

Influencia de los factores sociales en la adaptación al calor en España 1983-2018: un marco conceptual

Dr. Miguel Ángel Navas Martín



Antecedentes





Defensa de las dos primeras tesis del Programa de Doctorado en Ciencias Biomédicas y Salud Pública IMIENS UNED ISCIII
Ambas tesis han merecido la calificación de SOBRESALIENTE CUM LAUDE

Defensa de las dos primeras tesis del Programa de Doctorado en Ciencias Biomédicas y Salud Pública IMIENS UNED ISCIII

Ambas tesis han merecido la calificación de SOBRESALIENTE CUM LAUDE

Miguel Ángel Navas Martín y Rodrigo Alejandro Ardiles Irarrázabal iniciaron el Programa de Doctorado en el curso 2020-2021

El pasado día 12 de junio de 2024 se defendieron con éxito las dos primeras tesis del **Programa de Doctorado en Ciencias Biomédicas y Salud Pública IMIENS UNED ISCIII**, programa que comenzó su andadura en el curso 2020-2021.

La tesis doctoral *Influencia de los factores sociales en la adaptación poblacional al calor en España 1983-2018: un marco conceptual* fue defendida presencialmente por el doctorando Miguel Ángel Martín Navas en el Aula Magna del Campus de Chamartín, del Instituto de Salud Carlos III, a las 13 horas. Los directores de tesis fueron los doctores Julio Díaz, Cristina Linares y Gerardo Sánchez.



TESIS DOCTORAL

2024

Influencia de los factores sociales en la adaptación poblacional al calor en España 1983-2018: Un marco conceptual

MIGUEL ÁNGEL NAVAS MARTÍN

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS BIOMÉDICAS Y SALUD PÚBLICA

Dr. Julio Díaz
Prof. Investigación. Codirector de la Unidad de Referencia en Cambio Climático, Salud y Medio Ambiente Urbano. Instituto de Salud Carlos III. Madrid (España).

Dra. Cristina Linares
Científica Titular. Codirectora de la Unidad de Referencia en Cambio Climático, Salud y Medio Ambiente Urbano. Instituto de Salud Carlos III. Madrid (España).

Dr. Gerardo Sánchez Martínez
Experto en Medio Ambiente y Salud. Agencia Europea de Medio Ambiente. Copenhagen (Dinamarca).

[← Volver atrás](#)

El investigador del ISCIII Miguel Ángel Navas, reconocido por la UNED con un Premio Extraordinario de Doctorado

21/05/2025



Miguel Ángel Navas (segundo por la derecha), junto a Cristina Linares y Julio Díaz (en los extremos) y José Antonio López Bueno. Los cuatro pertenecen a la rUnidad de Cambio Climático, Salud y Medio Ambiente Urbano de la ENS-ISCIII, que codirigen los doctores Linares y Díaz.

El Vicerrectorado de Investigación, Transferencia y Divulgación Científica de la [Universidad Nacional de Educación a Distancia \(UNED\)](#) ha concedido al doctor **Miguel Ángel Navas Martín**, investigador en el Instituto de Salud Carlos III (ISCIII), el Premio Extraordinario de Doctorado en el [Programa de Ciencias Biomédicas y Salud Pública UNED-IMIENS-ISCIII](#), correspondiente al curso académico 2023/2024.

Otras noticias



El ISCIII acoge un encuentro internacional sobre terapias...



El ISCIII y Gilead colaboran un año más en las XII Becas a la...



Una copia virtual para cada mujer con cáncer: así avanza la...



El ISCIII refuerza sus alianzas internacionales con un acuerdo...

**El cambio
climático
no espera:
la emergencia
climática
requiere acciones
inmediatas**



SEVILLA

Sevilla alcanzó este lunes los 38,2°C, récord de temperatura máxima peninsular para un mes de octubre



Europa Press Andalucía

SEVILLA/MADRID, 3 Oct. (EUROPA PRESS) -

Sevilla alcanzó este lunes 2 de octubre los 38,2C, lo que supone un récord de temperatura máxima peninsular para un mes de octubre, según la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

Fuente: (Europa Press, 2023)

SOCIEDAD

España encadena 90 récords de calor en un mes de enero y se prevé para hoy el día más calido con 27° de máxima en Murcia



Europa Press Sociedad

MADRID, 25 Ene. (EUROPA PRESS) -

España ha encadenado 90 récords de calor desde el inicio de este mes de enero y se prevé que este jueves sea el más calido de la semana con temperaturas de 20°C en amplias zonas del país, por encima de los 25°C en el sur y sureste y una máxima prevista de hasta 27°C en Murcia.

Fuente: (Europa Press, 2024)

europress / cienciaplus / cambio climático

2025 arranca con el enero más cálido desde que hay registros



Europa Press Ciencia

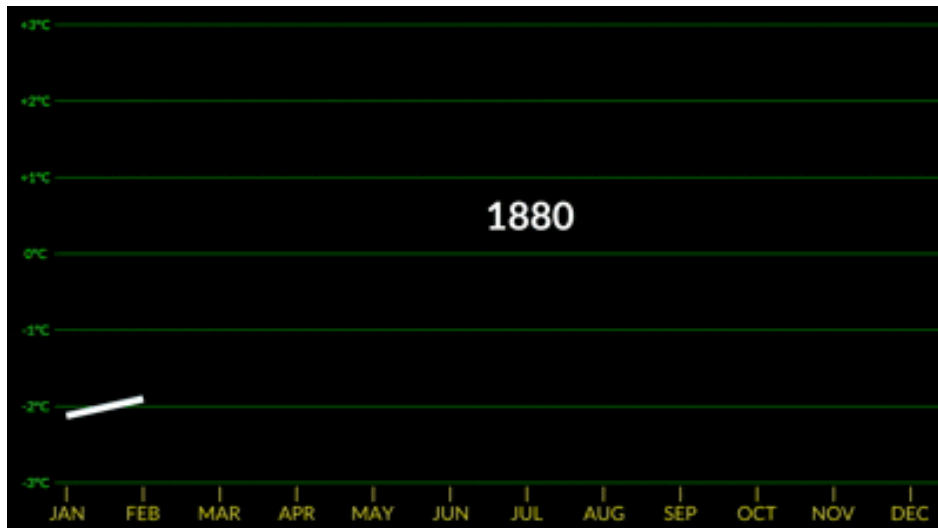
MADRID, 6 Feb. (EUROPA PRESS) -

Enero de 2025 registró las temperaturas más cálidas para ese mes a nivel mundial, con una temperatura media del aire en superficie según de 13,23 °C, 0,79 °C por encima de la media de enero de 1991-2020.

Fuente: (Europa Press, 2025)

En el año 2024, la temperatura promedio de la superficie de la Tierra fue la más cálida que se haya registrado.

El ciclo estacional de variación de la temperatura en la superficie de la Tierra (Periodo de referencia 1951 y 1980)

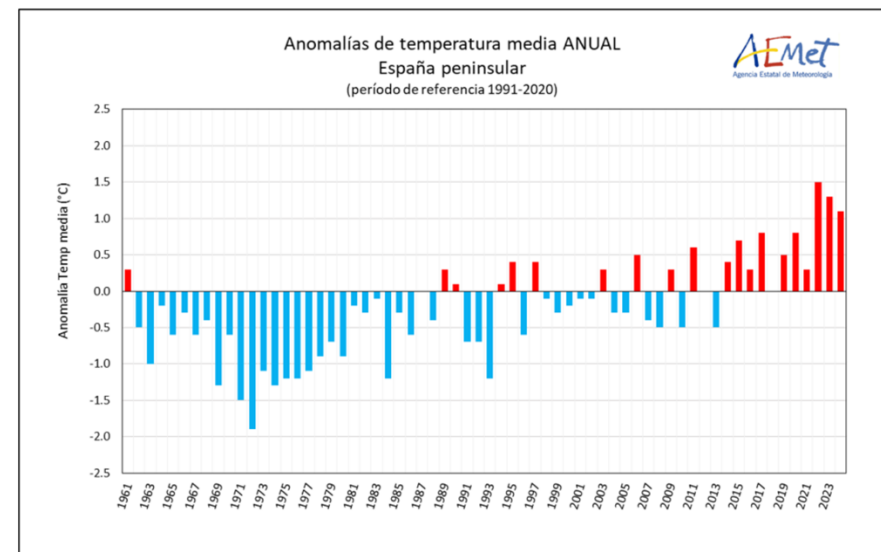


Fuente: (NASA, 2024)

El año 2024 ha sido el tercer año más cálido en España desde que hay registros.

Los 10 años con mayores temperaturas han tenido lugar durante el siglo XXI.

Serie de anomalías de la temperatura media anual en la España peninsular desde 1961 (Periodo de referencia 1991-2020)



Fuente: (AEMET, 2024)



3/2023

Informe de Síntesis del Sexto Informe de Evaluación



Algunos efectos del calentamiento global:



El cambio climático tiene un **impacto en múltiples aspectos de la vida**

Disponibilidad de agua y producción de alimentos



Salud y bienestar



Ciudades, asentamientos e infraestructura



Biodiversidad y ecosistemas



Leyenda

Aumento observado de los impactos climáticos sobre los sistemas humanos y los ecosistemas evaluados a **escala mundial**

- Impactos adversos
- Impactos positivos y negativos
- Cambios climáticos observados sin evaluación global de la dirección del impacto

Confianza en la atribución al cambio climático

- *Confianza alta o muy alta*
- *Confianza media*
- *Poca confianza*

**El cambio
climático es
un problema
de salud
humana**



En 2021, editores de 200 revistas de salud advierten que el cambio climático está creando crisis de salud global



Fuente: (Atwoli et al., 2021)

THE LANCET Log in 🔍 ☰

Access provided by A&G_MAEU Biblioteca Nacional de Ciencias de la Salud Carlos III

COMMENT | VOLUME 398, ISSUE 10304, P939-941, SEPTEMBER 11, 2021

Call for emergency action to limit global temperature increases, restore biodiversity, and protect health

Lukoye Atwoli • Abdullah H Baqui • Thomas Benfield • Raffaella Bosurgi • Fiona Godlee • Stephen Hancocks • et al.

[Show all authors](#)

Published: September 04, 2021 • DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)01915-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01915-2) Check for updates

[PlumX Metrics](#)

The UN General Assembly in September, 2021, will bring countries together at a critical time for marshalling collective action to tackle the global environmental crisis. They will meet again at the biodiversity summit in Kunming, China, and the UN Climate Change Conference of the Parties (COP26) in Glasgow, UK. Ahead of these pivotal meetings, we—the editors of health journals worldwide—call for urgent action to keep average global temperature increases below 1.5°C, halt the destruction of nature, and protect health.

Health is already being harmed by global temperature increases and the destruction of the natural world, a state of affairs health professionals have been bringing attention to for decades.¹ The science is unequivocal; a global increase of 1.5°C above the pre-industrial average and the continued loss of biodiversity risk catastrophic harm to health that will be impossible to reverse.^{2, 3} Despite the world's necessary preoccupation with COVID-19, we

[» Ver PDF](#)

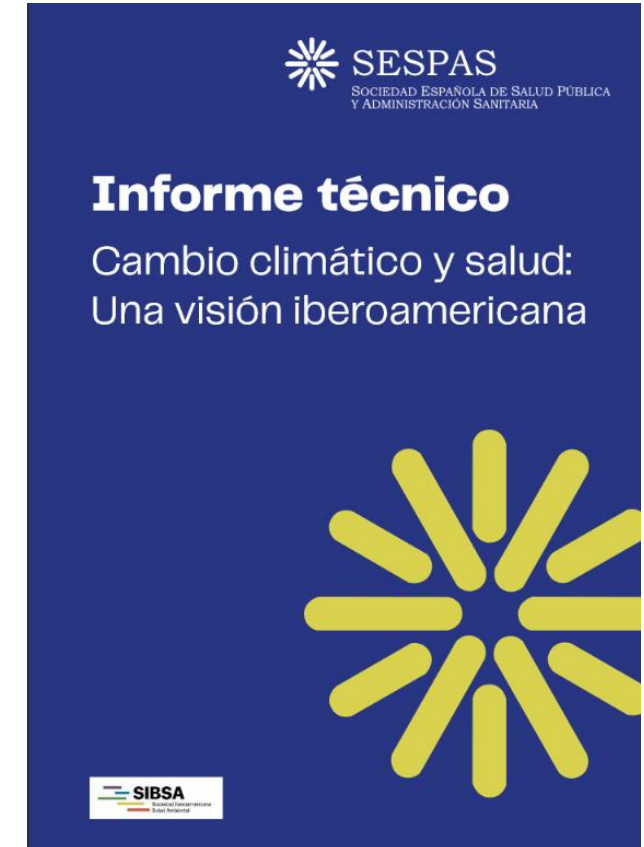
Llamamiento a la acción urgente para limitar el aumento de la temperatura global, restaurar la biodiversidad y proteger la salud.

