i>et al.</i>, 2018).</li><li>• La agricultura y la hostelería también presentan alta exposición (Vielma <i>et al.</i>, 2024).</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• La vulnerabilidad de las personas trabajadoras al estrés térmico depende del tipo de trabajo y de la intensidad física de sus ocupaciones (Szewczyk <i>et al.</i>, 2021).</li><li>• Vielma <i>et al.</i> (2024) encontraron que los grupos más vulnerables a sufrir lesiones por calor en España eran hombres, menores de 35 años trabajando en los sectores de agricultura, construcción y hostelería.</li><li>• Otro factor de vulnerabilidad podría ser la existencia de enfermedades previas.</li></ul>

SIGUE EN LA PRÓXIMA PÁGINA >>



<< VIENE DE LA PÁGINA ANTERIOR

Aspectos transversales	
Transfronterizos	N/A
Territoriales	Los riesgos sobre las personas trabajadoras se concentran en el centro y sur de España, mientras que la cornisa cantábrica y Galicia muestran una menor incidencia. En cuanto a las reducciones de productividad asociadas al calor extremo, éstas se concentran en el sur de España, aunque a partir de mediados de siglo se extienden a las zonas de Levante. En 2080 las CCAA más afectadas, con pérdidas del 3 % serían Andalucía y Cataluña (Szewczyk <i>et al.</i> , 2021). En cuanto a las lesiones laborales registradas entre 1994 y 2013, éstas se concentraron en el sur en mayor medida, aunque también afectaron a toda la zona central y levantina (Martínez-Solanas <i>et al.</i> , 2018).
Sociales	Los riesgos se concentran en personas, especialmente hombres, trabajando en sectores que requieren una cierta intensidad física, como la construcción, la agricultura, la hostelería y la fabricación. También existen evidencias del efecto de las temperaturas en el rendimiento cognitivo (Martin <i>et al.</i> , 2019).
Maladaptación	<p>Al igual que en el primer riesgo clave, el uso del aire acondicionado, aunque representa una forma de adaptación al estrés térmico, puede convertirse en una medida de maladaptación si se plantea como una solución exclusiva que cierre la puerta o limite estrategias más eficientes y sostenibles, como el rediseño del espacio público, la mejora de las infraestructuras verdes o la planificación urbana orientada a reducir el efecto isla de calor.</p> <p>Sin embargo, hay que tener en cuenta que la maladaptación es un concepto complejo. Según Schipper (2022), una medida de adaptación o mitigación que aumenta la vulnerabilidad puede ser considerada como maladaptación, de tal forma que, medidas como la limitación del tráfico, la peatonalización de vías o el desarrollo y expansión de zonas verdes que generan beneficios sobre la salud, deben diseñarse de tal forma que se eviten procesos de gentrificación que acentúen las desigualdades y, con ello, la vulnerabilidad (Planas-Carbonell <i>et al.</i>, 2023).</p>
Género	Los estudios apuntan a una mayor incidencia sobre los hombres (Santurtún <i>et al.</i> , 2023; Vielma <i>et al.</i> , 2024), aunque eso también puede deberse a una mayor proporción de hombres trabajadores en los sectores más expuestos (construcción y agricultura, por ejemplo) <sup>19</sup> .
Otros aspectos analizados	
Umbrales críticos	<p>Szewczyk <i>et al.</i> (2021) afirman que, a mayor intensidad de actividad física, mayor es la sensibilidad del impacto. Las categorías de intensidad del trabajo físico las distinguen utilizando umbrales tomados de la literatura (p. ej. Dunne <i>et al.</i>, 2013).</p> <p>Foster <i>et al.</i> (2021) observaron en el Reino Unido reducciones del 10 % en la capacidad de trabajo físico en condiciones de estrés térmico leve (temperatura de bulbo húmedo de 18 °C); esta capacidad podía reducirse un 78 % en condiciones más extremas (temperatura de bulbo húmedo de 40 °C).</p>

SIGUE EN LA PRÓXIMA PÁGINA >>

<sup>19</sup> Según datos del INE (2024), en 2023 el 75 % de las personas trabajando en el sector de la construcción eran hombres y en el sector de la agricultura esta cifra aumenta hasta el 91 %.



<< VIENE DE LA PÁGINA ANTERIOR

Otros aspectos analizados	
Lock-in/Bloqueo	Algunas medidas de adaptación pueden tener efectos limitados, especialmente en algunos sectores, como pueden ser el uso de equipos de protección individual (EPIs) o el aire acondicionado. Algunas medidas alternativas como mover el periodo de vacaciones a la época de mayor calor (Garrido-Perez <i>et al.</i> , 2023), pueden tener dificultades en la práctica. En estos casos, la regulación puede jugar un papel relevante <sup>20</sup> .
Planes o medidas en curso de gestión del riesgo	<p>A nivel estatal existe la Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo 2023-2027 que en su objetivo segundo busca "gestionar los cambios derivados de las nuevas formas de organización del trabajo, la evolución demográfica y el cambio climático" (INSST, 2023: p.30). Entre las líneas de actuación previstas en este objetivo están la adaptación del marco normativo para incorporar, entre otros, los riesgos del cambio climático (L1); la promoción de la investigación en este ámbito (L2); las acciones de vigilancia y control (L3); o apoyo a las empresas en la gestión de riesgos (L4).</p> <p>Las políticas que abordan de forma general la reducción del riesgo de las temperaturas extremas sobre la salud, también es relevante en cuanto a salud laboral se refiere, y que a nivel estatal incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• PNACC 2021-2030.</li><li>• Plan Estratégico de Salud y Medio Ambiente 2021.</li><li>• Plan Nacional de actuaciones preventivas de los efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud.</li></ul> <p>Nótese que además hay comunidades autónomas que cuentan con estrategias y planes de seguridad laboral y de prevención del calor y de salud laboral propios.</p>
Gobernanza de gestión del riesgo	<p>Las funciones de prevención y vigilancia de la seguridad y la salud en el trabajo corresponden a diversos agentes públicos y privados (CNSST, 2019):</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Las administraciones sanitarias: el Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social a nivel nacional y las autoridades autonómicas en la materia.</li><li>• Las empresas.</li><li>• Los servicios de prevención.</li><li>• Los y las trabajadoras y sus representantes.</li></ul>

SIGUE EN LA PRÓXIMA PÁGINA >>

<sup>20</sup> Un ejemplo podría ser el Real Decreto-ley 4/2023, de 11 de mayo, que entre otras cuestiones estableció la obligación de adaptar las condiciones laborales en espacios de trabajo abiertos (exterior) ante la alerta de fenómenos meteorológicos adversos.



<< VIENE DE LA PÁGINA ANTERIOR

Otros aspectos analizados	
Beneficios de medidas de adaptación futuras	<p>Vielma <i>et al.</i> (2024) observaron la disminución del riesgo de lesiones debidas al calor, así como en la fracción global y el número de lesiones atribuibles a las temperaturas, lo que interpretaron como una adaptación (aclimatación) de las personas trabajadoras a las temperaturas a lo largo del tiempo. Szewczyk <i>et al.</i> (2021) por su parte consideraron el aumento de la refrigeración de los espacios de trabajo (aire acondicionado) a corto plazo y el uso de exoesqueletos a medio y largo plazo. El estudio estimó que la adaptación podría reducir la pérdida de productividad hasta un 30 % en España, en función de las diferentes zonas geográficas.</p> <p>Garrido-Pérez <i>et al.</i> (2023) estimaron que podía reducirse la pérdida de productividad hasta un 25 % cambiando las vacaciones de verano de la segunda quincena de agosto a la segunda de julio, el periodo más cálido. Esta medida también presenta cobeneficios en términos de una mejora de la calidad del aire. Otras medidas de adaptación podrían ser la reducción de la jornada laboral. De hecho, algunos convenios colectivos ya prevén la reducción de la jornada en 1h durante el verano, como es el caso del convenio del sector de la construcción en Extremadura (CC.OO., 2019).</p>
Afección a/de descarbonización o neutralidad climática	<p>Potencialmente, medidas que puedan resultar ser maladaptativas y que, por ejemplo, implican un mayor consumo eléctrico, como el uso del aire acondicionado que puede dar lugar a un incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero mientras persista una alta dependencia de los combustibles fósiles en el sistema eléctrico. Sin embargo, este impacto se reducirá progresivamente a medida que avance la transición energética y se descarbonice la generación eléctrica.</p>
Déficits de información	<p>Los principales déficits de información encontrados en la literatura son (Dasgupta y Robinson, 2023):</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ausencia de definiciones compartidas.</li><li>• Limitaciones de algunos indicadores del estrés térmico, como la temperatura de bulbo húmedo.</li><li>• Falta de análisis empíricos sobre el impacto del calor sobre la productividad laboral.</li><li>• Efectos sobre trabajadores que presenten vulnerabilidades diversas.</li><li>• Beneficios de la adaptación.</li></ul> <p>Además, la literatura que analiza los riesgos de ocupaciones feminizadas (p. ej., educación, cuidados) es extremadamente limitada, por lo que no se han encontrado evidencias de los riesgos en estos ámbitos.</p>
Recomendaciones de priorización	<p>Requiere planificación y preparación de respuestas en un horizonte temporal cercano. Requiere una evaluación más detallada y estudios complementarios. Se puede abordar principalmente dentro de un único ámbito de la gestión pública.</p>



### 4.3. RC1.3. Riesgo de aumento de la morbilidad asociada al efecto sinérgico de incremento de la contaminación atmosférica y de la temperatura

La exposición a la contaminación atmosférica es un factor de riesgo de mortalidad prematura, enfermedades respiratorias y cardiovasculares, entre otros problemas graves de salud (Díaz *et al.*, 1999; van Daalen *et al.*, 2024). Aunque no es un riesgo directo del cambio climático, el aumento de la temperatura y la reducción de las precipitaciones pueden empeorar los episodios de contaminación atmosférica; a su vez, niveles altos de contaminación contribuyen a exacerbar el efecto de las temperaturas sobre la salud. A su vez, las políticas de mitigación no sólo reducen el cambio climático, sino que también contribuyen a mejorar la calidad del aire. Además, dichos cobeneficios para la salud de las personas superan los costes de dichas políticas (Ščasný *et al.*, 2015). La **Figura 4** muestra la cadena de impactos vinculada este riesgo.

El aumento de temperaturas y los episodios de calor extremo pueden contribuir a agravar la contaminación atmosférica (Ingole *et al.*, 2022; Lou *et al.*, 2019). Otro peligro relevante es la aparición de condiciones propicias para los incendios forestales, que liberan partículas finas y otros contaminantes al aire (Ruiz-Páez *et al.*, 2024), afectando a poblaciones situadas incluso a gran distancia del foco del incendio (Silver *et al.*, 2024).

La **exposición** se concentra principalmente en las zonas urbanas, donde la densidad de población coincide con las mayores emisiones de tráfico y actividad industrial, así como con condiciones locales que favorecen la acumulación de contaminantes y efecto isla de calor. La residencia en áreas próximas a fuentes de emisión (grandes vías de circulación, polígonos industriales, centrales energéticas) incrementa de manera notable la exposición a contaminantes atmosféricos (Harlan y Ruddell, 2011; Van Tol *et al.*, 2024). La creciente urbanización y artificialización del suelo también amplifican este riesgo al reducir la presencia de áreas verdes que podrían actuar como filtros naturales de contaminantes y moderadores de la temperatura (Chiabai *et al.*, 2020).

La **vulnerabilidad** de la población frente a la contaminación atmosférica se manifiesta en múltiples dimensiones. Desde el punto de vista de la salud, son especialmente sensibles las personas con enfermedades respiratorias y cardiovasculares crónicas, así como quienes padecen otras condiciones subyacentes que reducen su capacidad de adaptación fisiológica. Los grupos de edad extremos —niños y personas mayores— también se encuentran en mayor riesgo, al igual que quienes sufren problemas de salud mental (Díaz *et al.*, 1999; Soares *et al.*, 2023).