Informe técnico:

24/1/2023

Cambio climático y salud: una visión iberoamericana

- **El cambio climático es un problema de salud pública** cada vez más visible, **no porque se generen nuevas enfermedades**, sino porque **se agravan y expanden geográficamente las ya existentes**.
- La Organización Mundial de la Salud (**OMS**) **estima que, entre 2030 y 2050, el cambio climático causará 250.000 muertes adicionales por año** debido a la desnutrición, la malaria y la diarrea, fenómenos meteorológicos extremos, aumento de zoonosis y otros problemas, incluidos los de salud mental.







**La consecuencia
más grave del
impacto del
calor en la salud
es el aumento
de la mortalidad**



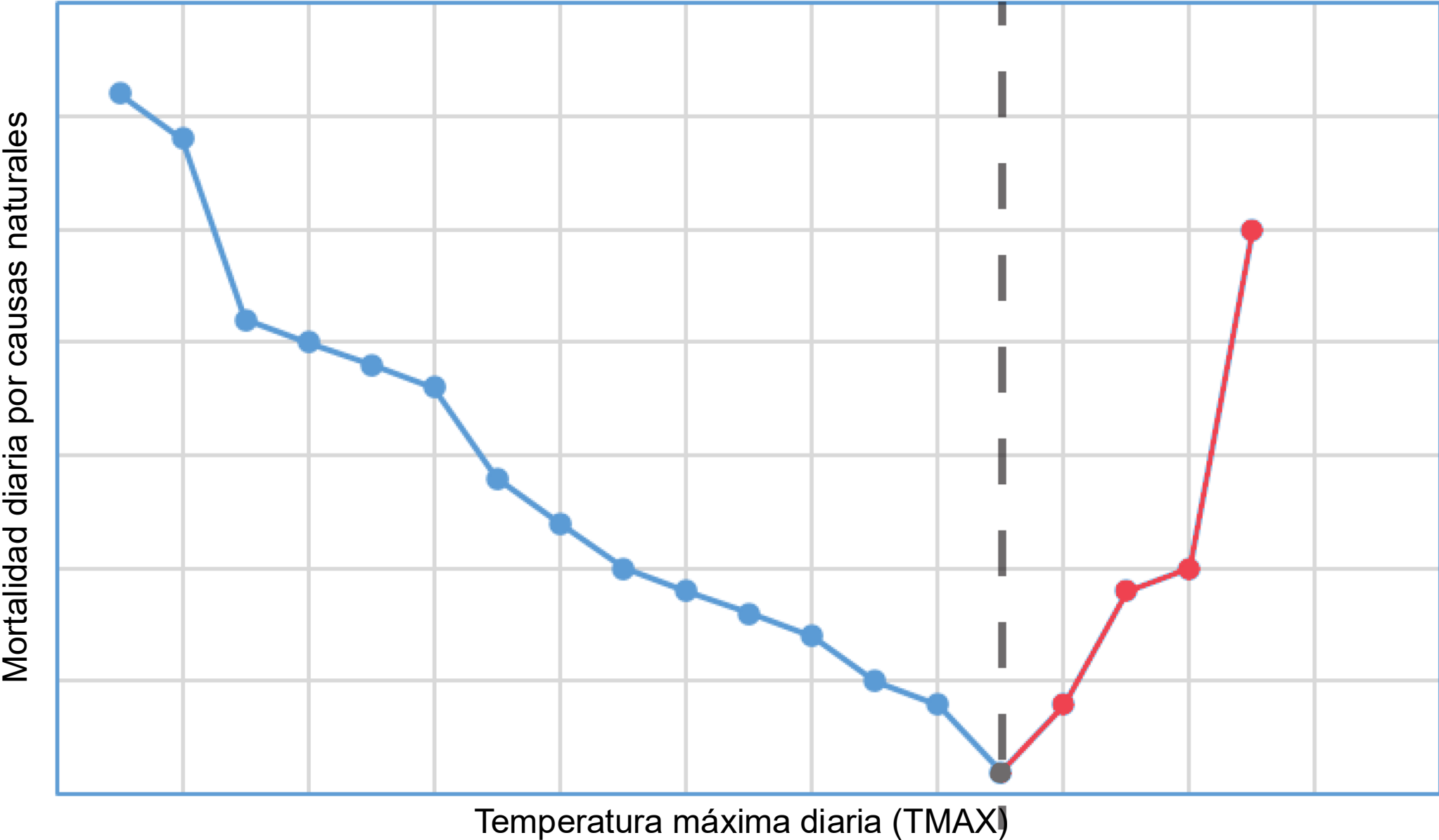
La peor consecuencia en el impacto al calor en la salud es incremento de la mortalidad.

Uno de los indicadores para medir la vulnerabilidad al calor de una población es la Temperatura Mínima Mortalidad (TMM).

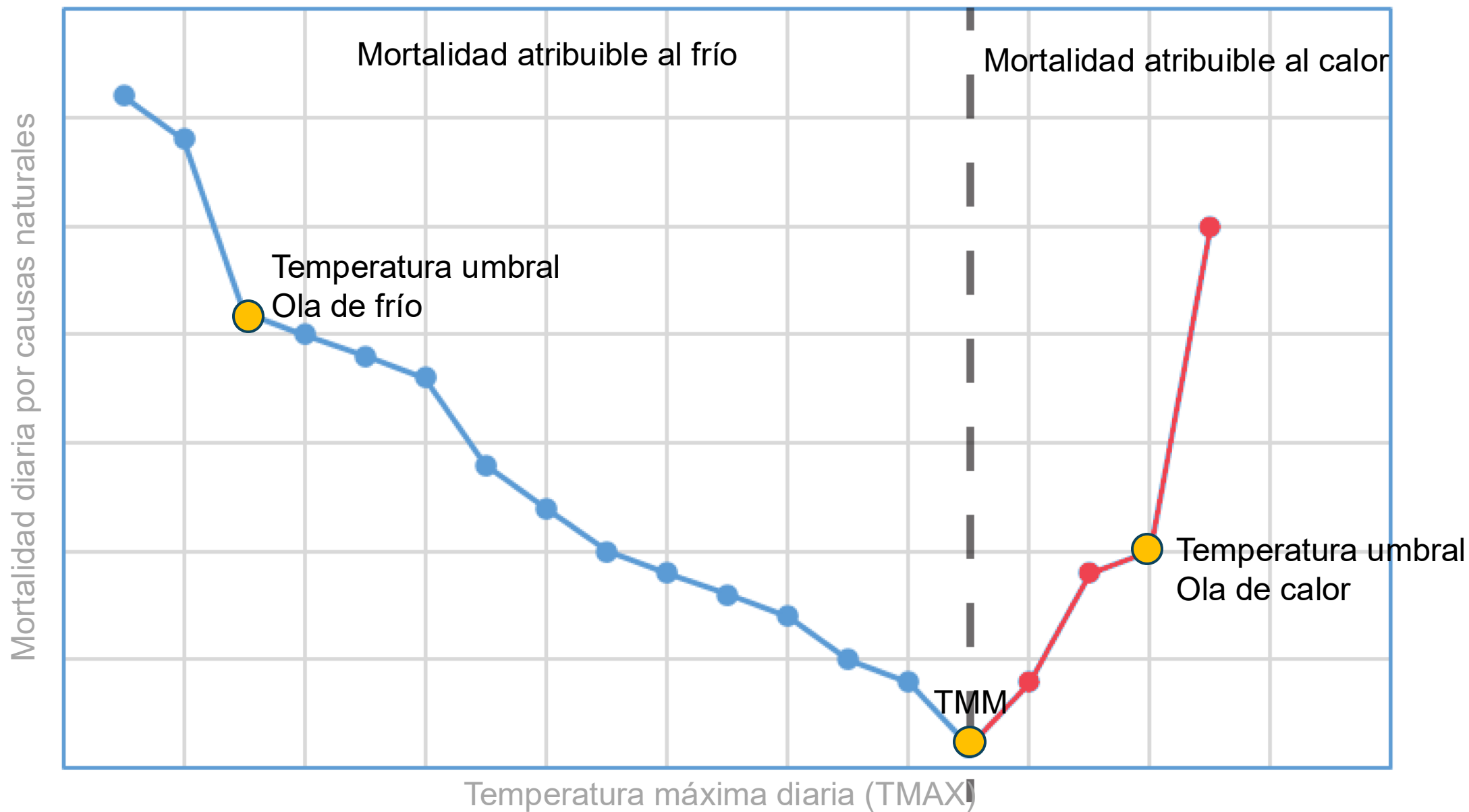
La TMM es el valor de temperatura al cual la tasa de mortalidad es más baja.



Relación mortalidad con temperatura



Relación temperatura - mortalidad



**¿Cómo se puede
combatir el
cambio
climático?**



Estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático



Mitigación y adaptación al cambio climático

Mitigación

Acciones para reducir y limitar las emisiones de gases de efecto invernadero

-  Eficiencia energética
-  Mayor uso de energías renovables
-  Electrificación de procesos industriales
-  Transportes eficientes (transporte público eléctrico, bicicleta, etc.)
-  Impuesto sobre el carbono y mercados de emisiones



Adaptación

Para reducir la vulnerabilidad ante el cambio climático

-  Ubicación de instalaciones y obras de infraestructura más segura
-  Restauración paisajística (Paisaje natural) y reforestación (bosques)
-  Cultivo flexible y variado para estar preparado ante catástrofe natural
-  Investigación y desarrollo sobre posibles catástrofes, comportamiento de la temperatura, etc.
-  Medidas de prevención y precaución (planes de evacuación, temas sanitarios, etc.)



Gestión de riesgos

La **mitigación** se ocupa de las causas del cambio climático y la **adaptación** aborda sus impactos

¿Cómo sabemos si una determinada población se está adaptando al calor?

Una de las formas para conocer si una determinada población se está adaptando o no al calor es **a través de la evolución a lo largo del tiempo entre la Temperatura Mínima Mortalidad (TMM) y la evolución de la temperatura máxima diaria (TMAX).**

Esto permite establecer el **nivel de adaptación.**

Evolución
temporal de la
TMM y TMAX



¿En qué consiste la adaptación al calor de la población?

Si el **ritmo de evolución de las TMM** a lo largo del tiempo es **mayor que el ritmo de evolución de las TMAX**, se podrá decir que **se ha adaptado** esa población. En cambio, si el nivel de variación es **menor podemos decir** que esa población **no se habrá adaptado**.

Ritmo
TMM



Ritmo TMAX



¿Afecta el impacto del cambio climático de la misma manera a todas las poblaciones?



¿Afecta el impacto del cambio climático de la misma manera a todas las poblaciones?

NO



Las diferencias en la **exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación.**

¿Afecta el impacto del cambio climático de la misma manera a todas las poblaciones?

NO



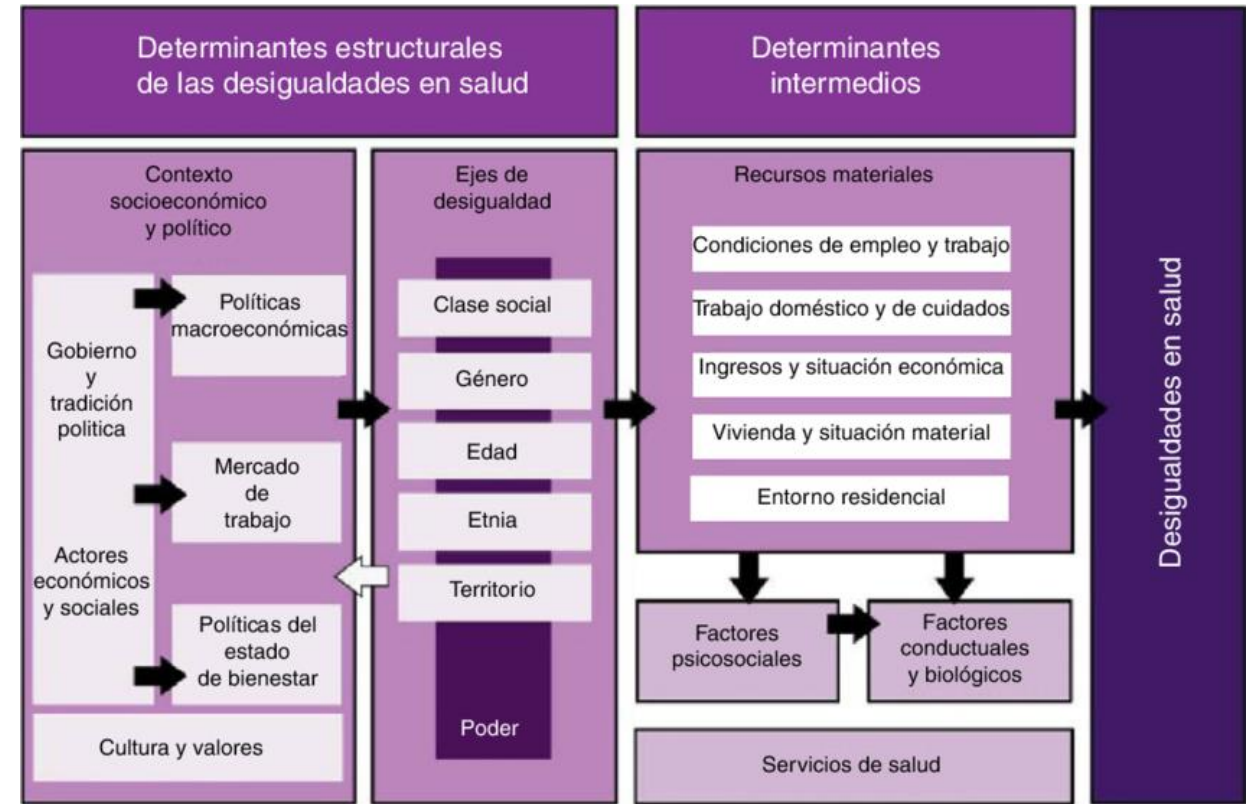
Las diferencias en la **exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación.**



Surgen **desigualdades climáticas en la salud**, que están influenciadas por los **determinantes sociales en salud.**



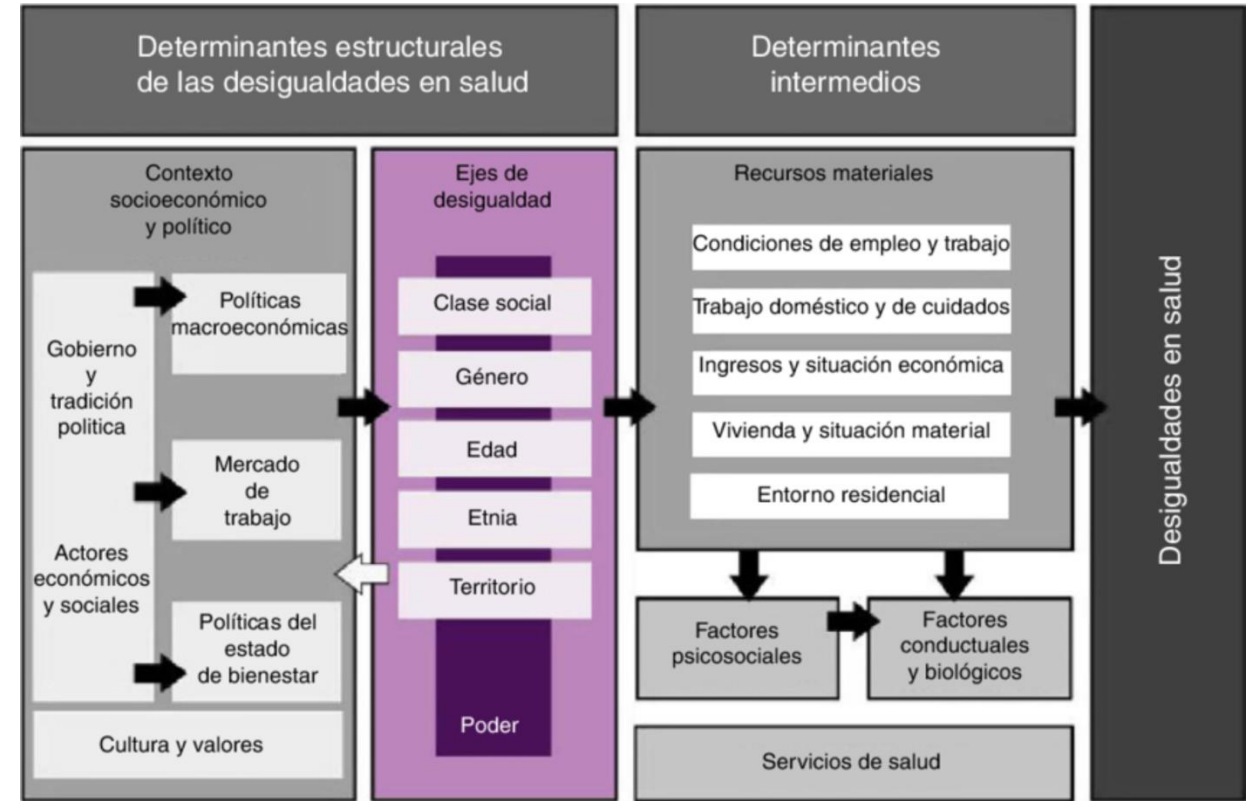
Estas desigualdades son el resultado de las distintas oportunidades y recursos relacionados con la salud que tienen las personas en función de su clase social, sexo, territorio o etnia, lo que se traduce en una peor salud entre los colectivos socialmente menos favorecidos.



Marco conceptual de los determinantes de las desigualdades sociales en salud. Comisión para reducir las Desigualdades en Salud en España, 2010. Basado en Solar e Irwin y Navarro.

Fuente: (CRDSSE, 2012)

Estas desigualdades son el resultado de las distintas oportunidades y recursos relacionados con la salud que tienen las personas en función de su clase social, sexo, territorio o etnia, lo que se traduce en una peor salud entre los colectivos socialmente menos favorecidos.



Marco conceptual de los determinantes de las desigualdades sociales en salud. Comisión para reducir las Desigualdades en Salud en España, 2010. Basado en Solar e Irwin y Navarro.

Fuente: (CRDSSE, 2012)

La adaptación poblacional al calor



Son pocos los estudios que analizan la adaptación de la población al calor a largo plazo



Fuente: (Navas et. al, 2024)

Science of the Total Environment 908 (2024) 168441

Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv

Review

Population adaptation to heat as seen through the temperature-mortality relationship, in the context of the impact of global warming on health: A scoping review

Miguel Ángel Navas-Martín ^{a,b,*}, María-Antonia Ovalle-Perandones ^c, José Antonio López-Bueno ^b, Julio Díaz ^b, Cristina Linares ^b, Gerardo Sánchez-Martínez ^d

^a Doctorate Programme in Biomedical Sciences and Public Health, National University of Distance Education (UNED), Madrid, Spain
^b National School of Public Health, Carlos III Institute of Health (ISCIII), Madrid, Spain
^c Library and Information Science Department, Madrid Complutense University, Madrid, Spain
^d European Environment Agency (EEA), Copenhagen, Denmark

HIGHLIGHTS

- The review reveals a research gap in heat adaptation for human health.
- Few studies investigate the long-term population adaptation to heat.
- Although the problem of heat adaptation is global, few countries investigate it.
- Crucial decision-maker support is need for heat adaptation research.

GRAPHICAL ABSTRACT

ARTICLE INFO

Editor: Scott Sheridan

Keywords:
 Adaptation
 Heat
 Threshold
 Minimum mortality temperature (MMT)
 Trend
 Time series

ABSTRACT

Climate change is the greatest threat to human health, with one of its direct effects being global warming and its impact on health. Currently, the world is experiencing an increase in the mean global temperature, but this increase affects different populations to different degrees. This is due to the fact that individual, demographic, geographical and social factors influence vulnerability and the capacity to adapt. Adaptation is the process of adjusting to the current or envisaged climate and its effects, with the aim of mitigating harm and taking advantage of the beneficial opportunities. There are different ways of measuring the effectiveness of adaptation, and the most representative indicator is via the time trend in the temperature-mortality relationship. Despite the rise in the number of studies that have examined the temperature-mortality relationship in recent years, there are very few that have analysed whether a particular population has or has not adapted to heat. We conducted a

* Corresponding author at: National School of Health, Carlos III Health Institute, Avda. Monforte de Lemos 3, 28029 Madrid, Spain.
 E-mail address: manavas@isciii.es, mnavas89@alumno.uned.es (M.Á. Navas-Martín).

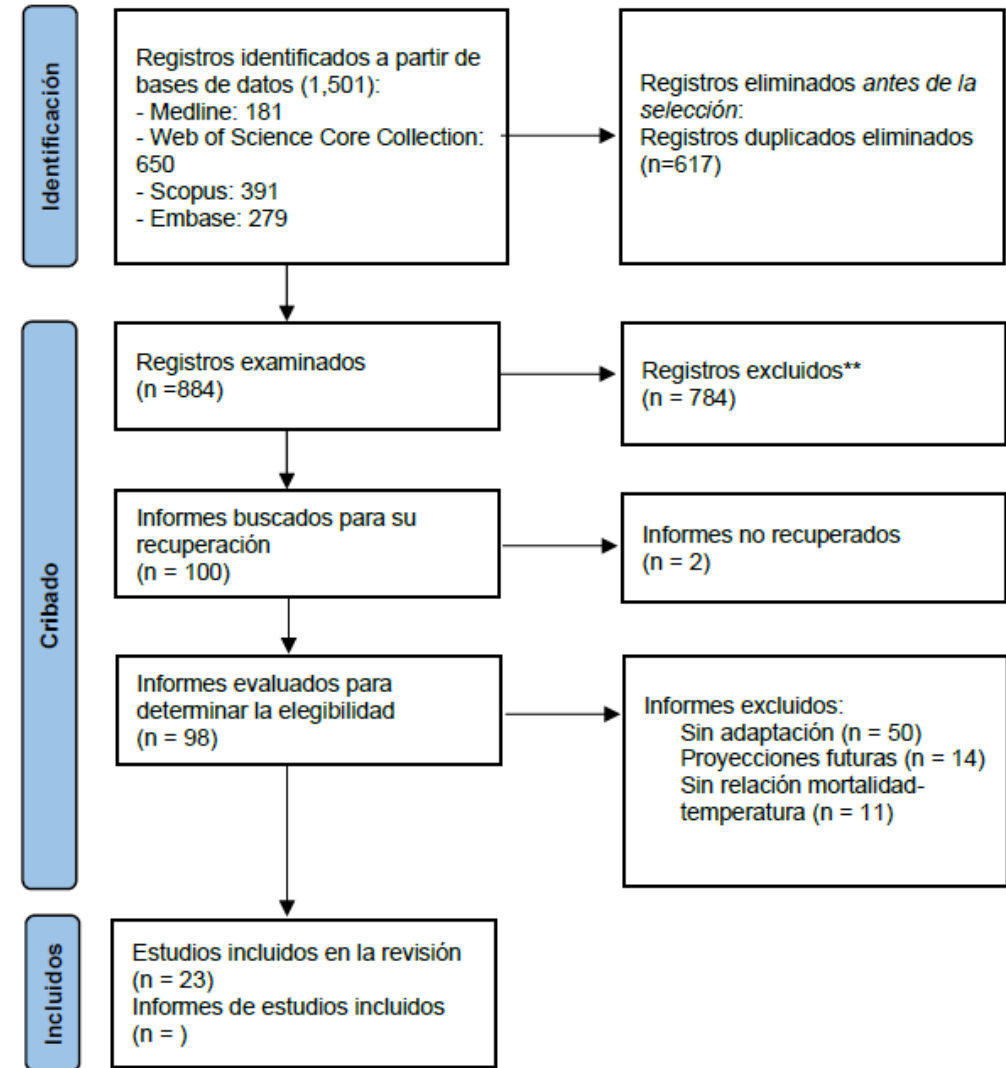
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168441>
 Received 24 July 2023; Received in revised form 7 November 2023; Accepted 7 November 2023
 Available online 8 November 2023
 0048-9697/© 2023 The Authors. Published by Elsevier B.V. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Metodología

Criterios de elegibilidad:

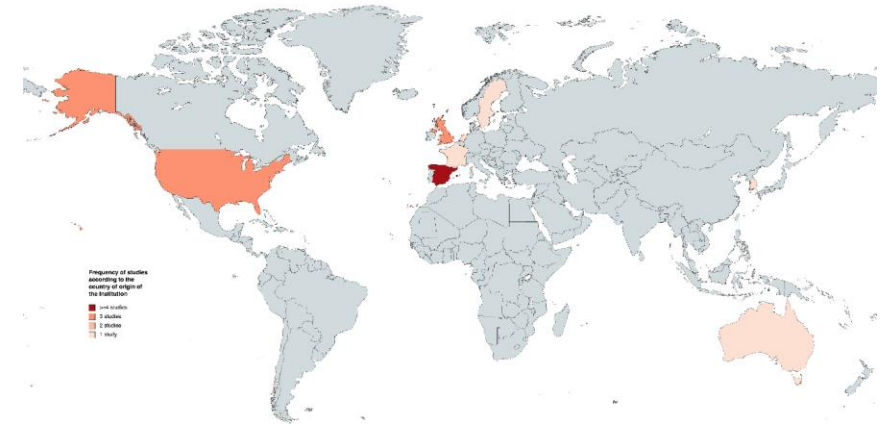
- Marco de recomendación: Población, Concepto y Contexto (PCC).
- Palabras controladas ("Adaptation Physiological", "Acclimatization", "Heat Stress Disorders", "Hot Temperature", "Temperature", "Mortality" y "Climate Change")
- Bases de datos: MEDLINE, SCOPUS, WOS, Embase.
- Fecha de publicación: 2003 – 2024
- Idioma: Inglés