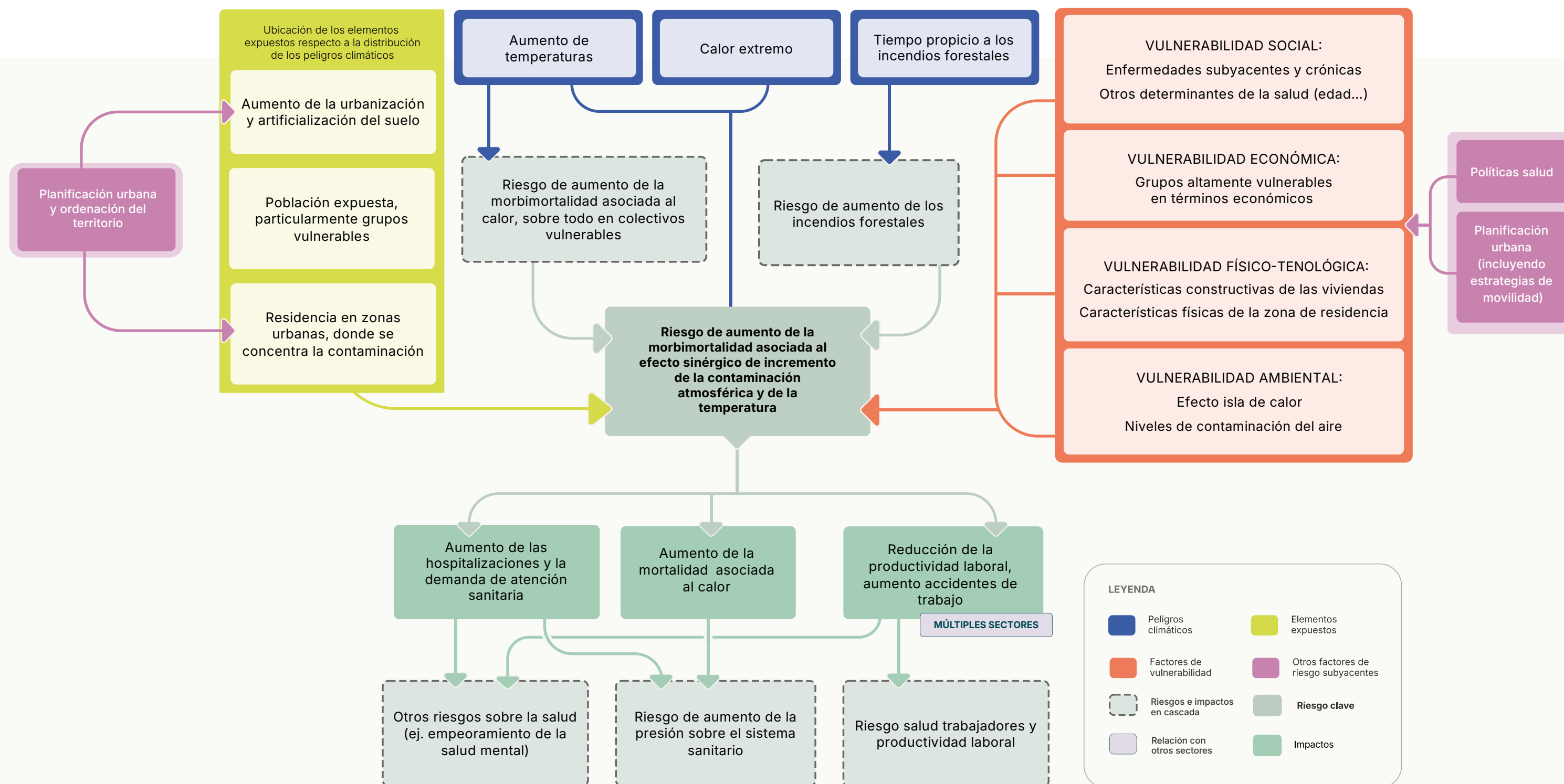


Figura 4. Cadena de impacto. RC1.3. Riesgo de aumento de la morbilidad asociada al efecto sinérgico de incremento de la contaminación atmosférica y de la temperatura.



En la dimensión económica y social, los grupos con menos recursos tienen menos posibilidades de protegerse, ya sea porque habitan en viviendas mal aisladas, situadas en barrios con alta densidad de tráfico, o porque no pueden acceder a sistemas de climatización o purificación del aire. El aislamiento social, por ejemplo, en personas mayores que viven solas, incrementa la probabilidad de no recibir asistencia en episodios críticos (Vandyck *et al.*, 2022). En el plano ambiental, la vulnerabilidad está determinada por las características físicas de las viviendas y del barrio de residencia: la falta de ventilación, el hacinamiento o la escasez de espacios verdes refuerzan la exposición a contaminantes. A ello se suma la contaminación acumulada en entornos urbanos y la ausencia de medidas de mitigación, que convierten algunos barrios en focos persistentes de riesgo sanitario (O'Lenick *et al.*, 2019).

Por último, en el ámbito institucional, la existencia y efectividad de políticas públicas de salud y de planificación urbana juegan un papel fundamental. La capacidad de los sistemas de vigilancia para anticipar episodios de alta contaminación, la activación de alertas y la promoción de estrategias de movilidad sostenible determinan en gran medida la reducción del riesgo (Ebi *et al.*, 2021b). Además, las políticas de mitigación pueden contribuir a generar cobeneficios en términos de mejora de la salud de las personas (Markandya *et al.*, 2018).

Los **riesgos subyacentes** asociados están ligados a factores que se han mencionado también en relación con los dos riesgos clave precedentes. La urbanización acelerada y la ordenación del territorio que no incorporan criterios ambientales (ni climáticos) generan ciudades densas y altamente contaminadas. Las estrategias de movilidad centradas en el automóvil privado agravan la polución urbana, mientras que la falta de inversión en transporte público eficiente limita alternativas más saludables. El cambio demográfico, con una población cada vez más envejecida, incrementa la proporción de personas vulnerables. Asimismo, las desigualdades socioeconómicas refuerzan la exposición de determinados grupos, configurando un mapa de riesgo que no se distribuye de manera homogénea en la población (van Daalen *et al.*, 2024).

Los **impactos** derivados son múltiples y afectan tanto a la salud pública como a la esfera socioeconómica. El primero y más directo es el aumento de la morbilidad vinculada a la contaminación, que se traduce en un mayor número de hospitalizaciones y atenciones médicas, especialmente durante episodios de calor extremo. Esto incrementa la presión sobre los sistemas de salud, que deben responder a picos de demanda. En 2021, la exposición a la contaminación atmosférica en la UE-27 se asoció con 253.000 muertes atribuibles al efecto de las partículas  $PM_{2.5}$ , además de 52.000 ( $NO_2$ ) y 22.000 ( $O_3$ , ozono). En España, las estimaciones son de alrededor de 14.100 ( $PM_{2.5}$ ), 4.600 ( $NO_2$ ) y 2.300 ( $O_3$ ) muertes atribuibles (Soares *et al.*, 2023). Además, el mismo informe estima 2.084 ingresos hospitalarios atribuibles a picos de ozono entre mayores de 65 años. En un escenario de altas emisiones (RCP8.5) y teniendo en cuenta el envejecimiento de la población



previsto, Tarín-Carrasco *et al.* (2021) estiman que la exposición a partículas PM<sub>2,5</sub> podría causar en Europa más de 1,5 millones de muertes prematuras atribuibles al año, en el periodo 2031–2050. Los resultados muestran un impacto mayor en grandes zonas urbanas.

En segundo lugar, la contaminación atmosférica provoca una reducción de la productividad laboral, tanto por el deterioro del rendimiento físico y cognitivo de las personas expuestas como por el incremento de las bajas laborales relacionadas con enfermedades respiratorias o cardiovasculares. Esto afecta de manera transversal a múltiples sectores económicos. Por ejemplo, en Francia se encontró que un aumento del 10 % en las partículas finas conduce, en promedio, a una disminución del 1,5 % en la productividad laboral. En este caso el efecto también fue mayor en zonas urbanas (Kögel, 2022).

### Ficha 3. Riesgo de aumento de la morbilidad asociada al efecto sinérgico de incremento de la contaminación atmosférica y de la temperatura.

Severidad y nivel de confianza				
Horizontes temporales y estimaciones de niveles de calentamiento	Actual	Corto plazo 2021-2040 (1,5°C)	Medio plazo 2041-2060 (2°C)	Largo plazo 2081-2100 (3-4 °C)
Severidad del impacto	Crítica	Crítica	Catastrófica	Catastrófica
	La contaminación atmosférica es responsable ya de miles de muertes prematuras en España. En 2021 se estima que hubo 14.000 muertes atribuibles sólo a la exposición a partículas PM <sub>2,5</sub> (Soares <i>et al.</i> , 2023). Las olas de calor y la contaminación generan un efecto combinado que agrava la situación (Ruiz-Páez <i>et al.</i> , 2024).	No se han encontrado datos específicos para España en el escenario 1,5°C, pero dado que la situación actual se considera crítica y los peligros climáticos van a empeorar, se estima que la severidad del impacto a corto plazo es igualmente crítica.	Se espera que las concentraciones de PM <sub>2,5</sub> aumenten en más de 2 µg/m <sup>3</sup> debido a los efectos del cambio climático. El número de muertes prematuras debido a la exposición aumentaría de forma significativa en Europa occidental (Tarín-Carrasco <i>et al.</i> , 2021).	A finales de siglo, sin mitigación, se espera que la mortalidad atribuible a la contaminación atmosférica aumente en el sur de Europa, incluida España (Geels <i>et al.</i> , 2015).

SIGUE EN LA PRÓXIMA PÁGINA >>



<< VIENE DE LA PÁGINA ANTERIOR

Severidad y nivel de confianza				
Horizontes temporales y estimaciones de niveles de calentamiento	Actual	Corto plazo 2021-2040 (1,5 °C)	Medio plazo 2041-2060 (2 °C)	Largo plazo 2081-2100 (3-4 °C)
Nivel de confianza:	Alto ◆◆◆	Alto ◆◆◆	Alto ◆◆◆	Alto ◆◆◆
· Calidad de las evidencias · Consenso científico	· Alto · Alto	· Alto · Alto	· Alto · Alto	· Alto · Alto
	Datos contrastados por numerosos estudios académicos revisados. Metodologías contrastadas y con estimaciones cuantitativas actualizadas.  Cobertura alta para todo el territorio en mortalidad, pero los estudios de morbilidad son más limitados.	Datos contrastados por numerosos estudios académicos revisados. Metodologías contrastadas y con estimaciones cuantitativas actualizadas.  Cobertura alta para todo el territorio en mortalidad, pero los estudios de morbilidad son más limitados.	Datos contrastados por numerosos estudios académicos revisados. Metodologías contrastadas y con estimaciones cuantitativas actualizadas.  Cobertura alta para todo el territorio en mortalidad, pero los estudios de morbilidad son más limitados.	Datos contrastados aunque menor número de estudios para escenarios catastróficos. Metodologías contrastadas y con estimaciones cuantitativas actualizadas.  Cobertura alta para todo el territorio en mortalidad, pero los estudios de morbilidad son más limitados.
Peligros		Elementos expuestos	Factores de vulnerabilidad	
Componentes del riesgo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de la temperatura.</li> <li>• Calor extremo.</li> <li>• Tiempo favorable a los incendios.</li> </ul>	El elemento expuesto son las personas, pero la exposición será mayor en zonas urbanas, donde el riesgo de concentraciones altas de contaminantes atmosféricos es mayor (Tarín-Carrasco <i>et al.</i> , 2021).	Tarín-Carrasco <i>et al.</i> (2021) identifican específicamente: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Personas con enfermedades previas.</li> <li>• Personas mayores de 65 años.</li> </ul>	

SIGUE EN LA PRÓXIMA PÁGINA >>



<< VIENE DE LA PÁGINA ANTERIOR

Aspectos transversales	
Transfronterizos	Pueden darse impactos transfronterizos en el caso de incendios forestales (Le <i>et al.</i> , 2014; Silver <i>et al.</i> , 2024).
Territoriales	En general afecta a todo el territorio, aunque se concentra principalmente en los núcleos urbanos.
Sociales	La vulnerabilidad se concentra en personas mayores y con enfermedades previas (López-Bueno <i>et al.</i> , 2023; Tarín-Carrasco <i>et al.</i> , 2021). Moreno-Jiménez <i>et al.</i> (2016) estudiaron la población expuesta a NO <sub>2</sub> en Madrid y Barcelona y sus resultados muestran que los niños y la población inmigrante también son grupos especialmente vulnerables.
Maladaptación	<p>Al igual que en los riesgos clave anteriores, el uso del aire acondicionado, si bien se trata de una forma de adaptación al estrés térmico, puede convertirse en una medida de maladaptación si se plantea como una solución exclusiva que cierre la puerta o limite estrategias más eficientes y sostenibles, como el rediseño del espacio público, la mejora de las infraestructuras verdes o la planificación urbana orientada a reducir el efecto isla de calor.</p> <p>No obstante, la maladaptación es un concepto complejo, que tiene diversos ángulos. En este caso, una medida de adaptación o mitigación que aumenta la vulnerabilidad puede ser considerada como maladaptación (Schipper, 2022). Así, medidas como la limitación del tráfico, la peatonalización de vías o el establecimiento de zonas verdes que generan beneficios sobre la salud, deben diseñarse de tal forma que se eviten procesos de gentrificación que acentúen las desigualdades y, con ello, la vulnerabilidad (Planas-Carbonell <i>et al.</i>, 2023).</p>
Género	Algunos estudios sugieren que las mujeres pueden mostrar mayores riesgos de padecer problemas de salud, como enfermedades respiratorias y cardiovasculares, cuando se exponen a contaminantes atmosféricos. Sin embargo, también hay estudios que estiman un riesgo mayor para los hombres (Zavala <i>et al.</i> , 2024).
Otros aspectos analizados	
Umbrales críticos	En 2021 la OMS actualizó los límites de concentraciones de contaminantes atmosféricos, reduciendo los niveles vigentes hasta entonces. En línea con esta actualización, la UE se encuentra en proceso de actualización de la directiva de calidad del aire. También existen límites legales a nivel estatal y autonómico. La superación de límites se estima que da lugar a un exceso de la mortalidad y morbilidad por encima de los límites de concentraciones de contaminantes atmosféricos establecidos por la OMS.
Lock-in/Bloqueo	Seto <i>et al.</i> (2016) identifican tres grandes tipos de bloqueo: institucional, tecnológico y de comportamiento. En este caso, el bloqueo no es tanto tecnológico, sino de aceptabilidad de algunas de las medidas propuestas, como por ejemplo la puesta en marcha de zonas de bajas emisiones para limitar las emisiones del transporte en las ciudades. La oposición a determinadas medidas puede estar también relacionado con efectos distributivos, por lo que el diseño de los instrumentos de política pública necesarios será clave (García-Muros <i>et al.</i> , 2017).