Población	Concepto	Contexto
Se refieran a todas las personas	Consideren el concepto adaptación al calor	abarquen el contexto del impacto del calentamiento global sobre la salud y la mortalidad



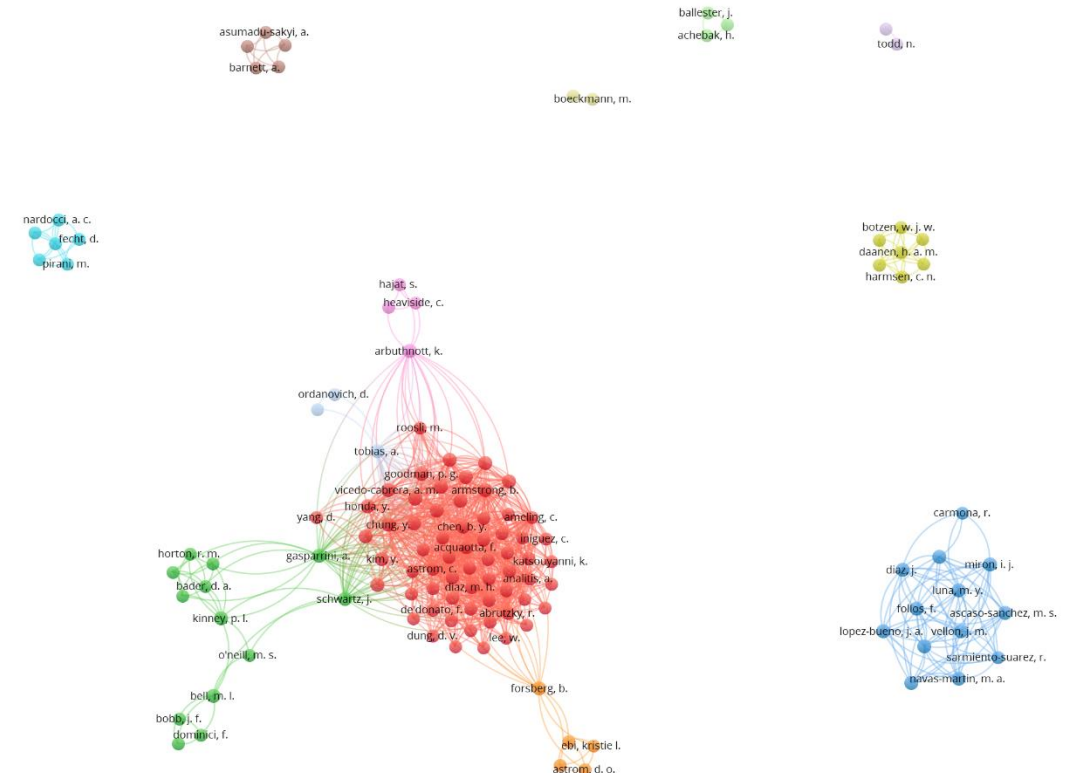
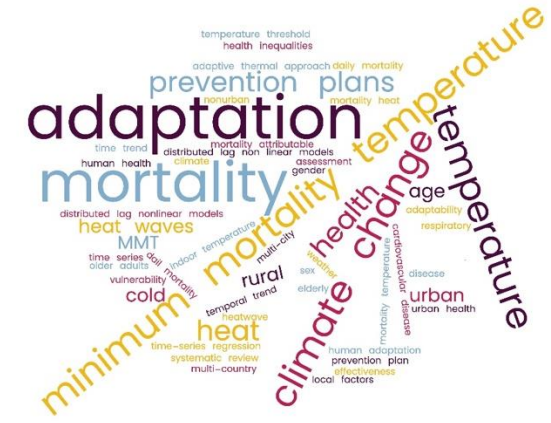
Resultados

- Publicaciones: 23 estudios.
- Países: América del Norte (Estados Unidos), Asia (Corea del Sur), Europa (España, Francia, Países Bajos, Reino Unido y Suecia) y Oceanía (Australia).
- Palabras claves: "adaptation" (12 veces), "climate change" (7 veces), "minimum mortality temperature" (8 veces), "mortality" (6 veces), "temperature" (4 veces), "health" (3 veces), "heat" (3 veces) y "prevention plans" (3 veces).
- Grupos: 7 aislados y 5 conectados en total 12.
- Análisis cualitativo: Metodología, Ejes de desigualdad, Revisión y Múltiples localizaciones.



Resultados

- Publicaciones: 23 estudios.
- Países: América del Norte (Estados Unidos), Asia (Corea del Sur), Europa (España, Francia, Países Bajos, Reino Unido y Suecia) y Oceanía (Australia).
- Palabras claves: "adaptation" (12 veces), "climate change" (7 veces), "minimum mortality temperature" (8 veces), "mortality" (6 veces), "temperature" (4 veces), "health" (3 veces), "heat" (3 veces) y "prevention plans" (3 veces).
- Grupos: 7 aislados y 5 conectados en total 12.
- Análisis cualitativo: Metodología, Ejes de desigualdad, Revisión y Múltiples localizaciones.



Estudios ecológicos

Análisis ecológico longitudinal retrospectivo de series temporales de los datos de mortalidad y temperatura de las provincias de España durante el periodo de 1983-2018.

Para el tratamiento de los datos:

INē

Instituto Nacional de Estadística

Mortalidad diaria (CIE-10: A00-R99)

AEMet

Agencia Estatal de Meteorología

Temperatura máxima diaria (TMAX)



Otras variables climáticas,
demográficas y
socioeconómicas)

50 provincias españolas



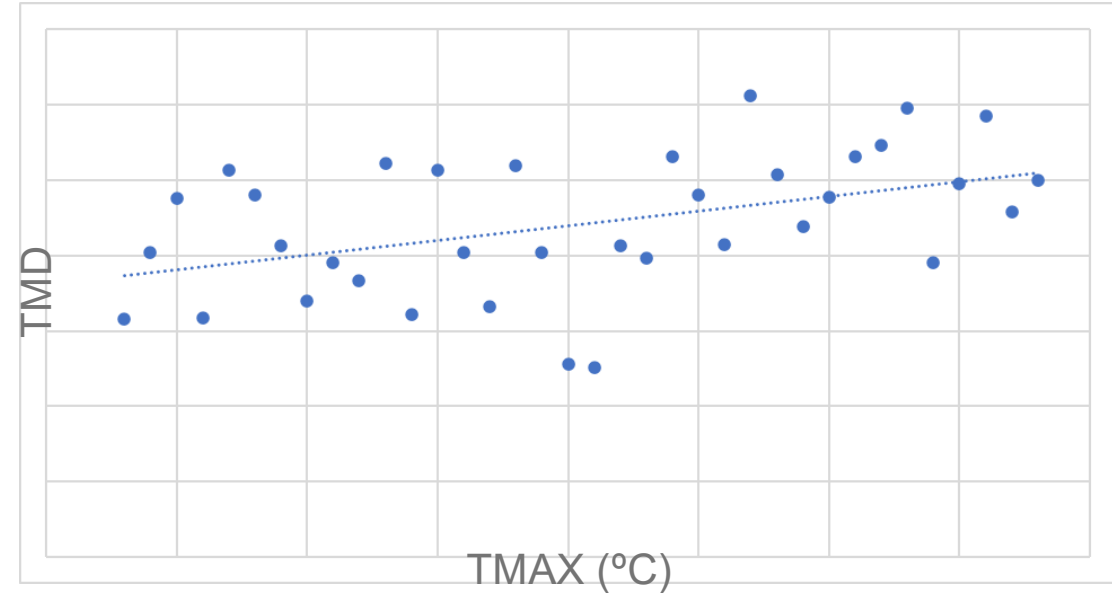
Cálculo de la TMM

Se calcula mediante un **método determinista**, utilizando la temperatura máxima diaria (**TMAX**) y la tasa de mortalidad diaria (**TMD**) del periodo de estudio.

Para cada año y provincia, la TMM se determina mediante **un ajuste cuadrático o cúbico** (regresión curvilínea).

Variable dependiente: La tasa de mortalidad diaria (**TMD**) por todas las causas (CIE 10: A00-R99).

Variable independiente: la constituyen los datos de temperatura máxima diaria (**TMAX**).



Cálculo del nivel de adaptación

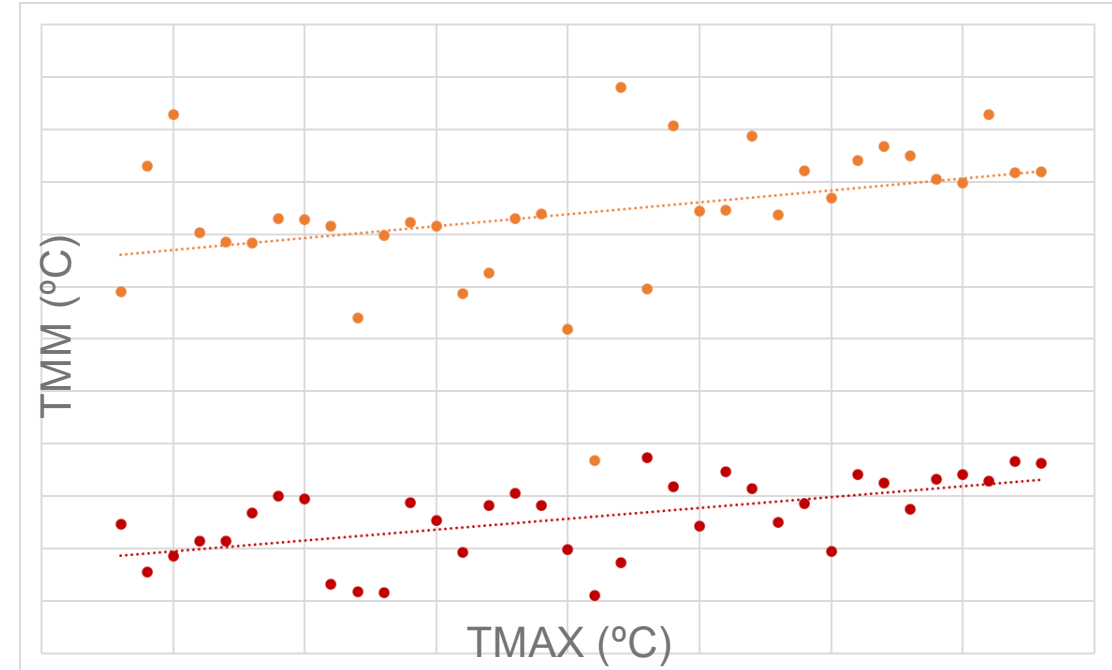
Es la **diferencia de los ritmos de variación** de la **TMM** y de la **TMAX**

Se realizan los **ajustes lineales** para las **TMM anuales** y las **TMAX anuales** que permiten determinar la evolución temporal.

Nivel de adaptación = Ritmo variación TMM – Ritmo variación TMAX

Si nivel de adaptación > 0 = Adaptación

Si nivel de adaptación < 0 = No adaptación



Territorio

Fuente: (Navas et. al, 2022)

Effects of local factors on adaptation to heat in Spain (1983–2018)

Má Navas-Martín^{a,b,*}, J.A. López-Bueno^b, J. Díaz^b, F. Follos^c, Jm Vellón^c, Ij Mirón^d, My Luna^e, G. Sánchez-Martínez^f, D. Culqui^b, C. Linares^b

^a Doctorate Program in Biomedical Sciences and Public Health, National University of Distance Education, Madrid, Spain
^b National School of Public Health, Carlos III Institute of Health, Madrid, Spain
^c Tides Soluciones Sostenibles, SL, Ferrol, A Coruña, Spain
^d Regional Health Authority of Castilla-La Mancha, Toledo, Spain
^e State Meteorological Agency, Madrid, Spain
^f The UNEP DTU Partnership, Copenhagen, Denmark

ARTICLE INFO

Keywords:
Adaptation
Minimum mortality temperature
Rural
Urban
Prevention plans
Local factors

ABSTRACT

The European Union is currently immersed in policy development to address the effects of climate change around the world. Key plans and processes for facilitating adaptation to high temperatures and for reducing the adverse effects on health are among the most urgent measures. Therefore, it is necessary to understand those factors that influence adaptation. The aim of this study was to provide knowledge related to the social, climate and economic factors that are related to the evolution of minimum mortality temperatures (MMT) in Spain in the rural and urban contexts, during the 1983–2018 time period. For this purpose, local factors were studied regarding their relationship to levels of adaptation to heat.

MMT is an indicator that allows for establishing a relationship between mortality and temperature, and is a valid indicator to assess the capacity of adaptation to heat of a certain population. MMT is obtained through the maximum daily temperature and daily mortality of the study period. The evolution of MMT values for Spain was established in a previous paper.

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

In terms of adaptation to heat, urban populations have adapted more than non-urban populations. Seventy-nine percent ($n = 11$) of urban provinces have adapted to heat, compared to twenty-one percent ($n = 3$) of rural provinces that have not adapted. In terms of urban zones, income level and habituation to heat (values over the 95th percentile) were variables shown to be related to adaptation. In contrast, among non-urban provinces, a greater number of housing rehabilitation licenses and a greater number of health professionals were variables associated with higher increases in MMT, and therefore, with adaptation.

These results highlight the need to carry out studies that allow for identifying the local factors that are most relevant and influential in population adaptation. More studies carried out at a small scale are needed.

1. Introduction

In 2015 the General Assembly of the United Nations approved the 2030 Agenda for Sustainable Development, which included 17 Sustainable Development Objectives (SDG). SDG 13 was related to adopting urgent measures to combat climate change and its effects. Currently, the European Union finds itself immersed in climate and environment-related challenges requiring resilience, reduction in vulnerability and

improvements in adaptation to climate change. The different effects of climate change include an increase in the average temperature and an increase in the intensity and frequency of heat waves (WHO Regional Office for Europe, 2021). Heat waves represent one of the most direct impacts of climate change on health (European Commission, 2020). However, this impact varies across the European continent, with differences between cities that include factors related to latitude (Kazmierczak et al., 2020).

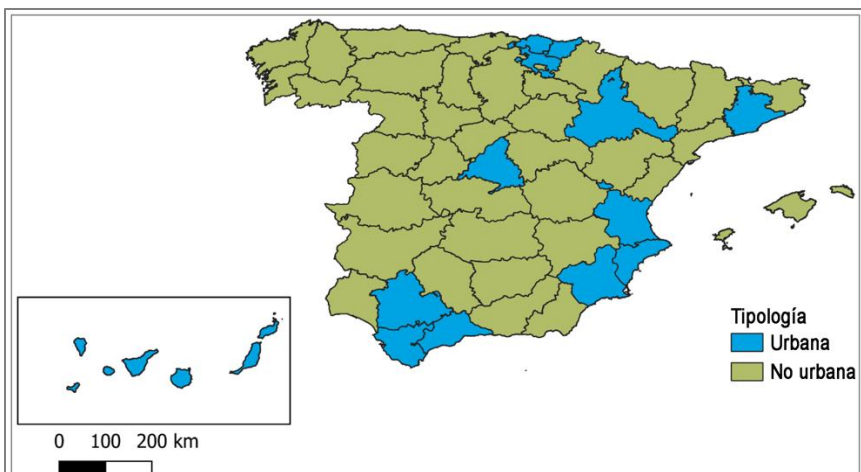
* Corresponding author. Miguel Ángel Navas Martín National University of Distance Education, C/ Bravo Murillo, 38 3a 28015, Madrid, Spain.
E-mail address: mnavas89@alumno.uned.es (M. Navas-Martín).

<https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.112784>

Received 9 September 2021; Received in revised form 11 January 2022; Accepted 19 January 2022

Available online 26 January 2022

0013-9351/© 2022 The Authors. Published by Elsevier Inc. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



Relaciones entre las variables dependientes, explicativas y de control en las provincias urbanas (n=14)

NAM_MUN	MMT_VAR	ADAPT_LEVEL	ADAPT.	T_95	POP_65	POPULATION	INCOME	ECONOMIC_RESOURCES	GOOD_HOUSE	HOUSE_LESS_50	REHAB.LICENSES	HEALTH_EXPENDITURE	HEALTH_PROFESSIONALS	AMBULANCES	HEALTH_FACILITIES	MEDICAL_FACILITIES
Alicante	0.69	0.50	1	33.3	15.17	1569682	17398.21	0	0.94	0.89	7.11	6.64	2784	7.86	4.86	9.29
Álava	0.06	-0.40	0	38	14.41	300207	32118.95	1	0.96	0.86	12.96	14.70	2789	5.39	6.02	10.46
Barcelona	0.45	0.04	1	30.3	15.00	5140403	25885.00	1	0.94	0.75	5.20	15.13	2517	3.89	5.02	3.83
Bizkaia	0.20	0.14	1	32	16.00	1182241	26298.32	1	0.96	0.73	7.66	13.35	2527	3.28	6.36	8.54
Cádiz	0.49	0.20	1	32.4	11.44	1171259	16015.68	0	0.92	0.85	5.77	5.99	3130	5.10	4.33	6.13
Gipuzkoa	0.03	-0.22	0	33.1	15.72	708972	28009.00	1	0.97	0.67	4.58	9.37	3102	3.75	7.22	6.51
Madrid	0.58	0.18	1	36.5	13.31	5736471	29458.37	1	0.96	0.82	3.20	21.25	3281	1.35	4.08	2.53
Málaga	0.68	0.36	1	36.4	13.16	1377593	16361.11	0	0.96	0.91	4.67	8.37	2796	3.02	3.99	7.34
Murcia	1.00	0.83	1	37.5	12.87	1261196	18197.11	0	0.93	0.85	3.89	7.41	2671	5.43	5.65	12.91
Las Palmas	0.00	-0.13	0	29.9	10.46	935091	19029.58	0	0.90	0.84	2.27	6.28	2779	5.48	4.84	6.42
S.C. Tenerife	0.36	0.14	1	31.5	12.61	864165	19285.53	0	0.92	0.84	2.44	5.53	2375	5.86	5.60	8.60
Sevilla	1.14	0.83	1	41	12.55	1791717	23820.84	0	0.96	0.84	5.62	13.16	2321	4.98	4.42	5.53
Valencia	0.41	0.10	1	33.3	14.78	2361208	20494.11	1	0.93	0.77	5.75	6.79	2658	6.63	5.43	12.00
Zaragoza	0.61	0.13	1	37.3	17.35	915979	23644.26	1	0.96	0.80	9.33	6.28	2471	3.77	6.52	30.39

79% ✓

21% ✗



Relaciones entre las variables dependientes, explicativas y de control en las provincias no urbanas (n=36)

NAM_MUN	MMT_VAR	ADAPT_LEVEL	ADAPT.	T_95	POP_65	POPULATION	INCOME	ECONOMIC_RESOURCES	GOOD_HOUSE	HOUSE_LESS_50	REHAB.LICENSES	HEALTH_EXPENDITURE	HEALTH_PROFESSIONALS	AMBULANCES	HEALTH_FACILITIES	MEDICAL_FACILITIES
Albacete	0.04	-0.47	0	37	15.821	378510	17092.6	0	0.95	0.81	6.60	5.66	2458	7.97	9.39	41.11
Almería	1.28	1.35	1	35.5	12.296	572008	18254.7	0	0.93	0.89	5.45	22.20	3245	7.70	5.61	28.07
Asturias	0.33	0.15	1	27.6	18.958	1111002	19338.9	1	0.94	0.75	7.59	4.01	2056	4.17	6.47	13.97
Ávila	0.05	-0.35	0	33.2	21.441	175868	17055.9	0	0.96	0.84	4.88	7.95	2115	9.25	13.14	200.68
Badajoz	0.65	0.36	1	39.7	15.861	683126	14994.5	0	0.97	0.75	14.17	9.99	2705	18.04	8.34	24.87
Baleares, Illes	1.07	0.74	1	32.6	13.683	905868	24144.4	0	0.93	0.77	14.11	8.47	3030	3.27	5.20	9.57
Burgos	-0.06	-0.44	0	34	18.436	369209	24312.1	0	0.94	0.82	5.69	8.62	2724	6.68	9.82	161.99
Cáceres	0.23	-0.11	0	38.4	18.03	421494	15206.9	0	0.94	0.77	8.46	12.96	2287	25.55	12.70	60.06
Cantabria	0.79	0.51	1	27.5	16.755	565552	20348.6	1	0.95	0.77	5.94	4.12	2725	5.32	7.06	20.65
Castellón	0.76	0.39	1	32.6	15.876	520310	22645.6	0	0.94	0.84	6.57	11.96	2533	9.33	7.05	17.55
Ciudad Real	-0.28	-0.54	0	38.8	16.92	506388	17864.8	0	0.95	0.79	5.59	5.48	2335	6.55	10.11	17.88
Córdoba	1.82	1.49	1	41.2	15.206	791212	15432.8	0	0.95	0.80	10.11	4.54	2912	8.03	4.91	12.96
Coruña, A	0.83	0.48	1	26.2	17.762	1142966	19621.6	0	0.92	0.80	4.31	3.68	2753	3.43	11.83	3.71
Cuenca	0.13	-0.48	0	35.4	20.814	213238	18048.6	0	0.94	0.79	5.22	13.19	1648	18.12	16.72	123.24
Girona	1.18	0.53	1	33.6	15.543	621840	25561.2	1	0.95	0.83	17.66	21.22	2444	6.12	7.10	25.53
Granada	0.29	-0.13	0	38.4	14.337	865718	15517.7	0	0.94	0.85	10.48	9.58	2555	6.70	5.65	30.81
Guadalajara	0.06	-0.30	0	38.2	16.418	196456	18052.8	0	0.98	0.91	10.22	10.26	2479	9.10	12.04	170.58
Huelva	1.64	1.32	1	37.6	13.661	486111	16738.6	0	0.93	0.81	7.48	4.46	2431	11.06	5.49	17.84
Huesca	0.03	-0.46	0	36.1	20.315	220583	23820.8	1	0.95	0.79	12.01	13.01	2377	10.58	12.58	146.88
Jaén	0.61	0.10	1	37.6	15.437	666812	15112.7	0	0.95	0.78	15.27	5.09	2594	10.52	6.21	23.49
León	0.18	-0.06	0	32.5	20.534	517151	18426.1	0	0.94	0.78	3.38	5.22	2081	5.65	7.77	150.09
Lleida	0.57	0.31	1	36.8	17.854	395467	26056.4	1	0.94	0.76	10.95	10.24	2515	9.49	7.72	62.73
Lugo	1.56	1.37	1	31	23.711	376658	18616.1	0	0.92	0.75	7.80	5.04	2562	6.73	20.97	3.73
Navarra	-0.07	-0.51	0	35.6	16.092	585513	26947.3	1	0.99	0.80	9.01	13.06	2485	5.28	8.92	38.54
Ourense	0.66	0.20	1	36.6	23.985	357842	17316.8	0	0.94	0.77	7.14	7.58	2056	5.21	30.43	3.35
Palencia	-0.07	-0.35	0	38.2	19.525	182273	22070.3	0	0.96	0.80	2.39	1.73	2306	7.13	11.77	182.48
Pontevedra	0.01	-0.09	0	32	15.834	943735	18442.1	0	0.94	0.81	4.35	4.69	2326	3.87	9.16	2.21
Rioja, La	0.00	-0.41	0	36.4	17.111	294031	23628.7	1	0.94	0.79	3.39	8.95	2726	5.87	6.35	55.90
Salamanca	0.07	-0.55	0	34.8	20.291	361774	17754.8	0	0.94	0.88	2.07	13.66	2298	5.49	10.38	119.10
Segovia	0.10	-0.19	0	34.2	19.505	156989	20500.2	0	0.94	0.79	6.90	13.07	2409	7.78	10.06	179.74
Soria	-0.09	-0.37	0	34	22.545	96500	21705.8	0	0.95	0.84	5.11	21.96	2130	11.14	15.10	371.13
Tarragona	0.49	0.11	1	35.3	15.613	667588	26198.5	1	0.88	0.85	13.42	17.12	2155	8.06	6.94	21.70
Teruel	0.06	-0.36	0	35.5	22.168	146201	22603.5	0	0.95	0.75	13.11	17.69	1940	15.87	19.79	187.33
Toledo	0.61	0.20	1	38.9	16.281	589771	16656.8	0	0.96	0.87	4.93	6.44	2885	6.66	7.00	28.60
Valladolid	-0.80	-0.98	0	35.9	15.635	521675	22126	1	0.97	0.87	2.48	6.84	2889	3.63	7.80	43.57
Zamora	0.05	-0.44	0	35.6	23.908	208554	16869.2	0	0.95	0.82	4.18	10.36	1639	9.52	11.57	216.10

44% ✓

56% ✗



- En España, las provincias urbanas estaban mejor adaptadas al calor que las provincias no urbanas
- Se muestra que el nivel de ingresos y la habituación al calor están relacionados con la adaptación urbana.
- Las licencias de rehabilitación de viviendas y los profesionales de la salud se relacionaron con las poblaciones no urbanas.