SIGUE EN LA PRÓXIMA PÁGINA >>



<< VIENE DE LA PÁGINA ANTERIOR

Otros aspectos analizados	
Planes o medidas en curso de gestión del riesgo	<p>La actualización del Programa Nacional de Control de la Contaminación Atmosférica 2023-2030 es el documento marco que recoge medidas orientadas a reducir la calidad del aire, en coherencia con las políticas de energía y cambio climático, así como agricultura, industria y transporte.</p> <p>Las políticas que abordan la reducción del riesgo del cambio climático incorporan la necesidad de alinear las acciones relacionadas con la calidad del aire:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• PNACC 2021-2030.</li><li>• Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (2023-2030).</li></ul> <p>Los planes relacionados con salud ambiental también hacen referencia a la calidad del aire, concretamente, el Plan Estratégico de Salud y Medio Ambiente 2022-2026.</p> <p>Las comunidades autónomas cuentan también con planes locales y supramunicipales para la vigilancia y el control de la calidad del aire.</p>
Gobernanza de gestión del riesgo	<p>La gobernanza funciona a través de una estructura multinivel en la que intervienen el nivel nacional, autonómico y local. Las políticas españolas sobre contaminación atmosférica están en gran medida alineadas con las directivas de la Unión Europea en la materia (p. ej. Programa Nacional de Control de la Contaminación Atmosférica, 2023-2030 o el Plan Marco de Acción a corto plazo en caso de episodios de alta contaminación).</p> <p>Las comunidades autónomas tienen importantes responsabilidades en el control de la calidad del aire y en la aplicación de medidas específicas para cumplir los objetivos establecidos.</p> <p>También existe una gobernanza horizontal, de integración de diferentes políticas sectoriales, como, por ejemplo, el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (2023-2030), recientemente actualizado.</p>
Beneficios de medidas de adaptación futuras	<p>Los avances en políticas de calidad del aire de las últimas décadas han conseguido mejorar los niveles de calidad del aire en toda España y han reducido la gravedad de los impactos sobre la salud y los ecosistemas (Vedrenne <i>et al.</i>, 2015). Sin embargo, los esfuerzos son aún insuficientes. La inversión en políticas de reducción de emisiones tiene un doble beneficio: contribuir a mitigar el cambio climático y mejorar la calidad del aire, con beneficios sustanciales para la salud de las personas. En términos monetarios, la relación entre el beneficio para la salud y el coste de mitigación varía entre 1,4 y 2,45 en función del escenario climático considerado (Markandya <i>et al.</i>, 2018). Rodríguez-Álvarez <i>et al.</i> (2021) estimaron que la inversión en energías renovables era eficaz para reducir los efectos negativos sobre la salud, mejorar la calidad del aire y aumentar la esperanza de vida.</p>
Afección a/de descarbonización o neutralidad climática	<p>Tal y como se ha recogido en el punto anterior, las políticas de mitigación están estrechamente relacionadas con la calidad del aire. Los cobeneficios de la mitigación sobre la salud es un tema que se ha estudiado ampliamente (Buchholz <i>et al.</i>, 2020).</p> <p>Además, medidas como el uso del aire acondicionado que puede dar lugar a un aumento del consumo eléctrico, puede traducirse en un incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero mientras persista una alta dependencia de los combustibles fósiles en el sistema eléctrico. Este impacto se reducirá progresivamente a medida que avance la transición energética y se descarbonice la generación eléctrica.</p>

SIGUE EN LA PRÓXIMA PÁGINA >>



<< VIENE DE LA PÁGINA ANTERIOR

Otros aspectos analizados	
Déficits de información	<p>Los principales déficits de información están relacionados con:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Disponibilidad de datos a escala regional y local.</li><li>• Vulnerabilidad interseccional: los estudios suelen centrarse en factores de vulnerabilidad únicos y son poco frecuentes los que abordan la interacción entre múltiples factores (sexo, edad, etnia, nivel socioeconómico, etc.).</li><li>• Aunque existen numerosos estudios que abordan el efecto del calor y el de la contaminación atmosférica, la literatura debe avanzar en el análisis de los efectos sinérgicos.</li><li>• Los estudios que abordan los efectos de la contaminación del aire sobre la salud laboral son limitados.</li></ul> <p>El papel de políticas de mitigación de diferentes sectores y su interrelación.</p>
Recomendaciones de priorización	<p>Requiere respuestas inmediatas y priorización en la toma de decisiones. Requiere un seguimiento periódico. Se puede abordar principalmente dentro de un único ámbito de la gestión pública.</p>



## 5. Análisis de riesgos complejos

Los riesgos climáticos no operan de forma aislada, sino que están profundamente interconectados. Una aproximación exclusivamente sectorial de los riesgos limita la comprensión de estas interacciones y dificulta la identificación de efectos en cascada que trascienden los límites de cada sector.

Con este objetivo, se ha desarrollado un análisis específico de **riesgos complejos** (véase Capítulo Riesgos Complejos), orientado a identificar conexiones críticas entre sectores, dependencias cruzadas y posibles efectos en cascada, contribuyendo así a una planificación de la adaptación más robusta y coherente.

Para abordar esta complejidad, se ha desarrollado un modelo basado en la teoría de grafos. Esta herramienta matemática permite representar sistemas compuestos por elementos relacionados entre sí. Cada nodo del grafo representa un riesgo clave identificado, y las conexiones (aristas dirigidas) indican cómo unos riesgos influyen en otros.

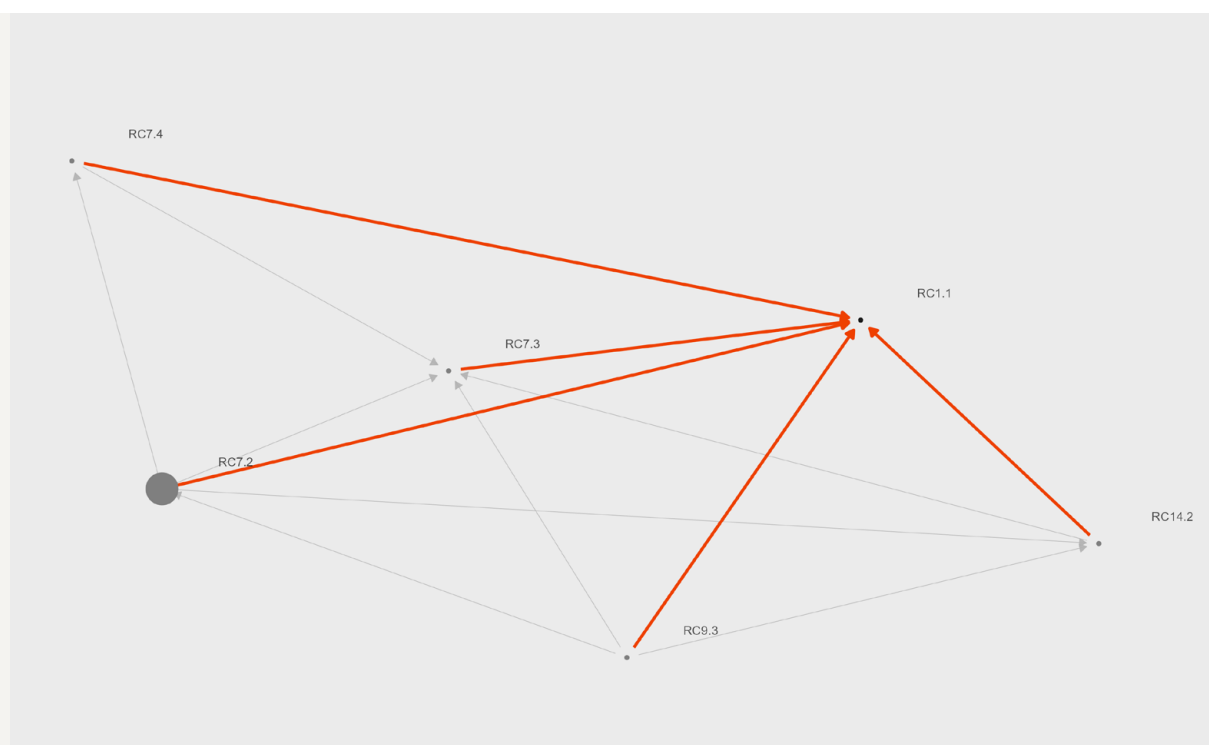
Este enfoque permite visualizar la estructura del sistema, identificar nodos (riesgos) principales y calcular métricas que ayudan a entender el papel de cada riesgo. Así, el grado de salida señala los riesgos con mayor capacidad de generar impactos; el grado de entrada identifica aquellos más vulnerables a influencias externas; la denominada “centralidad de cercanía” muestra la rapidez con la que un riesgo puede verse afectado por el resto del sistema; y, finalmente, la “centralidad de intermediación” revela los riesgos que actúan como puentes en la propagación de efectos.

Un aspecto destacable en los resultados obtenidos es que el sector de la salud presenta un número reducido de interacciones con otros sectores. Esta situación puede explicarse por diversos factores. En primer lugar, el grado de interconexión depende en gran medida del proceso de identificación de riesgos clave y de la manera en que estos se han conceptualizado. En el caso de la salud, los riesgos definidos se centran en la morbilidad asociada al calor sobre colectivos vulnerables (RC1.1), sobre las personas trabajadoras (RC1.2) y en el efecto sinérgico del aumento de temperatura y de la contaminación atmosférica. Se trata, en su mayoría, de riesgos finales, que reciben la influencia de otros pero que no generan impactos directos sobre ellos en el marco de la clasificación utilizada. Esta condición se refleja

claramente en las métricas obtenidas: los riesgos de salud presentan grados de salida nulos y únicamente relaciones de entrada. Por ejemplo, el *Riesgo de aumento de la mortalidad y morbilidad asociada al calor, sobre todo en colectivos vulnerables*, tiene un grado de entrada 5 y grado de salida 0 (**Figura 5**).

En segundo lugar, el número de matrices de adyacencia recibidas para el sector salud fue menor en comparación con otros sectores, y, además, el modelo se centra en relaciones de causalidad directa, mientras que muchos de los efectos de la salud sobre otros ámbitos (como la productividad laboral, la cohesión social o incluso el desempeño económico) suelen manifestarse de manera indirecta y, por tanto, no han quedado reflejados en el grafo resultante.

Aunque estos factores ayudan a explicar por qué el sector salud aparece con menor nivel de interacción y en una posición periférica, no debe interpretarse como una ausencia de relevancia ni relación con otros sectores, sino como una consecuencia del enfoque metodológico adoptado y del carácter finalista de los riesgos clave identificados en el sector de la salud dentro de la red.



**Figura 5. Grafo del Riesgo de aumento de la morbilidad asociada al calor, sobre todo en colectivos vulnerables (RC1.1).** Fuente: capítulo de riesgos complejos.