Género

Fuente: (Navas et. al, 2022)

Gender differences in adaptation to heat in Spain (1983–2018)

M.Á. Navas-Martín^{a,b,*}, J.A. López-Bueno^a, M.S. Ascaso-Sánchez^a, R. Sarmiento-Suárez^c, F. Follos^d, J.M. Vellón^d, I.J. Mirón^e, M.Y. Luna^f, G. Sánchez-Martínez^g, D. Culqui^h, C. Linares^a, J. Díaz^a

^a National School of Public Health, Carlos III Institute of Health, Madrid, Spain
^b Doctorate Program in Biomedical Sciences and Public Health, National University of Distance Education, Madrid, Spain
^c Medicine School, University of Applied and Environmental Sciences, Bogotá, Colombia
^d IISe Solvimesa Sostenible, St. Ferrel, A Coruña, Spain
^e Regional Health Authority of Castile-La Mancha, Toledo, Spain
^f State Meteorological Agency, Madrid, Spain
^g The UNEP DTU Partnership, Copenhagen, Denmark

ARTICLE INFO

Keywords:
Adaptation
Vulnerability
Minimum mortality temperature
Gender
Sex

ABSTRACT

In Spain the average temperature has increased by 1.7 °C since pre-industrial times. There has been an increase in heat waves both in terms of frequency and intensity, with a clear impact in terms of population health. The effect of heat waves on daily mortality presents important territorial differences. Gender also affects these impacts, as a determinant that conditions social inequalities in health. There is evidence that women may be more susceptible to extreme heat than men, although there are relatively few studies that analyze differences in the vulnerability and adaptation to heat by sex. This could be related to physiological causes. On the other hand, one of the indicators used to measure vulnerability to heat in a population and its adaptation is the minimum mortality temperature (MMT) and its temporal evolution.

The aim of this study was to analyze the values of MMT in men and women and its temporal evolution during the 1983–2018 period in Spain's provinces. An ecological, longitudinal retrospective study was carried out of time series data, based on maximum daily temperature and daily mortality data corresponding to the study period. Using cubic and quadratic fits between daily mortality rates and the temperature, the minimum values of these functions were determined, which allowed for determining MMT values. Furthermore, we used an improved methodology that provided for the estimation of missing MMT values when polynomial fits were incoherent. This analysis was carried out for each year. Later, based on the annual values of MMT, a linear fit was carried out to determine the rate of evolution of MMT for men and for women at the province level.

Average MMT for all of Spain's provinces was 29.4 °C in the case of men and 28.7 °C in the case of women. The MMT for men was greater than that of women in 86 percent of the total provinces analyzed, which indicates greater vulnerability among women. In terms of the rate of variation in MMT during the period analyzed, that of men was 0.39 °C/decade, compared to 0.53 °C/decade for women, indicating greater adaptation to heat among women, compared to men. The differences found between men and women were statistically significant. At the province level, the results show great heterogeneity.

Studies carried out at the local level are needed to provide knowledge about those factors that can explain these differences at the province level, and to allow for incorporating a gender perspective in the implementation of measures for adaptation to high temperatures.

1. Introduction

In Spain the average temperature has increased by 1.7 °C since preindustrial times. This increase has manifest with greater intensity

during the past decade (Gobierno de España, 2020). Maximum temperatures have increased between 1983 and 2018 by 0.34 °C/decade, affecting the health of the most vulnerable population groups (Follos et al., 2021; Gobierno de España, 2020; Watts et al., 2018).

* Corresponding author. National University of Distance Education, C/ Bravo Murillo, 38, 28015, Madrid, Spain.
E-mail address: mnnavas89@alumno.uned.es (M.Á. Navas-Martín).

<https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113986>

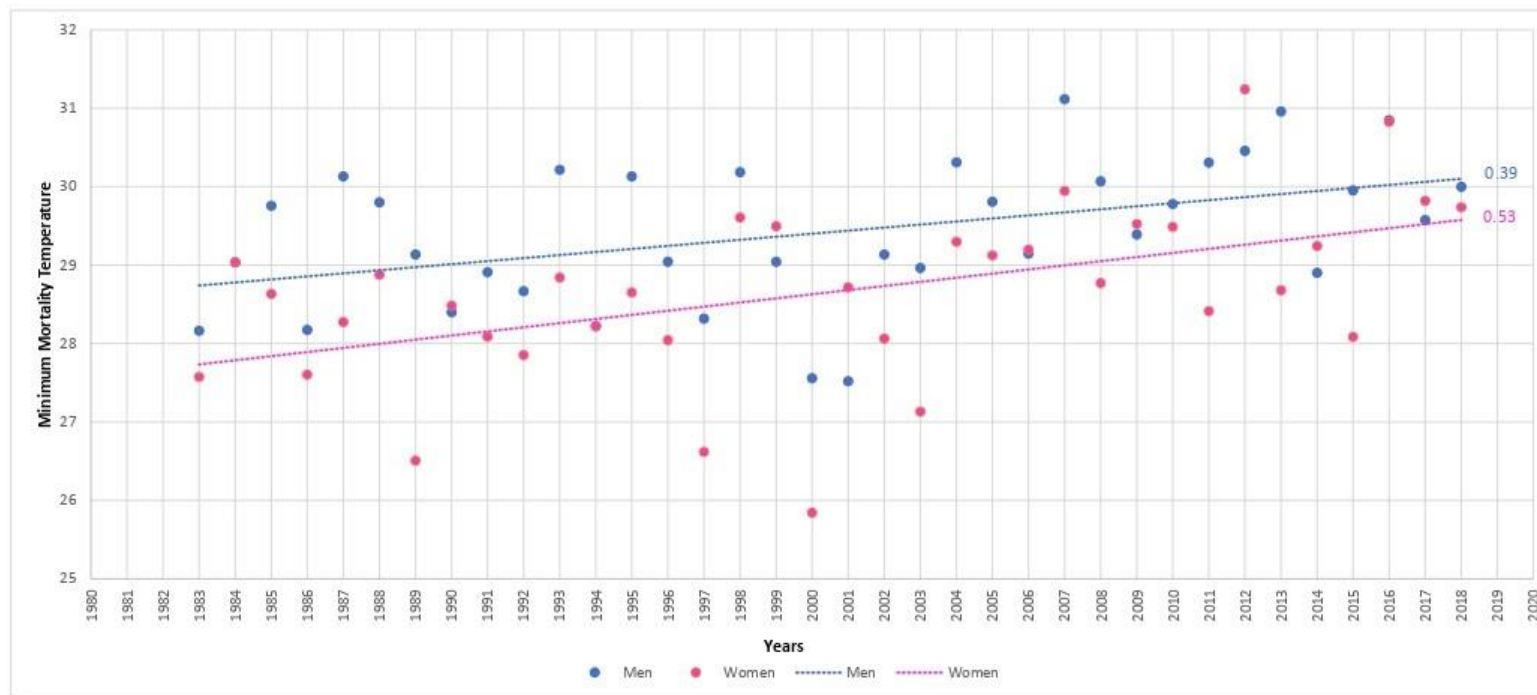
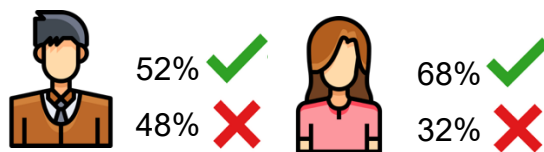
Received 18 February 2022; Received in revised form 3 June 2022; Accepted 22 July 2022

Available online 2 September 2022

0013-9351/© 2022 The Authors. Published by Elsevier Inc. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Valores de TMM a nivel provincial para hombres y mujeres (°C); Media de la temperatura máxima diaria (°C); Ritmo de variación de la temperatura máxima diaria (°C/década); ritmo de variación de la TMM para hombres y mujeres: Adaptación para hombres y mujeres (°C/década). Período 1983-2018. *p<0.05.

Province	MMT (°C)		TMAX (°C)		MMT Variation (°C/década)		Adaptation level (MMT Variation-TMAX rise) (°C/década)			
	Cod	Name	Men	Women	Mean (°C)	Rise (°C/década)	Men	Women		
1	Araba		29.6	27.6	17.4	0.46	-0.64	-1.20	-1.10	-1.66
2	Albacete		29.4	30.3	21	0.51	-0.85	0.19	-1.36	-0.32
3	Alicante		29.7	29.5	23.5	0.19	0.27	0.82*	0.08	0.63
4	Almería		31.3	30.6	23.4	-0.07	0.61	1.24	0.68	1.31
5	Ávila		26.2	26.7	17.2	0.39	0.55	1.55	0.16	1.16
6	Badajoz		32.6	31.6	24	0.29	0.56	1.01*	0.28	0.72
7	Balears, Illes		28.9	27.8	22	0.33	0.72	0.68	0.39	0.35
8	Barcelona		27.0	26	20.6	0.41	0.57*	0.31	0.16	-0.10
9	Burgos		27.7	28.6	16.8	0.37	0.81	-0.13	0.44	-0.50
10	Cáceres		32	30.1	22.1	0.34	0.86	1.34*	0.52	1.01
11	Cádiz		28	28	21.7	0.29	0.29	0.49	0.00	0.20
12	Castellón		29.5	28.8	22.5	0.37	0.42	1.20	0.04	0.83
13	Ciudad Real		31.3	28.7	22	0.27	0.40	1.00	0.14	0.73
14	Córdoba		34.7	33.4	25.4	0.33	1.53*	2.29*	1.20	1.96
15	Coruña, A		24.3	23.5	18	0.35	0.33	0.78*	-0.02	0.43
16	Cuenca		29.4	27.2	19.6	0.62	0.29	0.58	-0.33	-0.03
17	Girona		29.1	28.6	21.1	0.66	0.81	1.23*	0.16	0.57
18	Granada		31.2	31	22.6	0.42	0.12	0.83	-0.30	0.41
19	Guadalajara		31.2	29.3	20	0.37	-1.05	0.94	-1.42	0.57
20	Gipuzkoa		27.2	26.6	16.6	0.24	0.86	0.20	0.62	-0.05
21	Huelva		31.2	30.3	24.1	0.32	2.73*	1.58*	2.41	1.26
22	Huesca		30.6	29.5	19.8	0.49	0.58	-1.18	0.09	-1.67
23	Jaén		31.9	30.1	21.8	0.52	0.64	1.37*	0.13	0.86
24	León		27.5	27.8	16.9	0.24	-0.66	0.35	-0.91	0.10
25	Lleida		31.6	29.9	21.7	0.26	1.15	0.40	0.89	0.14
26	Rioja, La		28.5	27.9	19.8	0.42	0.32	1.77	-0.09	1.35
27	Lugo		28.2	27.6	17.8	0.19	0.07	1.99	-0.12	1.80
28	Madrid		30.6	28.3	20.2	0.39	0.64	0.56	0.24	0.17
29	Málaga		30.3	31.1	23.5	0.32	1.08*	-0.19	0.76	-0.51
30	Murcia		29.3	29.2	22.4	0.17	1.18*	0.27	1.01	0.09
31	Navarra		29.7	28.1	18.6	0.44	-0.56	-0.16	-1.00	-0.60
32	Ourense		30.7	30.5	21.6	0.46	-0.43	0.94	-0.89	0.49
33	Asturias		25	24.5	17.5	0.18	0.59	0.36	0.40	0.17
34	Palencia		28.9	25.3	16.8	0.29	-0.66	0.08	-0.95	-0.21
35	Palmas, Las		30.4	30.3	24.3	0.13	-0.30	0.20	-0.43	0.07
36	Pontevedra		25.5	25.5	19.1	0.10	-0.30	0.73	-0.40	0.63
37	Salamanca		27.8	27.1	19	0.61	0.49	0.86	-0.13	0.24
38	S.C. Tenerife		31.3	30.5	24.7	0.23	-0.45	-1.26*	-0.68	-1.48
39	Cantabria		27.5	26.3	18.7	0.28	-0.61	0.34	-0.88	0.06
40	Segovia		29.2	27	18.1	0.30	-0.12	-0.35	-0.42	-0.65
41	Sevilla		34.8	33	25.6	0.31	0.96*	0.90*	0.65	0.59
42	Soria		23	23.7	17.3	0.28	1.43	0.63	1.15	0.35
43	Tarragona		29.1	27.4	21.3	0.38	0.50	0.15	0.12	-0.23
44	Teruel		30.1	29.4	19.9	0.42	0.64	0.88	0.22	0.46
45	Toledo		31.2	30.6	22.4	0.41	0.02	1.59*	-0.39	1.17
46	Valencia		30.1	29.5	22.9	0.31	0.14	0.77*	-0.17	0.46
47	Valladolid		27.8	26.4	17.8	0.19	-0.10	0.84	-0.29	0.65
48	Bizkaia		28.6	29.4	19.7	0.06	-0.38	-0.65	-0.44	-0.71
49	Zamora		28.7	28.0	19.2	0.49	-0.36	-0.19	-0.85	-0.68
50	Zaragoza		31.5	29.5	21.3	0.47	0.28	0.22	-0.20	-0.26
(Spain)			29.4	28.7	20.6	0.34				



Evolución de la temperatura mínima de mortalidad (TMM) por años de hombres y mujeres en España (1983-2018).