Las métricas asociadas a todos los riesgos clave de este sector se resumen en la tabla siguiente.

**Tabla 2. Análisis de riesgos complejos en el ámbito de la salud.** Fuente: capítulo 7, de riesgos complejos.

Riesgo Clave	Grado de entrada	Grado de salida	Intermediación	Cercanía
<i>RC1.1. Riesgo de aumento de la mortalidad y morbilidad asociada al calor, sobre todo en colectivos vulnerables (personas ancianas, infancia, o con enfermedades previas).</i>	Bajo ▼	Bajo ▼	Baja ▼	Baja ▼
<i>RC1.2. Riesgo de aumento de la mortalidad y morbilidad de las personas trabajadoras como consecuencia de un empeoramiento de las condiciones climáticas.</i>	Bajo ▼	Bajo ▼	Baja ▼	Baja ▼
<i>RC1.3. Riesgo de aumento de la morbimortalidad asociada al efecto sinérgico de incremento de la contaminación atmosférica y de la temperatura.</i>	Bajo ▼	Bajo ▼	Baja ▼	Baja ▼





## 6. Caso de estudio

El caso de estudio del proyecto europeo COOLTORISE ha sido seleccionado con un propósito ilustrativo, aportando un ejemplo concreto de evaluación de riesgos climáticos dentro del ámbito de la salud. Los casos de estudio sectoriales, en su mayoría facilitados por las comunidades autónomas, permiten mostrar enfoques aplicados, avances metodológicos y herramientas de diagnóstico desarrolladas en distintos sectores y contextos locales, y reflejan la diversidad territorial y temática del país. Lejos de constituir una recopilación exhaustiva, su inclusión busca enriquecer el análisis nacional mediante la exposición de buenas prácticas y aprendizajes relevantes, favoreciendo así la transferencia de conocimiento y la identificación de experiencias innovadoras en la gestión y evaluación de riesgos climáticos.

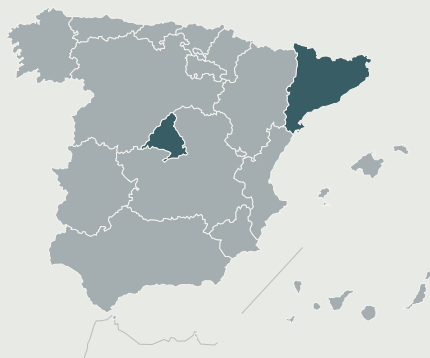
### MADRID COOLTORISE

#### Objeto

- El proyecto europeo COOLTORISE busca reducir la incidencia de la pobreza energética estival entre los hogares europeos, mejorando sus condiciones de habitabilidad térmica interior y reduciendo sus necesidades energéticas durante la estación cálida, lo que a su vez disminuirá su exposición al calor y a los riesgos para la salud relacionados con el calor.

#### Descripción:

- Aunque la pobreza energética se ha asociado tradicionalmente con la incapacidad de los hogares de responder a las necesidades de calefacción en invierno, hasta el 19 % de los hogares europeos declaran no disfrutar de una temperatura adecuada en verano. El cambio climático está aumentando ya tanto la severidad como la frecuencia de las temperaturas extremas y las olas de calor, lo que repercute negativamente en la salud y el bienestar de las personas. Por ello, las necesidades de refrigeración y el riesgo de sobrecalentamiento deben incorporarse en el concepto de pobreza energética.
- Para ello, desde el proyecto COOLTORISE se ha trabajado con agentes de interés y familias vulnerables en riesgo de pobreza energética estival



#### Ámbito Territorial:

- Madrid, Barcelona.

#### Sector(es)/subsector:

- Ciudad, Urbanismo y Edificación; Salud; Energía.

#### Entidad(es) del proyecto:

- Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Asociación Ecoserveis, Asociación Bienestar y Desarrollo.

#### Escala:

- Local.

SIGUE EN LA PRÓXIMA PÁGINA >>



<< VIENE DE LA PÁGINA ANTERIOR

mejorando sus condiciones de habitabilidad térmica interior y reduciendo sus necesidades energéticas durante la estación cálida. Se espera que estas actuaciones reduzcan su exposición al calor y los riesgos para la salud asociados.

### Aspectos destacables:

- Diseño de soluciones prácticas para reducir el sobrecalentamiento en interiores sin incrementar el consumo energético.
- Formación de agentes comunitarios para apoyar a familias vulnerables frente al calor.
- Impacto directo en miles de personas en situación de vulnerabilidad mediante la mejora del confort térmico y la reducción de riesgos sobre la salud relacionados.
- Enfoque de género, abordando la feminización de la pobreza energética y empoderando a las mujeres en la gestión del calor.
- Elaboración de recomendaciones de política pública con medidas urbanas y sociales frente al calor extremo.
- Participación activa de la ciudadanía en la definición de soluciones adaptadas a barrios y contextos locales.

### Riesgos:

- El riesgo más relevante con el que se asocia este proyecto es el Riesgo Clave 1 "Riesgo de aumento de la morbilidad asociada al calor, sobre todo en colectivos vulnerables".

### Enlaces:

- Web oficial del proyecto COOLTORISE: <https://cooltorise.eu/>
- COOLTORISE, documentos de recomendaciones para abordar la pobreza energética estival en las políticas públicas: <https://cooltorise.eu/keeping-cool-in-a-warming-world-cooltorises-policy-recommendations-to-combat-summer-energy-poverty/>



## 7. Limitaciones y particularidades metodológicas del sector

### ► Desequilibrio temático y territorial

La literatura científica sobre mortalidad asociada al calor es muy amplia y permite afirmar que se trata de un riesgo actual y generalizado en el territorio. Sin embargo, el conocimiento sobre morbilidad es limitado, especialmente en lo que respecta a urgencias, ingresos hospitalarios y salud mental. En el ámbito laboral, Dasgupta y Robinson (2023) resumen las lagunas de conocimiento específicas de este campo, que van desde la ausencia de definiciones consensuadas (productividad, capacidad, rendimiento), las dificultades en el uso de variables como la temperatura de bulbo húmedo y las limitaciones de las funciones de respuesta.

En relación con los riesgos relevantes, la disponibilidad de información es aún mucho más limitada. Es también más fragmentada desde el punto de vista territorial.

Al igual que en otros sectores, no es habitual encontrar evaluaciones de riesgos integradas e impactos sobre el sector en su conjunto, sino estudios que abordan un único riesgo (o parte de él).

### ► Diferencias en las aproximaciones metodológicas, umbrales y adaptación

La estimación del impacto atribuible al calor depende de cómo se definen y operativizan los umbrales de temperatura. Sin embargo, en la literatura se encuentran diversos enfoques que dificultan la comparación entre estudios. Además, la literatura muestra la existencia de procesos de adaptación (aclimatación) que están reduciendo parte de la mortalidad observada, lo que debería llevar a actualizar periódicamente los umbrales y a contemplar parámetros dependientes del tiempo en el seguimiento, aunque la complejidad de hacerlo es evidente. Por otro lado, la literatura sobre la efectividad de las políticas de adaptación a la hora de reducir el riesgo es limitada.

### ► Años base y escenarios

Otra de las dificultades habituales en las revisiones de la literatura sobre los impactos del cambio climático y que también encontramos en este capítulo es el uso de años base y escenarios diferentes.



Esto dificulta la comparación de los resultados de los estudios y la valoración de sus implicaciones.

Aunque algunos trabajos emplean varios escenarios climáticos (p. ej., Díaz *et al.*, 2019), es frecuente el uso de un único escenario, a menudo el escenario de mayores emisiones (RCP8.5). Sin embargo, la literatura reciente desaconseja su uso como escenario "*business as usual*", ya que puede llevar a su malinterpretación (Hausfather y Peters, 2020).

Tener en cuenta los peores casos es una estrategia que se ha defendido en la literatura debido a la gravedad de los riesgos a los que nos enfrentamos (Weitzman, 2011). Sin embargo, hacerlo de forma exclusiva puede limitar el análisis e infravalorar el papel de la adaptación.

### ► El papel de la vulnerabilidad

En comparación con otros sectores, los estudios de salud integran con mayor frecuencia la vulnerabilidad social (edad, renta, género, condiciones residenciales, soledad y estatus migratorio), pero persisten lagunas y heterogeneidades en su medición, así como el estudio de factores de interseccionalidad. Aunque es probable que desagregar más la vulnerabilidad pueda dificultar la comparación, permitiría priorizar medidas específicas para los grupos más vulnerables.



## 8. Referencias

- EEA, 2024. Responding to climate change impacts on human health in Europe: focus on floods, droughts and water quality. Publications Office, Luxemburgo.
- EEA, 2023. Harm to human health from air pollution in Europe: burden of disease 2023 (EEA Briefing No. 23/2023). Agencia Europea del Medio Ambiente, LU.
- Achebak, H., Rey, G., Chen, Z., Lloyd, S.J., Quijal-Zamorano, M., Méndez-Turrubiates, R.F., Ballester, J., 2024. Heat Exposure and Cause-Specific Hospital Admissions in Spain: A Nationwide Cross-Sectional Study. *Environmental Health Perspectives* 132, 057009. <https://doi.org/10.1289/EHP13254>
- Adélaïde, L., Chanel, O., Pascal, M., 2022. Health effects from heat waves in France: an economic evaluation. *Eur J Health Econ* 23, 119–131. <https://doi.org/10.1007/s10198-021-01357-2>
- Alho, A.M., Oliveira, A.P., Viegas, S., Nogueira, P., 2024. Effect of heatwaves on daily hospital admissions in Portugal, 2000–18: an observational study. *The Lancet Planetary Health* 8, e318–e326. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(24\)00046-9](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(24)00046-9)
- Amorim-Maia, A.T., Anguelovski, I., Connolly, J., Chu, E., 2023. Seeking refuge? The potential of urban climate shelters to address intersecting vulnerabilities. *Landscape and Urban Planning* 238, 104836. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104836>
- Ascaso, M.S., Díaz, J., López-Bueno, J.A., Navas, M.A., Mirón, I.J., Linares, C., 2024. How heatwaves affect short-term emergency hospital admissions due to bacterial foodborne diseases. *Science of The Total Environment* 946, 174209. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174209>
- Ballester, J., Quijal-Zamorano, M., Méndez Turrubiates, R.F., Pegenaute, F., Herrmann, F.R., Robine, J.M., Basagaña, X., Tonne, C., Antó, J.M., Achebak, H., 2023. Heat-related mortality in Europe during the summer of 2022. *Nat Med* 29, 1857–1866. <https://doi.org/10.1038/s41591-023-02419-z>
- Bednar-Fiedl, B., Biesbroek, R., Schmidt, D.N., Alexander, P., Børshiem, K.Y., Carnicer, J., Georgopoulou, E., Haasnoot, M., Cozannet, G.L., Lionello, P., Lipka, O., Möllmann, C., Muccione, V., Mustonen, T., Piepenburg, D., Whitmarsh, L., 2022. Europe. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.015.1817>
- Bell, J.E., Brown, C.L., Conlon, K., Herring, S., Kunkel, K.E., Lawrimore, J., Lubert, G., Schreck, C., Smith, A., Uejio, C., 2018. Changes in extreme events and the potential impacts on human health. *Journal of the Air & Waste Management Association* 68, 265–287. <https://doi.org/10.1080/10962247.2017.1401017>
- Berisha, V., Hondula, D., Roach, M., White, J.R., McKinney, B., Bentz, D., Mohamed, A., Uebelherr, J., Goodin, K., 2017. Assessing Adaptation Strategies for Extreme Heat: A Public Health Evaluation of Cooling Centers in Maricopa County, Arizona. *Weather, Climate, and Society* 9, 71–80. <https://doi.org/10.1175/WCAS-D-16-0033.1>
- Betts, R.A., Brown, K., 2021. The Third UK Climate Change Risk Assessment Technical Report.
- Brown, K., Ecclestone, K., Emmel, N., 2017. The Many Faces of Vulnerability. *Social Policy and Society* 16, 497–510. <https://doi.org/10.1017/S1474746416000610>