En España, la tasa de crecimiento de las TMM para los hombres fue de 0,39 (°C/década), mientras que para las mujeres fue de 0,53 (°C/década). La TMAX ha crecido durante el período estudiado a un ritmo de 0,34 (°C/década)

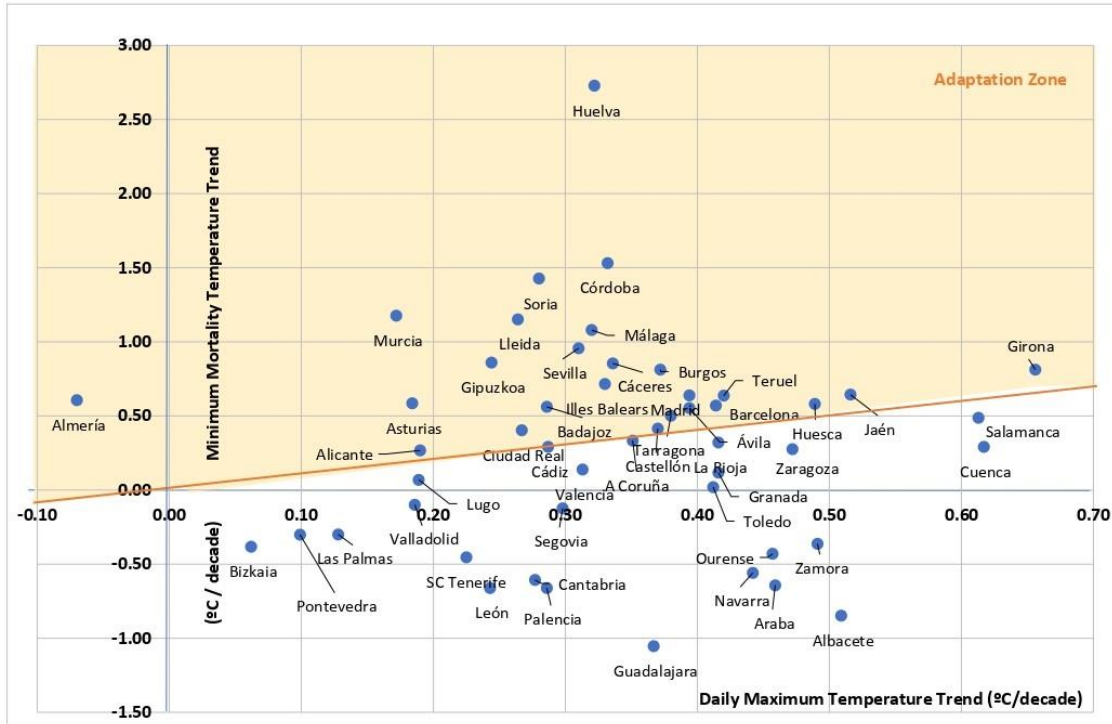


Diagrama de dispersión de la Temperatura Mínima de Mortalidad (TMM) con respecto a las variaciones de la temperatura máxima diaria de hombres en España (1983-2018).

26 de 50 provincias en poblaciones de hombres mostraron adaptación al calor.

- Las mujeres son más vulnerables a las altas temperaturas que los hombres.
- Las mujeres de las provincias españolas se han adaptado mejor al calor que los hombres.

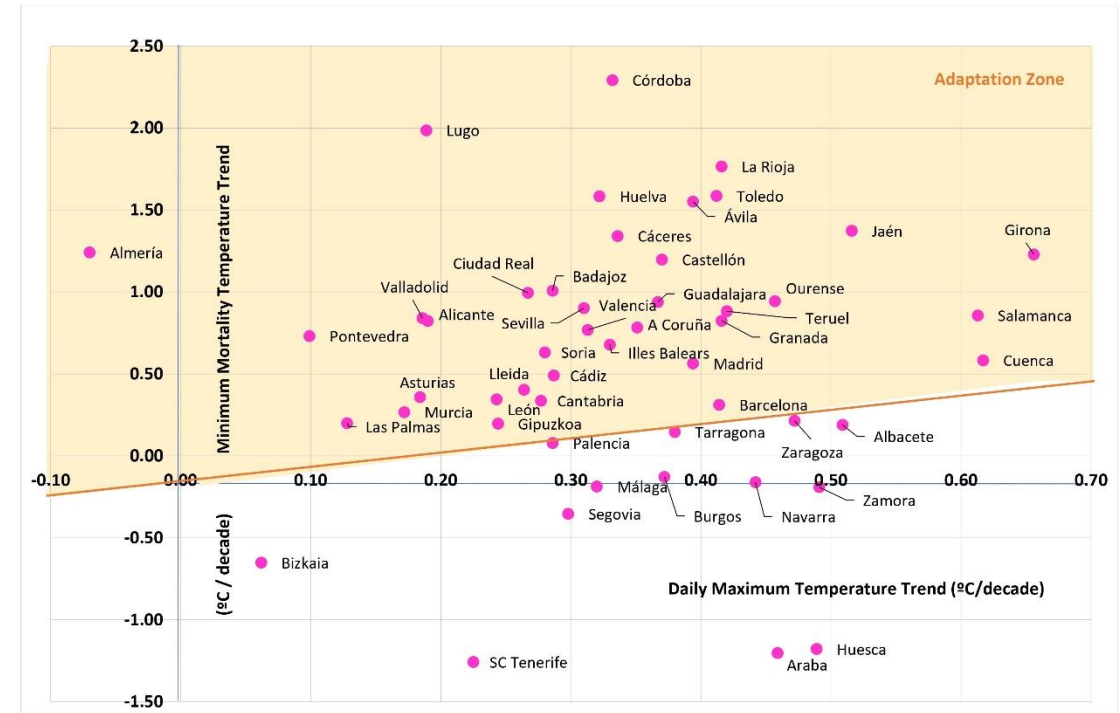


Diagrama de dispersión de la Temperatura Mínima de Mortalidad (TMM) con respecto a las variaciones de la temperatura máxima diaria de mujeres en España (1983-2018).

34 de 50 provincias en poblaciones de mujeres mostraron adaptación al calor.

Edad

Fuente: (Navas et. al, 2023)

Article

Heat Adaptation among the Elderly in Spain (1983–2018)

Miguel Ángel Navas-Martín ^{1,2,*}, José Antonio López-Bueno ¹, María Soledad Ascaso-Sánchez ¹, Fernando Follos ³, José Manuel Vellón ³, Isidro Juan Mirón ⁴, María Yolanda Luna ⁵, Gerardo Sánchez-Martínez ⁶, Cristina Linares ¹ and Julio Díaz ¹

- ¹ National School of Public Health, Carlos III Institute of Health, 28029 Madrid, Spain
- ² Doctorate Program in Biomedical Sciences and Public Health, National University of Distance Education, 28015 Madrid, Spain
- ³ Tdot Soluciones Sostenibles, SL., Ferrol, 15401 A Coruña, Spain
- ⁴ Regional Health Authority of Castile La Mancha, 45500 Torrijos, Spain
- ⁵ State Meteorological Agency, 28071 Madrid, Spain
- ⁶ The UNEP DTU Partnership, 2100 Copenhagen, Denmark
- * Correspondence: manavas@isciii.es

Abstract: The capacity for adaptation to climate change is limited, and the elderly rank high among the most exposed population groups. To date, few studies have addressed the issue of heat adaptation, and little is known about the long-term effects of exposure to heat. One indicator that allows the ascertainment of a population's level of adaptation to heat is the minimum mortality temperature (MMT), which links temperature and daily mortality. The aim of this study was to ascertain, firstly, adaptation to heat among persons aged ≥ 65 years across the period 1983 to 2018 through analysis of the MMT; and secondly, the trend in such adaptation to heat over time with respect to the total population. A retrospective longitudinal ecological time series study was conducted, using data on daily mortality and maximum daily temperature across the study period. Over time, the MMT was highest among elderly people, with a value of 28.6 °C (95%CI 28.3–28.9) versus 28.2 °C (95%CI 27.83–28.51) for the total population, though this difference was not statistically significant. A total of 62% of Spanish provinces included populations of elderly people that had adapted to heat during the study period. In general, elderly persons' level of adaptation registered an average value of 0.11 °C/decade).

Keywords: adaptation; MMT; age; prevention plan; mortality; health



Citation: Navas-Martín, M.Á.; López-Bueno, J.A.; Ascaso, M.S.; Follos, F.; Vellón, J.M.; Mirón, I.J.; Luna, M.Y.; Sánchez-Martínez, G.; Linares, C.; Díaz, J. Heat Adaptation among the Elderly in Spain (1983–2018). *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2023**, *20*, 1314. <https://doi.org/10.3390/ijerph20021314>

Academic Editors: Qingxiang Li, Steve Hung Lam Yim and Yonghong Li

Received: 25 November 2022
Revised: 2 January 2023
Accepted: 6 January 2023
Published: 11 January 2023



Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) predicts that if current human activity continues, there will be a 1.5 °C increase in global warming [1]. This rise in temperature is expected to lead to increased mortality and morbidity risks [2]. Populations with high vulnerability and exposure to heat, such as the elderly, chronic patients, and children [2–4], must prioritize adaptation measures [5]. However, there is little information on how the population is adapting to climate change [6].

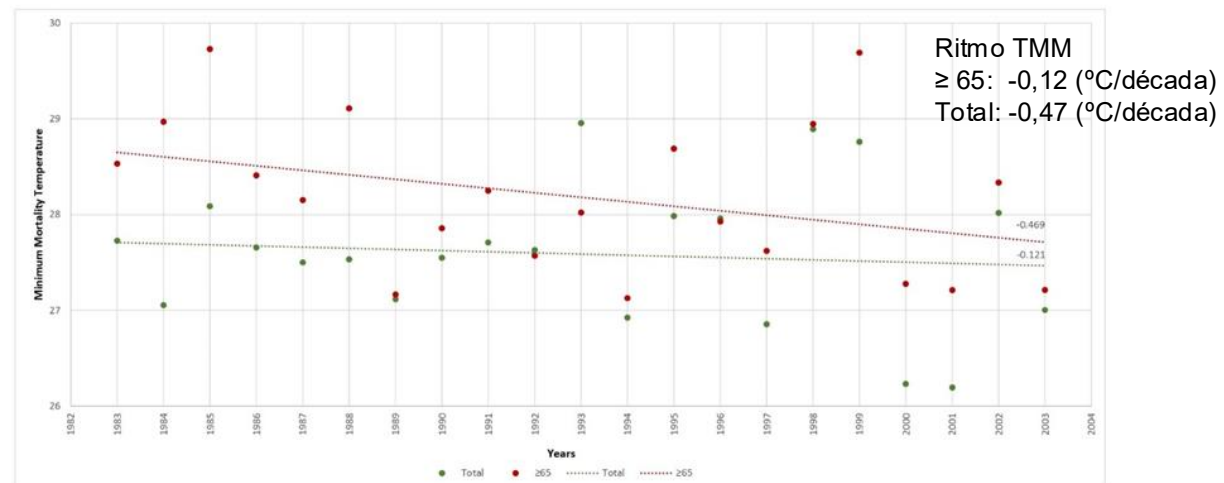
An indicator that makes it possible to measure whether a given population is adapting to heat is the time trend in the minimum mortality temperature (MMT) [6–8]. The MMT is characterised by linking temperature and daily mortality [8–11], this association usually has a shape depicted graphically as a U-, V- or J-shaped curve [7,12–16].

Effective heat health action plans that are adapted to local conditions must be implemented by all nations, local communities, and institutions. To minimize the impact of heat, some governments have implemented action plans to address heat-related health [17]. These action plans include alert systems to reduce vulnerability to heat [2]. In Spain, the National Heat Wave Prevention Plan (Plan Nacional de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas Sobre la Salud) was created in 2004 as an instrument to combat the effects of high temperatures on health [18].

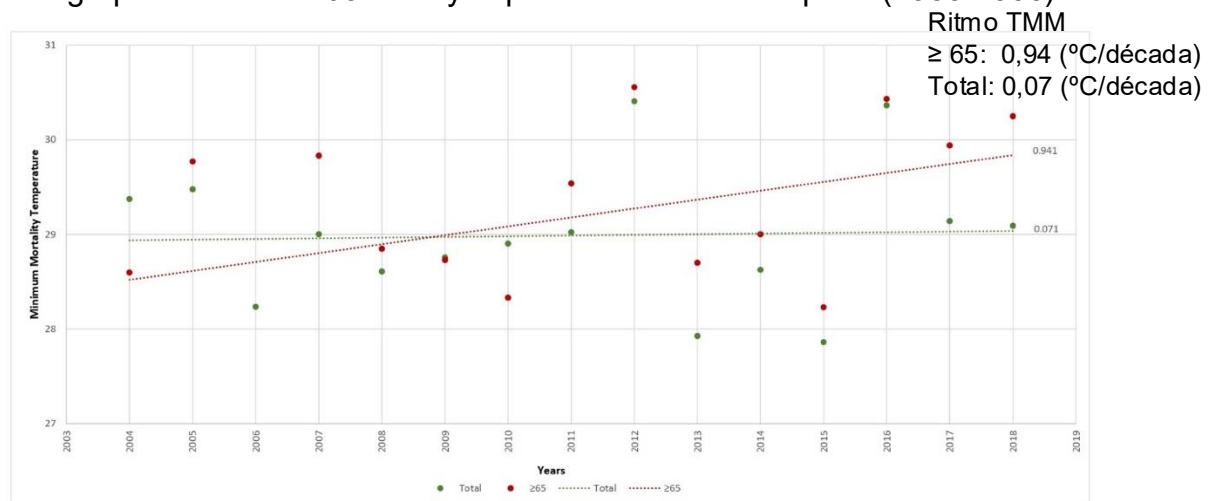
Relación de variables, por provincia, entre temperatura mínima de mortalidad (TMM) en personas de 65 años y más, temperatura máxima diaria (TMAX), TMAX media, incremento por década de la TMAX, variaciones en la TMM y niveles de adaptación. *valor p <0,05.