- Brugueras, S., Fernández-Martínez, B., Martínez-de la Puente, J., Figuerola, J., Porro, T.M., Rius, C., Larrauri, A., Gómez-Barroso, D., 2020. Environmental drivers, climate change and emergent diseases transmitted by mosquitoes and their vectors in southern Europe: A systematic review. *Environmental Research* 191, 110038. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110038>
- Buchholz, W., Markandya, A., Rübhelke, D., Vögele, S. (Eds.), 2020. *Ancillary benefits of climate policy*. Springer International Publishing, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-30978-7\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-30978-7_10)
- Büntgen, U., Reinig, F., Verstege, A., Piermattei, A., Kunz, M., Krusic, P., Slavin, P., Štěpánek, P., Torbenson, M., del Castillo, E.M., Arosio, T., Kirdyanov, A., Oppenheimer, C., Trnka, M., Palosse, A., Bebhuk, T., Camarero, J.J., Esper, J., 2024. Recent summer warming over the western Mediterranean region is unprecedented since medieval times. *Global and Planetary Change* 232, 104336. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2023.104336>
- Burbank, A.J., 2025. Climate Change and the Future of Allergies and Asthma. *Curr Allergy Asthma Rep* 25, 20. <https://doi.org/10.1007/s11882-025-01201-0>
- Calama-González, C.M., Escandón, R., Suárez, R., Alonso, A., León-Rodríguez, Á.L., 2024. Household energy vulnerability evaluation in southern Spain through parametric energy simulation models and socio-economic data. *Sustainable Cities and Society* 103, 105276. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105276>
- Casanueva, A., Kotlarski, S., Fischer, A.M., Flouris, A.D., Kjellstrom, T., Lemke, B., Nybo, L., Schwierz, C., Liniger, M.A., 2020. Escalating environmental summer heat exposure—a future threat for the European workforce. *Reg Environ Change* 20, 40. <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01625-6>
- CC.OO., 2019. Estudio de la normativa relacionada con la exposición a condiciones climatológicas adversas en el sector de la construcción. CC.OO de Construcción y Servicios.
- Chakraborty, T., Hsu, A., Manya, D., Sheriff, G., 2019. Disproportionately higher exposure to urban heat in lower-income neighborhoods: a multi-city perspective. *Environ. Res. Lett.* 14, 105003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab3b99>
- Cheng, J., Xu, Z., Bambrick, H., Prescott, V., Wang, N., Zhang, Y., Su, H., Tong, S., Hu, W., 2019. Cardiorespiratory effects of heatwaves: A systematic review and meta-analysis of global epidemiological evidence. *Environmental Research* 177, 108610. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108610>
- Chiabai, A., Quiroga, S., Martínez-Juarez, P., Suárez, C., García de Jalón, S., Taylor, T., 2020. Exposure to green areas: Modelling health benefits in a context of study heterogeneity. *Ecological Economics* 167, 106401. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106401>
- Chiabai, A., Spadaro, J.V., Neumann, M.B., 2018. Valuing deaths or years of life lost? Economic benefits of avoided mortality from early heat warning systems. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. <https://doi.org/10.1007/s11027-017-9778-4>
- CNSST, 2019. Vigilancia de la Salud para la Prevención de Riesgos Laborales. Guía Básica y General de Orientación. Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social, Madrid.
- Colpitts, T.M., Conway, M.J., Montgomery, R.R., Fikrig, E., 2012. West Nile Virus: Biology, Transmission, and Human Infection. *Clin Microbiol Rev* 25, 635–648. <https://doi.org/10.1128/CMR.00045-12>
- D'Amato, G., Chong-Neto, H.J., Monge Ortega, O.P., Vitale, C., Ansotegui, I., Rosario, N., Haahtela, T., Galan, C., Pawankar, R., Murrieta-Aguttes, M., Cecchi, L., Bergmann, C., Ridolo, E., Ramon, G., Gonzalez Diaz, S., D'Amato, M., Annesi-Maesano, I., 2020. The effects of climate change on respiratory allergy and asthma induced by pollen and mold allergens. *Allergy* 75, 2219–2228. <https://doi.org/10.1111/all.14476>



- D'Amato, G., Pawankar, R., Vitale, C., Lanza, M., Molino, A., Stanziola, A., Sanduzzi, A., Vatrella, A., D'Amato, M., 2016. Climate Change and Air Pollution: Effects on Respiratory Allergy. *Allergy Asthma Immunol Res* 8, 391. <https://doi.org/10.4168/aair.2016.8.5.391>
- Dasgupta, S., Robinson, E.J.Z., 2023. The labour force in a changing climate: Research and policy needs. *PLOS Climate* 2, e0000131. <https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000131>
- Dasgupta, S., van Maanen, N., Gosling, S.N., Piontek, F., Otto, C., Schleussner, C.-F., 2021. Effects of climate change on combined labour productivity and supply: an empirical, multi-model study. *The Lancet Planetary Health* 5, e455–e465. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00170-4](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00170-4)
- Davis, L.W., Gertler, P.J., 2015. Contribution of air conditioning adoption to future energy use under global warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112, 5962–5967. <https://doi.org/10.1073/pnas.1423558112>
- De Cian, E., Pavanello, F., Randazzo, T., Mistry, M.N., Davide, M., 2019. Households' adaptation in a warming climate. Air conditioning and thermal insulation choices. *Environmental Science & Policy* 100, 136–157. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.06.015>
- Díaz, J., Carmona, R., Mirón, I.J., Ortiz, C., León, I., Linares, C., 2015. Geographical variation in relative risks associated with heat: Update of Spain's Heat Wave Prevention Plan. *Environment International* 85, 273–283. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.09.022>
- Díaz, J., García, R., Ribera, P., Alberdi, J.C., Hernández, E., Pajares, M.S., Otero, A., 1999. Modeling of air pollution and its relationship with mortality and morbidity in Madrid, Spain. *Int Arch Occup Environ Health* 72, 366–376. <https://doi.org/10.1007/s004200050388>
- Díaz, J., López, I.A., Carmona, R., Mirón, I.J., Luna, M.Y., Linares, C., 2018. Short-term effect of heat waves on hospital admissions in Madrid: Analysis by gender and comparison with previous findings. *Environmental Pollution* 243, 1648–1656. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.09.098>
- Díaz, J., Sáez, M., Carmona, R., Mirón, I.J., Barceló, M.A., Luna, M.Y., Linares, C., 2019. Mortality attributable to high temperatures over the 2021–2050 and 2051–2100 time horizons in Spain: Adaptation and economic estimate. *Environmental Research* 172, 475–485. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.02.041>
- Dunne, J.P., Stouffer, R.J., John, J.G., 2013. Reductions in labour capacity from heat stress under climate warming. *Nature Clim Change* 3, 563–566. <https://doi.org/10.1038/nclimate1827>
- Ebi, K.L., Bowen, K., 2016. Extreme events as sources of health vulnerability: Drought as an example. *Weather and Climate Extremes, Observed and Projected (Longer-term) Changes in Weather and Climate Extremes* 11, 95–102. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.10.001>
- Ebi, K.L., Capon, A., Berry, P., Broderick, C., Dear, R. de, Havenith, G., Honda, Y., Kovats, R.S., Ma, W., Malik, A., Morris, N.B., Nybo, L., Seneviratne, S.I., Vanos, J., Jay, O., 2021a. Hot weather and heat extremes: health risks. *The Lancet* 398, 698–708. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)01208-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01208-3)
- Ebi, K.L., Hess, J.J., 2020. Health Risks Due To Climate Change: Inequity in Causes and Consequences. *Health Affairs* 39, 2056–2062. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2020.01125>
- Ebi, K.L., Vanos, J., Baldwin, J.W., Bell, J.E., Hondula, D.M., Errett, N.A., Hayes, K., Reid, C.E., Saha, S., Spector, J., Berry, P., 2021b. Extreme Weather and Climate Change: Population Health and Health System Implications. *Annual Review of Public Health* 42, 293–315. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-012420-105026>



- EFSA, ECDC, 2022. The European Union One Health 2021 Zoonoses Report. EFSA Journal 20, e07666. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7666>
- Eklund, G., Sibilia, A., Salvi, A., Antofie, T.-E., Rodomonti, D., Salari, S., Poljansek, K., Marzi, S., Gyenes, Z., Corbane, C., 2023. Towards a European wide vulnerability framework: a flexible approach for vulnerability assessment using composite indicators. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Erber, W., Schmitt, H.-J., 2018. Self-reported tick-borne encephalitis (TBE) vaccination coverage in Europe: Results from a cross-sectional study. Ticks and Tick-borne Diseases 9, 768–777. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2018.02.007>
- Erickson, T.B., Brooks, Julia, Nilles, Eric J., Pham, Phuong N., and Vinck, P., 2019. Environmental health effects attributed to toxic and infectious agents following hurricanes, cyclones, flash floods and major hydrometeorological events. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B 22, 157–171. <https://doi.org/10.1080/10937404.2019.1654422>
- Escandón, R., Suárez, R., Alonso, A., Mauro, G.M., 2022. Is indoor overheating an upcoming risk in southern Spain social housing stocks? Predictive assessment under a climate change scenario. Building and Environment 207, 108482. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108482>
- Falchetta, G., Cian, E.D., Pavanello, F., Wing, I.S., 2024. Inequalities in global residential cooling energy use to 2050. Nat Commun 15, 7874. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-52028-8>
- Farooq, Z., Sjödin, H., Semenza, J.C., Tozan, Y., Sewe, M.O., Wallin, J., Rocklöv, J., 2023. European projections of West Nile virus transmission under climate change scenarios. One Health 16, 100509. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2023.100509>
- Fernandez Milan, B., Creutzig, F., 2015. Reducing urban heat wave risk in the 21st century. Current Opinion in Environmental Sustainability, Open Issue 14, 221–231. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.08.002>
- Fischer, L., Gültekin, N., Kaelin, M.B., Fehr, J., Schlagenhauf, P., 2020. Rising temperature and its impact on receptivity to malaria transmission in Europe: A systematic review. Travel Medicine and Infectious Disease 36, 101815. <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2020.101815>
- Flouris, A., Azzi, M., Graczyk, H., Nafradi, B., Scott, N., 2024. Heat at work: implications for safety and health: a global review of the science, policy and practice. ILO, Geneva.
- Ford, J.D., Pearce, T., McDowell, G., Berrang-Ford, L., Sayles, J.S., Belfer, E., 2018. Vulnerability and its discontents: the past, present, and future of climate change vulnerability research. Climatic Change 151, 189–203. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2304-1>
- Foster, J., Smallcombe, J.W., Hodder, S., Jay, O., Flouris, A.D., Nybo, L., Havenith, G., 2021. An advanced empirical model for quantifying the impact of heat and climate change on human physical work capacity. Int J Biometeorol 65, 1215–1229. <https://doi.org/10.1007/s00484-021-02105-0>
- Foudi, S., Osés-Eraso, N., Galarraga, I., 2017. The effect of flooding on mental health: Lessons learned for building resilience. Water Resources Research 53, 5831–5844. <https://doi.org/10.1002/2017WR020435>
- Galán, C., Alcázar, P., Oteros, J., García-Mozo, H., Aira, M.J., Belmonte, J., Diaz de la Guardia, C., Fernández-González, D., Gutierrez-Bustillo, M., Moreno-Grau, S., Pérez-Badía, R., Rodríguez-Rajo, J., Ruiz-Valenzuela, L., Tormo, R., Trigo, M.M., Domínguez-Vilches, E., 2016. Airborne pollen trends in the Iberian Peninsula. Science of The Total Environment 550, 53–59. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.069>





- García de Jalón, S., Chiabai, A., Mc Tague, A., Artaza, N., de Ayala, A., Quiroga, S., Kruize, H., Suárez, C., Bell, R., Taylor, T., 2020. Providing Access to Urban Green Spaces: A Participatory Benefit-Cost Analysis in Spain. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17, 2818. <https://doi.org/10.3390/ijerph17082818>
- García-León, D., Masselot, P., Mistry, M.N., Gasparri, A., Motta, C., Feyen, L., Ciscar, J.-C., 2024. Temperature-related mortality burden and projected change in 1368 European regions: a modelling study. *The Lancet Public Health* 0. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(24\)00179-8](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(24)00179-8)
- García-Muros, X., Burguillo, M., González-Eguino, M., Romero-Jordán, D., 2017. Local air pollution and global climate change taxes: a distributional analysis for the case of Spain. *Journal of Environmental Planning and Management* 60, 419–436. <https://doi.org/10.1080/09640568.2016.1159951>
- Garrido-Perez, J.M., García-Herrera, R., Barriopedro, D., Ordóñez, C., 2023. Shifting summer holidays in Spain as an adaptation measure to climate change. *Science of The Total Environment* 904, 166879. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166879>
- Geels, C., Andersson, C., Hänninen, O., Lansø, A.S., Schwarze, P.E., Skjøth, C.A., Brandt, J., 2015. Future Premature Mortality Due to O<sub>3</sub>, Secondary Inorganic Aerosols and Primary PM in Europe — Sensitivity to Changes in Climate, Anthropogenic Emissions, Population and Building Stock. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 12, 2837–2869. <https://doi.org/10.3390/ijerph120302837>
- Goerlich, F.J., Cantarino, I., 2015. Estimaciones de la población rural y urbana a nivel municipal. *Estadística Española* 57, 5–28.
- Groen, L., Alexander, M., King, J.P., Jager, N.W., Huitema, D., 2023. Re-examining policy stability in climate adaptation through a lock-in perspective. *Journal of European Public Policy* 30, 488–512. <https://doi.org/10.1080/13501763.2022.2064535>
- Gronlund, C.J., Zanobetti, A., Wellenius, G.A., Schwartz, J.D., O'Neill, M.S., 2016. Vulnerability to renal, heat and respiratory hospitalizations during extreme heat among U.S. elderly. *Climatic Change* 136, 631–645. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1638-9>
- Harlan, S.L., Ruddell, D.M., 2011. Climate change and health in cities: impacts of heat and air pollution and potential co-benefits from mitigation and adaptation. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 3, 126–134. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2011.01.001>
- Hass, A.L., Runkle, J.D., Sugg, M.M., 2021. The driving influences of human perception to extreme heat: A scoping review. *Environmental Research* 197, 111173. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111173>
- Hausfather, Z., Peters, G.P., 2020. Emissions – the ‘business as usual’ story is misleading. *Nature* 577, 618–620. <https://doi.org/10.1038/d41586-020-00177-3>
- Heaviside, C., Macintyre, H., Vardoulakis, S., 2017. The Urban Heat Island: Implications for Health in a Changing Environment. *Curr Envir Health Rpt* 4, 296–305. <https://doi.org/10.1007/s40572-017-0150-3>
- Helgeson, J., van der Linden, S., Chabay, I., 2012. The role of knowledge, learning and mental models in public perceptions of climate change related risks, in: Wals, A.E.J. (Ed.), *Learning for Sustainability in Times of Accelerating Change*. Wageningen Academic Publishers, pp. 329–346. [https://doi.org/10.3920/978-90-8686-757-8\\_21](https://doi.org/10.3920/978-90-8686-757-8_21)
- Hertig, E., 2019. Distribution of Anopheles vectors and potential malaria transmission stability in Europe and the Mediterranean area under future climate change. *Parasites & Vectors* 12, 18. <https://doi.org/10.1186/s13071-018-3278-6>



- INE, 2024. Ocupados por sexo y rama de actividad. Valores absolutos y porcentajes respecto del total de cada sexo (65985).
- INE, 2020. Encuesta Continua de Hogares (ECH).
- Ingole, V., Dimitrova, A., Sampedro, J., Sacoar, C., Acacio, S., Juvekar, S., Roy, S., Moraga, P., Basagaña, X., Ballester, J., Antó, J.M., Tonne, C., 2022. Local mortality impacts due to future air pollution under climate change scenarios. *Science of The Total Environment* 823, 153832. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153832>
- INSST, 2023. Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2023-2027. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, Madrid.
- IPCC, 2022. Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1st ed. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- Jendritzky, G., de Dear, R., Havenith, G., 2012. UTCI—Why another thermal index? *Int J Biometeorol* 56, 421–428. <https://doi.org/10.1007/s00484-011-0513-7>
- Jessen, M.J., Fertner, C., Fryd, O., 2025. Social vulnerability in regional climate adaptation planning in Europe – Conceptions, operationalisations and shared challenges. *Environmental Science & Policy* 171, 104161. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2025.104161>
- Juhola, S., Käyhkö, J., 2023. Maladaptation as a concept and a metric in national adaptation policy—Should we, would we, could we? *PLOS Climate* 2, e0000213. <https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000213>
- Kamal, M., Kenawy, M.A., Rady, M.H., Khaled, A.S., Samy, A.M., 2018. Mapping the global potential distributions of two arboviral vectors *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus* under changing climate. *PLOS ONE* 13, e0210122. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210122>
- Klinger, C., Landeg, O., Murray, V., 2014. Power Outages, Extreme Events and Health: a Systematic Review of the Literature from 2011-2012. *PLoS Curr*. <https://doi.org/10.1371/currents.dis.04eb1dc5e73dd1377e05a10e9edde673>
- Kögel, C., 2022. The impact of air pollution on labour productivity in France. Documents de travail du Centre d'Économie de la Sorbonne.
- Lara-García, Á., Rivera-Gómez, C., Núñez-Rivera, C., Galán-Marín, C., Cruz-Mazo, E.C., 2024. Linking Vulnerability to Heatwaves and Public Health: Indicators for EU Policies on Energy Renovation of Residential Buildings, in: Galende Sánchez, E., Sorman, A.H., Cabello, V., Heidenreich, S., Klöckner, C.A. (Eds.), *Strengthening European Climate Policy: Governance Recommendations from Innovative Interdisciplinary Collaborations*. Springer Nature Switzerland, Cham, pp. 61–74. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-72055-0\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-031-72055-0_6)
- Le, G.E., Breyse, P.N., McDermott, A., Eftim, S.E., Geyh, A., Berman, J.D., Curriero, F.C., 2014. Canadian Forest Fires and the Effects of Long-Range Transboundary Air Pollution on Hospitalizations among the Elderly. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 3, 713–731. <https://doi.org/10.3390/ijgi3020713>
- Leal Filho, W., Krishnapillai, M., Minhas, A., Ali, S., Nagle Alverio, G., Hendy Ahmed, M.S., Naidu, R., Prasad, R.R., Bhullar, N., Sharifi, A., Nagy, G.J., Kovaleva, M., 2022. Climate change, extreme events and mental health in the Pacific region. *International Journal of Climate Change Strategies and Management* 15, 20–40. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-03-2022-0032>



- Lelieveld, J., Haines, A., Burnett, R., Tonne, C., Klingmüller, K., Münzel, T., Pozzer, A., 2023. Air pollution deaths attributable to fossil fuels: observational and modelling study. *BMJ* 383, e077784. <https://doi.org/10.1136/bmj-2023-077784>
- Linares, C., López-Bueno, J.A., Navas-Martín, M.A., Díaz, J., 2024. Determinación de umbrales de mortalidad por ola de calor según regiones isoclimáticas en España. Instituto de Salud Carlos III (ISCIII). Escuela Nacional de Sanidad (ENS), Madrid. <https://doi.org/10.4321/repisalud.17386>
- Liss, A., Naumova, E.N., 2019. Heatwaves and hospitalizations due to hyperthermia in defined climate regions in the conterminous USA. *Environ Monit Assess* 191, 394. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7412-5>
- López-Bueno, J.A., Díaz, J., Follos, F., Vellón, J.M., Navas, M.A., Culqui, D., Luna, M.Y., Sánchez-Martínez, G., Linares, C., 2021. Evolution of the threshold temperature definition of a heat wave vs. evolution of the minimum mortality temperature: a case study in Spain during the 1983–2018 period. *Environmental Sciences Europe* 33, 101. <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00542-7>
- López-Bueno, J.A., Díaz, J., Padrón-Monedero, A., Martín, M.A.N., Linares, C., 2023. Short-term impact of extreme temperatures, relative humidity and air pollution on emergency hospital admissions due to kidney disease and kidney-related conditions in the Greater Madrid area (Spain). *Science of The Total Environment* 903, 166646. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166646>
- López-Bueno, J.A., Díaz, J., Sánchez-Guevara, C., Sánchez-Martínez, G., Franco, M., Gullón, P., Núñez Peiró, M., Valero, I., Linares, C., 2020. The impact of heat waves on daily mortality in districts in Madrid: The effect of sociodemographic factors. *Environmental Research* 190, 109993. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109993>
- López-Bueno, J.A., Navas-Martín, M.A., Díaz, J., Mirón, I.J., Luna, M.Y., Sánchez-Martínez, G., Culqui, D., Linares, C., 2022. Analysis of vulnerability to heat in rural and urban areas in Spain: What factors explain Heat's geographic behavior? *Environmental Research* 207, 112213. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112213>
- Loroño, A., Markandya, A., Sainz de Murieta, E., 2025. Assessing the economic impact of heat-related mortality under climate change in 329 European regions (No. D2.3 Impacts on Health and Wellbeing), Deliverable of the ACCREU project.
- Lou, J., Wu, Y., Liu, P., Kota, S.H., Huang, L., 2019. Health Effects of Climate Change Through Temperature and Air Pollution. *Curr Pollution Rep* 5, 144–158. <https://doi.org/10.1007/s40726-019-00112-9>
- Lowe, S.R., Bonumwezi, J.L., Valdespino-Hayden, Z., Galea, S., 2019. Posttraumatic Stress and Depression in the Aftermath of Environmental Disasters: A Review of Quantitative Studies Published in 2018. *Curr Envir Health Rpt* 6, 344–360. <https://doi.org/10.1007/s40572-019-00245-5>
- Lucas, R.A.I., Epstein, Y., Kjellstrom, T., 2014. Excessive occupational heat exposure: a significant ergonomic challenge and health risk for current and future workers. *Extreme Physiology & Medicine* 3, 14. <https://doi.org/10.1186/2046-7648-3-14>
- Madrigano, J., Lane, K., Petrovic, N., Ahmed, M., Blum, M., Matte, T., 2018. Awareness, Risk Perception, and Protective Behaviors for Extreme Heat and Climate Change in New York City. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 15, 1433. <https://doi.org/10.3390/ijerph15071433>
- Magallanes, S., Llorente, F., Ruiz-López, M.J., la Puente, J.M., Ferraguti, M., Gutiérrez-López, R., Soriguer, R., Aguilera-Sepúlveda, P., Fernández-Delgado, R., Jiménez-Clavero, M.Á., Figuerola, J., 2024. Warm winters are associated to more intense West Nile virus circulation in southern Spain. *Emerg Microbes Infect* 2348510. <https://doi.org/10.1080/22221751.2024.2348510>



- Marí-Dell'Olmo, M., Oliveras, L., Barón-Miras, L.E., Borrell, C., Montalvo, T., Ariza, C., Ventayol, I., Mercuriali, L., Sheehan, M., Gómez-Gutiérrez, A., Villalbí, J.R., 2022. Climate Change and Health in Urban Areas with a Mediterranean Climate: A Conceptual Framework with a Social and Climate Justice Approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19, 12764. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912764>
- Markandya, A., Loroño, A., Sainz de Murieta, E., 2025. The economic consequences of climate-induced heat-related morbidity in Europe (No. D2.3 Impacts on Health and Wellbeing), Deliverable of the ACCREU project.
- Markandya, A., Sampedro, J., Smith, S.J., Dingenen, R.V., Pizarro-Irizar, C., Arto, I., González-Eguino, M., 2018. Health co-benefits from air pollution and mitigation costs of the Paris Agreement: a modelling study. *The Lancet Planetary Health* 2, e126–e133. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(18\)30029-9](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30029-9)
- Martin, K., McLeod, E., Périard, J., Rattray, B., Keegan, R., Pyne, D.B., 2019. The Impact of Environmental Stress on Cognitive Performance: A Systematic Review. *Hum Factors* 61, 1205–1246. <https://doi.org/10.1177/0018720819839817>
- Martínez-Solanas, È., Basagaña, X., 2019. Temporal changes in the effects of ambient temperatures on hospital admissions in Spain. *PLOS ONE* 14, e0218262. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218262>
- Martínez-Solanas, È., López-Ruiz, M., Wellenius, G.A., Gasparrini, A., Sunyer, J., Benavides, F.G., Basagaña, X., 2018. Evaluation of the Impact of Ambient Temperatures on Occupational Injuries in Spain. *Environmental Health Perspectives* 126, 067002. <https://doi.org/10.1289/EHP2590>
- Martin-Moreno, J.M., García-Lopez, E., Guerrero-Fernandez, M., Alfonso-Sanchez, J.L., Barach, P., 2025. Devastating “DANA” Floods in Valencia: Insights on Resilience, Challenges, and Strategies Addressing Future Disasters. *Public Health Rev.* 46, 1608297. <https://doi.org/10.3389/phrs.2025.1608297>
- McKenzie, J.W., Longman, J.M., Bailie, R., Braddon, M., Morgan, G.G., Jegasothy, E., Bennett-Levy, J., 2022. Insurance Issues as Secondary Stressors Following Flooding in Rural Australia—A Mixed Methods Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19, 6383. <https://doi.org/10.3390/ijerph19116383>
- Meade, R.D., Notley, S.R., Akerman, A.P., McCormick, J.J., King, K.E., Sigal, R.J., Kenny, G.P., 2023. Efficacy of Cooling Centers for Mitigating Physiological Strain in Older Adults during Daylong Heat Exposure: A Laboratory-Based Heat Wave Simulation. *Environmental Health Perspectives* 131, 067003. <https://doi.org/10.1289/EHP11651>
- Moreno-Jiménez, A., Cañada-Torrecilla, R., Vidal-Domínguez, M.J., Palacios-García, A., Martínez-Suárez, P., 2016. Assessing environmental justice through potential exposure to air pollution: A socio-spatial analysis in Madrid and Barcelona, Spain. *Geoforum* 69, 117–131. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2015.12.008>
- Mostafizur Rahman, M., Alam Shobuj, I., Tanvir Hossain, M., Tasnim, F., 2023. Impact of Disaster on mental health of women: A case study on 2022 flash flood in Bangladesh. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 96, 103935. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.103935>
- Narocki, C., 2021. Heatwaves as an occupational hazard: the impact of heat and heatwaves on workers' health, safety and wellbeing and on social inequalities, Report / European Trade Union Institute. European Trade Union Institute, Brussels, Belgium.
- Nasri, R.I., Seniwati, T., Ilkafah, Erfina, E., 2020. Screening of post-traumatic stress disorder (PTSD) among flood victims in Indonesia. *Enfermería Clínica, International Conference on Women and Societal Perspective on Quality of Life (WOSQUAL-2019)* 30, 345–349. <https://doi.org/10.1016/j.enfcli.2019.07.115>



- Navas-Martín, M.A., López-Bueno, J.A., Ascaso-Sánchez, M.S., Follos, F., Vellón, J.M., Mirón, I.J., Luna, M.Y., Sánchez-Martínez, G., Linares, C., Díaz, J., 2023a. Heat Adaptation among the Elderly in Spain (1983–2018). *International Journal of Environmental Research and Public Health* 20, 1314. <https://doi.org/10.3390/ijerph20021314>
- Navas-Martín, M.A., López-Bueno, J.A., Ascaso-Sánchez, M.S., Sarmiento-Suárez, R., Follos, F., Vellón, J.M., Mirón, I.J., Luna, M.Y., Sánchez-Martínez, G., Culqui, D., Linares, C., Díaz, J., 2022a. Gender differences in adaptation to heat in Spain (1983–2018). *Environmental Research* 215, 113986. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113986>
- Navas-Martín, M.A., López-Bueno, J.A., Díaz, J., Follos, F., Vellón, J.M., Mirón, I., Luna, M., Sánchez-Martínez, G., Culqui, D., Linares, C., 2022b. Effects of local factors on adaptation to heat in Spain (1983–2018). *Environmental Research* 209, 112784. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.112784>
- Navas-Martín, M.A., López-Bueno, J.A., Follos, F., Vellón, J.M., Mirón, I.J., Luna, Y., Sánchez-Martínez, G., Díaz-Jiménez, J., Linares-Gil, C., 2023b. La adaptación al calor y las desigualdades sociales en salud en función del género, la edad y el territorio: Revisión de estudios en España (1983–2018). *Adaptation to Heat and Social Health Inequalities according to Gender, Age and Territory: A Review of Studies Conducted in Spain (1983–2018)*.
- Olcina, J., Mínguez, M.D.C., Villar Navascués, R., Martín-Vide, J., Silva Lopes, H., Blázquez Salom, M., 2025. Refugios climáticos en España: lectura crítica de un equipamiento urbano para el turismo estival. *invest. tur* 1–25. <https://doi.org/10.14198/INTURI.28551>
- O’Lenick, C.R., Wilhelmi, O.V., Michael, R., Hayden, M.H., Baniassadi, A., Wiedinmyer, C., Monaghan, A.J., Crank, P.J., Sailor, D.J., 2019. Urban heat and air pollution: A framework for integrating population vulnerability and indoor exposure in health risk analyses. *Science of The Total Environment* 660, 715–723. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.002>
- OMS, 2015. Operational framework for building climate resilient health systems. Organización Mundial de la Salud, Geneva.
- Orru, H., Åström, C., Andersson, C., Tamm, T., Ebi, K.L., Forsberg, B., 2019. Ozone and heat-related mortality in Europe in 2050 significantly affected by changes in climate, population and greenhouse gas emission. *Environ. Res. Lett.* 14, 074013. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab1cd9>
- Park, C.-E., Jeong, S., Harrington, L.J., Lee, M.-I., Zheng, C., 2020. Population ageing determines changes in heat vulnerability to future warming. *Environ. Res. Lett.* 15, 114043. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abbd60>
- Planas-Carbonell, A., Anguelovski, I., Oscilowicz, E., Pérez-del-Pulgar, C., Shokry, G., 2023. From greening the climate-adaptive city to green climate gentrification? Civic perceptions of short-lived benefits and exclusionary protection in Boston, Philadelphia, Amsterdam and Barcelona. *Urban Climate* 48, 101295. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101295>
- Portillo, A., Ruiz-Arrondo, I., Oteo, J.A., 2018. Arthropods as vectors of transmissible diseases in Spain. *Medicina Clínica (English Edition)* 151, 450–459. <https://doi.org/10.1016/j.medcle.2018.10.008>
- Proust, K., Newell, B., Brown, H., Capon, A., Browne, C., Burton, A., Dixon, J., Mu, L., Zarafu, M., 2012. Human Health and Climate Change: Leverage Points for Adaptation in Urban Environments. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 9, 2134–2158. <https://doi.org/10.3390/ijerph9062134>



- Rodríguez-Álvarez, A., 2021. Air pollution and life expectancy in Europe: Does investment in renewable energy matter? *Science of The Total Environment* 792, 148480. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148480>
- 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>
- Romanello, M., Napoli, C. di, Green, C., Kennard, H., Lampard, P., Scamman, D., Walawender, M., Ali, Z., Ameli, N., Ayeb-Karlsson, S., Beggs, P.J., Belesova, K., Ford, L.B., Bowen, K., Cai, W., Callaghan, M., Campbell-Lendrum, D., Chambers, J., Cross, T.J., Daalen, K.R. van, Dalin, C., Dasandi, N., Dasgupta, S., Davies, M., Dominguez-Salas, P., Dubrow, R., Ebi, K.L., Eckelman, M., Ekins, P., Freyberg, C., Gasparyan, O., Gordon-Strachan, G., Graham, H., Gunther, S.H., Hamilton, I., Hang, Y., Hänninen, R., Hartinger, S., He, K., Heidecke, J., Hess, J.J., Hsu, S.-C., Jamart, L., Jankin, S., Jay, O., Kelman, I., Kiesewetter, G., Kinney, P., Kniveton, D., Kouznetsov, R., Larosa, F., Lee, J.K.W., Lemke, B., Liu, Y., Liu, Z., Lott, M., Batista, M.L., Lowe, R., Sewe, M.O., Martinez-Urtaza, J., Maslin, M., McAllister, L., McMichael, C., Mi, Z., Milner, J., Minor, K., Minx, J.C., Mohajeri, N., Momen, N.C., Moradi-Lakeh, M., Morrissey, K., Munzert, S., Murray, K.A., Neville, T., Nilsson, M., Obradovich, N., O'Hare, M.B., Oliveira, C., Oreszczyn, T., Otto, M., Owfi, F., Pearman, O., Pega, F., Pershing, A., Rabbaniha, M., Rickman, J., Robinson, E.J.Z., Rocklöv, J., Salas, R.N., Semenza, J.C., Sherman, J.D., Shumake-Guillemot, J., Silbert, G., Sofiev, M., Springmann, M., Stowell, J.D., Tabatabaei, M., Taylor, J., Thompson, R., Tonne, C., Treskova, M., Trinanes, J.A., Wagner, F., Warnecke, L., Whitcombe, H., Winning, M., Wyns, A., Yglesias-González, M., Zhang, S., Zhang, Y., Zhu, Q., Gong, P., Montgomery, H., Costello, A., 2023. The 2023 report of the Lancet Countdown on health and climate change: the imperative for a health-centred response in a world facing irreversible harms. *The Lancet* 402, 2346–2394. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(23\)01859-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(23)01859-7)
- Rufat, S., Botzen, W.J.W., 2022. Drivers and dimensions of flood risk perceptions: Revealing an implicit selection bias and lessons for communication policies. *Global Environmental Change* 73, 102465. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2022.102465>
- Ruiz-Páez, R., Díaz, J., López-Bueno, J.A., Navas, M.A., Mirón, I.J., Martínez, G.S., Luna, M.Y., Linares, C., 2023. Does the meteorological origin of heat waves influence their impact on health? A 6-year morbidity and mortality study in Madrid (Spain). *Science of The Total Environment* 855, 158900. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158900>
- Ruiz-Páez, R., López-Bueno, J.A., Padrón-Monedero, A., Navas, M.A., Salvador, P., Linares, C., Díaz, J., 2024. Short-term effects of fine particulate matter from biomass combustion and Saharan dust intrusions on emergency hospital admissions due to mental and behavioural disorders, anxiety and depression in Spain. *Science of The Total Environment* 946, 174316. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174316>
- Salmond, J.A., Tadaki, M., Vardoulakis, S., Arbuthnott, K., Coutts, A., Demuzere, M., Dirks, K.N., Heaviside, C., Lim, S., Macintyre, H., McInnes, R.N., Wheeler, B.W., 2016. Health and climate related ecosystem services provided by street trees in the urban environment. *Environmental Health* 15, 95–111. <https://doi.org/10.1186/s12940-016-0103-6>
- Salvador, C., Gullón, P., Franco, M., Vicedo-Cabrera, A.M., 2023. Heat-related first cardiovascular event incidence in the city of Madrid (Spain): Vulnerability assessment by demographic, socioeconomic, and health indicators. *Environmental Research* 226, 115698. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115698>
- Sandifer, P.A., Walker, A.H., 2018. Enhancing Disaster Resilience by Reducing Stress-Associated Health Impacts. *Front. Public Health* 6. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2018.00373>





- Santamouris, M., Kolokotsa, D., 2015. On the impact of urban overheating and extreme climatic conditions on housing, energy, comfort and environmental quality of vulnerable population in Europe. *Energy and Buildings, Renewable Energy Sources and Healthy Buildings* 98, 125–133. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.08.050>
- Santurtún, A., Moraes, S.L., Fdez-Arroyabe, P., Obregón, M., Almendra, R., 2023. Descriptive analysis of occupational accidents in Spain and their relationship with heatwaves. *Preventive Medicine* 175, 107697. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2023.107697>
- Ščasný, M., Massetti, E., Melichar, J., Carrara, S., 2015. Quantifying the Ancillary Benefits of the Representative Concentration Pathways on Air Quality in Europe. *Environ Resource Econ* 62, 383–415. <https://doi.org/10.1007/s10640-015-9969-y>
- Schinasi, L.H., Bloch, J.R., Melly, S., Zhao, Y., Moore, K., De Roos, A.J., 2020. High Ambient Temperature and Infant Mortality in Philadelphia, Pennsylvania: A Case–Crossover Study. *Am J Public Health* 110, 189–195. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2019.305442>
- Schipper, E.L.F., 2022. Catching maladaptation before it happens. *Nat. Clim. Chang.* 12, 617–618. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01409-2>
- Schmitt, L.H.M., Graham, H.M., White, P.C.L., 2016. Economic Evaluations of the Health Impacts of Weather-Related Extreme Events: A Scoping Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 13, 1105. <https://doi.org/10.3390/ijerph13111105>
- Schulte, F., Rössli, M., Ragetti, M.S., 2021. Heat-related cardiovascular morbidity and mortality in Switzerland: a clinical perspective. *Swiss Med Wkly* 151, w30013. <https://doi.org/10.4414/SMW.2021.w30013>
- Sellers, S., Ebi, K.L., 2018. Climate Change and Health under the Shared Socioeconomic Pathway Framework. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 15, 3. <https://doi.org/10.3390/ijerph15010003>
- Semenza, J.C., Menne, B., 2009. Climate change and infectious diseases in Europe. *The Lancet Infectious Diseases* 9, 365–375. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(09\)70104-5](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(09)70104-5)
- Sera, F., Hashizume, M., Honda, Y., Lavigne, E., Schwartz, J., Zanobetti, A., Tobias, A., Iñiguez, C., Vicedo-Cabrera, A.M., Blangiardo, M., Armstrong, B., Gasparrini, A., 2020. Air Conditioning and Heat-related Mortality: A Multi-country Longitudinal Study. *Epidemiology* 31, 779–787. <https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000001241>
- Seto, K.C., Davis, S.J., Mitchell, R.B., Stokes, E.C., Unruh, G., Ürge-Vorsatz, D., 2016. Carbon Lock-In: Types, Causes, and Policy Implications. *Annual Review of Environment and Resources* 41, 425–452. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-110615-085934>
- Sheehan, M.C., 2022. 2021 Climate and Health Review – Uncharted Territory: Extreme Weather Events and Morbidity. *Int J Health Serv* 52, 189–200. <https://doi.org/10.1177/00207314221082452>
- Sheehan, M.C., Khudairi, F., Swaich, G.S., Hines, W., Mehta, S., Fox, M.A., 2022. Urban climate-health governance: Charting the role of public health in large global city adaptation plans. *PLOS Climate* 1, e0000012. <https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000012>
- Silver, B., Arnold, S.R., Reddington, C.L., Emmons, L.K., Conibear, L., 2024. Large transboundary health impact of Arctic wildfire smoke. *Commun Earth Environ* 5, 199. <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01361-3>



- Singh, N., Singh, S., Mall, R.K., 2020. Urban ecology and human health: implications of urban heat island, air pollution and climate change nexus, in: Verma, P., Singh, P., Singh, R., Raghubanshi, A.S. (Eds.), *Urban Ecology*. Elsevier, pp. 317–334. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820730-7.00017-3>
- Smith, E.F., Keys, N., Lieske, S.N., Smith, T.F., 2015. Assessing Socio-Economic Vulnerability to Climate Change Impacts and Environmental Hazards in New South Wales and Queensland, Australia. *Geographical Research* 53, 451–465. <https://doi.org/10.1111/1745-5871.12137>
- Soares, J., Plass, D., Kienzler, S., González Ortiz, A., Gsell, A., Horálek, J., 2023. Health Risk Assessment of Air Pollution: assessing the environmental burden of disease in Europe in 2021 (Eionet Report No. ETC HE 2023/7). European Topic Centre on Human Health and the Environment.
- Srinivasan, S., O’Fallon, L.R., Dearry, A., 2003. Creating Healthy Communities, Healthy Homes, Healthy People: Initiating a Research Agenda on the Built Environment and Public Health. *Am J Public Health* 93, 1446–1450. <https://doi.org/10.2105/AJPH.93.9.1446>
- Szewczyk, W., Ciscar, J.C., Mongelli, I., Soria, A., 2018. Economic integration and spillover analysis (JRC PESETA III project). Publications Office of the European Union.
- Szewczyk, W., Mongelli, I., Ciscar, J.-C., 2021. Heat stress, labour productivity and adaptation in Europe—a regional and occupational analysis. *Environ. Res. Lett.* 16, 105002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac24cf>
- Tarín-Carrasco, P., Im, U., Geels, C., Palacios-Peña, L., Jiménez-Guerrero, P., 2021. Contribution of fine particulate matter to present and future premature mortality over Europe: A non-linear response. *Environment International* 153, 106517. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106517>
- Tejedor, E., Benito, G., Serrano-Notivol, R., González-Rouco, F., Esper, J., Büntgen, U., 2024. Recent heatwaves as a prelude to climate extremes in the western Mediterranean region. *npj Clim Atmos Sci* 7, 218. <https://doi.org/10.1038/s41612-024-00771-6>
- Thomas, K., Hardy, R.D., Lazrus, H., Mendez, M., Orlove, B., Rivera-Collazo, I., Roberts, J.T., Rockman, M., Warner, B.P., Winthrop, R., 2019. Explaining differential vulnerability to climate change: A social science review. *WIREs Climate Change* 10, e565. <https://doi.org/10.1002/wcc.565>
- Thompson, R., Hornigold, R., Page, L., Waite, T., 2018. Associations between high ambient temperatures and heat waves with mental health outcomes: a systematic review. *Public Health, Special issue on Health and high temperatures* 161, 171–191. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2018.06.008>
- Tirado, M.C., Clarke, R., Jaykus, L.A., McQuatters-Gollop, A., Frank, J.M., 2010. Climate change and food safety: A review. *Food Research International, Climate Change and Food Science* 43, 1745–1765. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.07.003>
- Toloo, G., FitzGerald, G., Aitken, P., Verrall, K., Tong, S., 2013. Evaluating the effectiveness of heat warning systems: systematic review of epidemiological evidence. *Int J Public Health* 58, 667–681. <https://doi.org/10.1007/s00038-013-0465-2>
- Torrego-Gómez, D., Gayoso-Heredia, M., Núñez-Peiró, M., Sánchez-Guevara, C., 2024. Mapping summer energy poverty: The lived experience of older adults in Madrid, Spain. *Energy Research & Social Science* 110, 103449. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2024.103449>
- Tuholske, C., Caylor, K., Funk, C., Verdin, A., Sweeney, S., Grace, K., Peterson, P., Evans, T., 2021. Global urban population exposure to extreme heat. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 118, e2024792118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2024792118>





- Tuomimaa, J., Käyhkö, J., Juhola, S., Räsänen, A., 2023. Developing adaptation outcome indicators to urban heat risks. *Climate Risk Management* 41, 100533. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2023.100533>
- Turner, L.R., Barnett, A.G., Connell, D., Tong, S., 2012. Ambient temperature and cardiorespiratory morbidity: a systematic review and meta-analysis. *Epidemiology* 23, 594–606. <https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e3182572795>
- Van Daalen, K.R., Romanello, M., Rocklöv, J., Semenza, J.C., Tonne, C., Markandya, A., Dasandi, N., Jankin, S., Achebak, H., Ballester, J., Bechara, H., Callaghan, M.W., Chambers, J., Dasgupta, S., Drummond, P., Farooq, Z., Gasparyan, O., Gonzalez-Reviriego, N., Hamilton, I., Hänninen, R., Kazmierczak, A., Kendrovski, V., Kennard, H., Kiesewetter, G., Lloyd, S.J., Lotto Batista, M., Martinez-Urtaza, J., Milà, C., Minx, J.C., Nieuwenhuijsen, M., Palamarchuk, J., Quijal-Zamorano, M., Robinson, E.J.Z., Scamman, D., Schmoll, O., Sewe, M.O., Sjödin, H., Sofiev, M., Solaraju-Murali, B., Springmann, M., Triñanes, J., Antó, J.M., Nilsson, M., Lowe, R., 2022. The 2022 Europe report of the Lancet Countdown on health and climate change: towards a climate resilient future. *The Lancet Public Health* 7, e942–e965. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(22\)00197-9](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(22)00197-9)
- van Daalen, K.R., Tonne, C., Semenza, J.C., Rocklöv, J., Markandya, A., Dasandi, N., Jankin, S., Achebak, H., Ballester, J., Bechara, H., Beck, T.M., Callaghan, M.W., Carvalho, B.M., Chambers, J., Pradas, M.C., Courtenay, O., Dasgupta, S., Eckelman, M.J., Farooq, Z., Fransson, P., Gallo, E., Gasparyan, O., Gonzalez-Reviriego, N., Hamilton, I., Hänninen, R., Hatfield, C., He, K., Kazmierczak, A., Kendrovski, V., Kennard, H., Kiesewetter, G., Kouznetsov, R., Kriit, H.K., Llabrés-Brustenga, A., Lloyd, S.J., Batista, M.L., Maia, C., Martinez-Urtaza, J., Mi, Z., Milà, C., Minx, J.C., Nieuwenhuijsen, M., Palamarchuk, J., Pantera, D.K., Quijal-Zamorano, M., Rafaj, P., Robinson, E.J.Z., Sánchez-Valdivia, N., Scamman, D., Schmoll, O., Sewe, M.O., Sherman, J.D., Singh, P., Sirotkina, E., Sjödin, H., Sofiev, M., Solaraju-Murali, B., Springmann, M., Treskova, M., Triñanes, J., Vanuytrecht, E., Wagner, F., Walawender, M., Warnecke, L., Zhang, R., Romanello, M., Antó, J.M., Nilsson, M., Lowe, R., 2024. The 2024 Europe report of the Lancet Countdown on health and climate change: unprecedented warming demands unprecedented action. *The Lancet Public Health* 9, e495–e522. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(24\)00055-0](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(24)00055-0)
- Van Tol, Z., Vanos, J.K., Middel, A., Ferguson, K.M., 2024. Concurrent Heat and Air Pollution Exposures among People Experiencing Homelessness. *Environmental Health Perspectives* 132, 015003. <https://doi.org/10.1289/EHP13402>
- Vandekerckhove, O., De Buck, E., Van Wijngaerden, E., 2021. Lyme disease in Western Europe: an emerging problem? A systematic review. *Acta Clinica Belgica* 76, 244–252. <https://doi.org/10.1080/17843286.2019.1694293>
- Vandyck, T., Ebi, K.L., Green, D., Cai, W., Vardoulakis, S., 2022. Climate change, air pollution and human health. *Environ. Res. Lett.* 17, 100402. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac948e>
- Vedrenne, M., Borge, R., Lumbreras, J., Conlan, B., Rodríguez, M.E., de Andrés, J.M., de la Paz, D., Pérez, J., Narros, A., 2015. An integrated assessment of two decades of air pollution policy making in Spain: Impacts, costs and improvements. *Science of The Total Environment* 527–528, 351–361. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.05.014>



- Vicedo-Cabrera, A.M., Scovronick, N., Sera, F., Royé, D., Schneider, R., Tobias, A., Astrom, C., Guo, Y., Honda, Y., Hondula, D.M., Abrutzky, R., Tong, S., Coelho, M. de S.Z.S., Saldiva, P.H.N., Lavigne, E., Correa, P.M., Ortega, N.V., Kan, H., Osorio, S., Kyselý, J., Urban, A., Orru, H., Indermitte, E., Jaakkola, J.J.K., Rytí, N., Pascal, M., Schneider, A., Katsouyanni, K., Samoli, E., Mayvaneh, F., Entezari, A., Goodman, P., Zeka, A., Michelozzi, P., de'Donato, F., Hashizume, M., Alahmad, B., Díaz, M.H., Valencia, C.D.L.C., Overcenco, A., Houthuijs, D., Ameling, C., Rao, S., Di Ruscio, F., Carrasco-Escobar, G., Seposo, X., Silva, S., Madureira, J., Holobaca, I.H., Fratianni, S., Acquaotta, F., Kim, H., Lee, W., Iniguez, C., Forsberg, B., Ragettli, M.S., Guo, Y.L.L., Chen, B.Y., Li, S., Armstrong, B., Aleman, A., Zanobetti, A., Schwartz, J., Dang, T.N., Dung, D.V., Gillett, N., Haines, A., Mengel, M., Huber, V., Gasparrini, A., 2021. The burden of heat-related mortality attributable to recent human-induced climate change. *Nat. Clim. Chang.* 11, 492–500. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01058-x>
- Viegas, S., Almeida Santos, J., Kazmierczak, A., Assunção, R., Viegas, C., Martins, C., 2023. Training on the Impact of Climate Change on Public Health: Reflections and Lessons Learnt. *Portuguese Journal of Public Health* 41, 230–234. <https://doi.org/10.1159/000533973>
- Vielma, C., Achebak, H., Quijal-Zamorano, M., Lloyd, S.J., Chevance, G., Ballester, J., 2024. Association between temperature and occupational injuries in Spain: The role of contextual factors in workers' adaptation. *Environment International* 192, 109006. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.109006>
- Weilhammer, V., Schmid, J., Mittermeier, I., Schreiber, F., Jiang, L., Pastuhovic, V., Herr, C., Heinze, S., 2021. Extreme weather events in Europe and their health consequences – A systematic review. *Int J Hyg Environ Health* 233, 113688. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2021.113688>
- Weitzman, M.L., 2011. Fat-Tailed Uncertainty in the Economics of Catastrophic Climate Change. *Rev Environ Econ Policy* 5, 275–292. <https://doi.org/10.1093/reep/rer006>
- Workman, A., Blashki, G., Bowen, K.J., Karoly, D.J., Wiseman, J., 2019. Health co-benefits and the development of climate change mitigation policies in the European Union. *Climate Policy* 19, 585–597. <https://doi.org/10.1080/14693062.2018.1544541>
- Yu, W., Vaneckova, P., Mengersen, K., Pan, X., Tong, S., 2010. Is the association between temperature and mortality modified by age, gender and socio-economic status? *Science of The Total Environment* 408, 3513–3518. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.04.058>
- Zavala, M.D., Cejas, C., Rubinstein, A., Lopez, A., 2024. Gender Inequities in the Impact of Climate Change on Health: A Scoping Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 21, 1093. <https://doi.org/10.3390/ijerph21081093>