Code	Name	MMT	Mean (°C)	TMAX Rise (°C/Decade)	MMT Variation (°C/Decade)	Adaptation Level (MMT Variation-Tmax Rise)
1	Araba	28.2	17.4	0.459	-0.299	-0.758
2	Albacete	30.4	21	0.509	0.337	-0.172
3	Alicante	30.2	23.5	0.190	0.817	0.627 *
4	Almería	31.3	23.4	-0.070	0.531	0.601
5	Avila	23.1	17.2	0.394	-0.737	-1.131
6	Badajoz	32.8	24	0.286	0.490	0.204
7	Balearic Isles	28.6	22	0.330	1.449	1.119 *
8	Barcelona	26.9	20.6	0.414	0.483	0.069 *
9	Burgos	27.4	16.8	0.372	1.611	1.239
10	Cáceres	29.7	22.1	0.336	0.623	0.287
11	Cádiz	28.2	21.7	0.287	-0.230	-0.517
12	Castellón	29.9	22.5	0.370	0.757	0.387
13	Ciudad Real	29.5	22	0.267	0.341	0.074
14	Córdoba	34.3	25.4	0.332	1.887	1.555 *
15	Coruña	24.7	18	0.351	0.832	0.481
16	Cuenca	26.1	19.6	0.617	-0.245	-0.862
17	Girona	29.5	21.1	0.656	0.980	0.324
18	Granada	31.7	22.6	0.416	1.018	0.602 *
19	Guadalajara	26.4	20.5	0.367	-1.054	-1.421
20	Gipuzkoa	26.3	16.6	0.244	0.328	0.084
21	Huelva	30.4	24.1	0.322	0.916	0.594
22	Huesca	27.8	19.8	0.489	0.442	-0.047
23	Jaén	30.2	21.8	0.516	1.299	0.783 *
24	León	26.4	16.9	0.243	0.516	0.273
25	Lleida	30.3	21.7	0.264	0.499	0.235
26	Rioja, La	27.5	19.8	0.416	0.091	-0.325
27	Lugo	27.9	17.8	0.189	1.060	0.871
28	Madrid	29.2	20.2	0.394	0.816	0.422 *
29	Málaga	31.5	23.5	0.320	0.327	0.007
30	Murcia	30.3	22.4	0.172	1.510	1.338 *
31	Navarre	27.2	18.6	0.442	-0.344	-0.786
32	Ourense	31.4	21.6	0.457	0.973	0.516
33	Asturias	25.3	17.5	0.184	-0.047	-0.231
34	Palencia	24.0	16.8	0.286	1.953	1.667
35	Palmas, Las	29.4	24.3	0.128	-0.495	-0.623
36	Pontevedra	26.4	19.1	0.099	0.455	0.356
37	Salamanca	27.4	19	0.613	-0.442	-1.055
38	Tenerife S.C.	30.1	24.7	0.225	-0.342	-0.567
39	Cantabria	26.6	18.7	0.277	-0.175	-0.452
40	Segovia	23.8	18.1	0.298	-0.450	-0.748
41	Seville	34.0	25.6	0.310	1.425	1.115 *
42	Soria	24.3	17.3	0.280	0.035	-0.245
43	Tarragona	28.8	21.3	0.380	0.484	0.104
44	Teruel	23.8	19.9	0.420	-0.122 *	-0.542
45	Toledo	30.2	22.4	0.412	1.197	0.785 *
46	Valencia	31.0	22.9	0.313	0.359	0.046
47	Valladolid	26.5	17.8	0.186	0.225 *	0.039
48	Bizkaia	29.1	19.7	0.062	0.210	0.148
49	Zamora	25.9	19.2	0.491	-0.194	-0.685
50	Zaragoza	30.0	21.3	0.472	0.377	-0.095
(Spain)		28.4	20.6	0.34	0.45	0.11

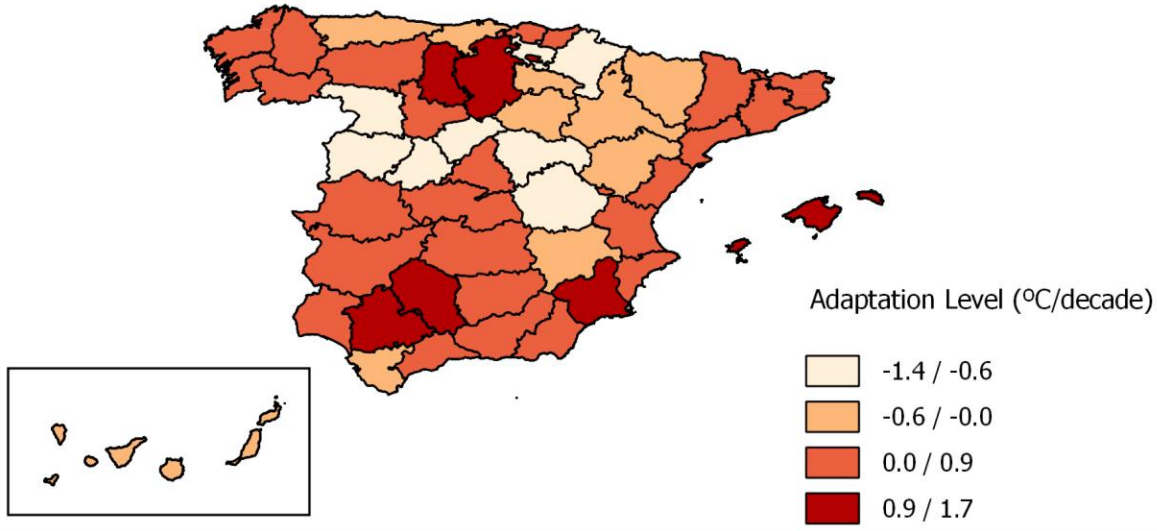
62% ✓
38% ✗



Evolución de la temperatura mínima de mortalidad (TMM) por año para los grupos de edad ≥ 65 años y la población total en España (1983-2003).

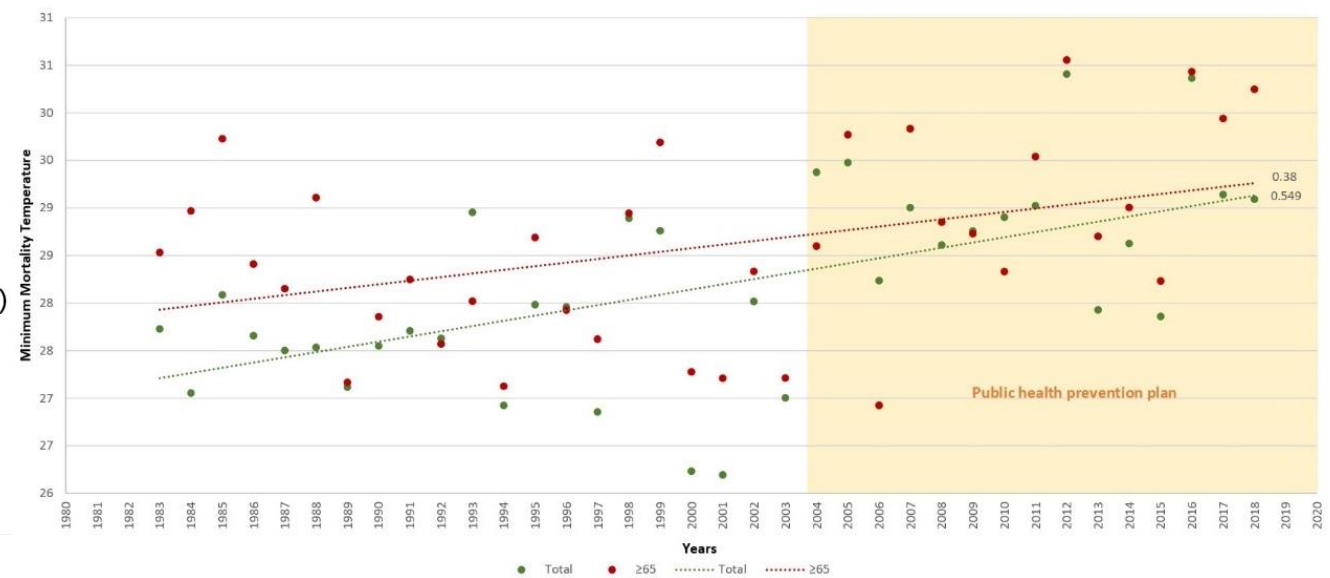


Tendencia de la temperatura mínima de mortalidad (TMM) por año para los grupos de edad ≥ 65 años y la población total en España (2004-2018).



Nivel de adaptación por provincia para grupos de edad ≥ 65 años en España (1983-2018).

31 de 50 provincias en poblaciones ≥ 65 años mostraron adaptación al calor.



Tendencia de la temperatura mínima de mortalidad (TMM) por año para los grupos de edad ≥ 65 años y la población total en España (1983-2018).

Con respecto a la evolución de las TMM a lo largo del tiempo de la población ≥ 65 años, la tendencia fue de 0,38 (°C/década) mientras que la población total fue de 0,55 (°C/década). La TMAX ha crecido durante el período estudiado a un ritmo de 0,34 (°C/década).

- La población ≥ 65 años mostraron adaptación al calor

Edad-Territorio

Article

Territory Differences in Adaptation to Heat among Persons Aged 65 Years and Over in Spain (1983–2018)

Miguel Ángel Navas-Martín ^{1,2,*}, José Antonio López-Buena ¹, María Soledad Ascaso-Sánchez ¹, Fernando Follos ³, José Manuel Vellón ³, Isidro Juan Mirón ⁴, María Yolanda Luna ⁵, Gerardo Sánchez-Martínez ⁶, Julio Díaz ^{1,4} and Cristina Linares ¹

- ¹ National School of Public Health, Carlos III Institute of Health, 28029 Madrid, Spain
 - ² Doctorate Program in Biomedical Sciences and Public Health, National University of Distance Education, 28015 Madrid, Spain
 - ³ Tdot Soluciones Sostenibles, SL, Ferrol, 15401 A Coruña, Spain
 - ⁴ Regional Health Authority of Castile La Mancha, 45500 Torrijos, Spain
 - ⁵ State Meteorological Agency, 28071 Madrid, Spain
 - ⁶ The UNEP DTU Partnership, 2100 Copenhagen, Denmark
- * Correspondence: manavas@isciii.es (M.Á.N.-M.); j.diaz@isciii.es (J.D.)

Abstract: Climate change is currently regarded as the greatest global threat to human health, and its health-related consequences take different forms according to age, sex, socioeconomic level, and type of territory. The aim of this study is to ascertain the differences in vulnerability and the heat-adaptation process through the minimum mortality temperature (MMT) among the Spanish population aged ≥ 65 years by territorial classification. A retrospective, longitudinal, ecological time-series study, using provincial data on daily mortality and maximum daily temperature across the period 1983–2018, was performed, differentiating between urban and nonurban populations. The MMTs in the study period were higher for the ≥ 65 -year age group in urban provinces, with a mean value of 29.6 °C (95%CI 29.2–30.0) versus 28.1 °C (95%CI 27.7–28.5) in nonurban provinces. This difference was statistically significant ($p < 0.05$). In terms of adaptation levels, higher average values were obtained for nonurban areas, with values of 0.12 (95%CI -0.13 –0.37), than for urban areas, with values of 0.09 (95%CI -0.27 –0.45), though this difference was not statistically significant ($p < 0.05$). These findings may contribute to better planning by making it possible to implement more specific public health prevention plans. Lastly, they highlight the need to conduct studies on heat-adaptation processes, taking into account various differential factors, such as age and territory.

Keywords: adaptation; MMT; age; elderly; rural; nonurban; urban; mortality; health

1. Introduction

Climate change continues to wreak havoc in many regions of the world and is now currently regarded as the greatest global threat to human health [1,2]. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) estimates that global temperatures will rise by 1.5 °C above preindustrial levels over the next decade. One of the many effects of climate change is the increase in average temperatures and heatwaves, which are more intense, more frequent, and longer [3,4]. Therefore, human activity has brought about changes in the climate, causing serious harm to nature and persons, especially in the most vulnerable groups [5].

The risk of heat exposure is a global issue, with population exposure to heatwaves increasing by 57% on average between 2010 and 2019 compared to the previous decade. This increase puts vulnerable populations, such as older people, young children, and those with chronic health conditions, at high risk of heat-related morbidity and mortality. Additionally, global warming has been associated with an estimated temperature-related mortality increase in most regions, causing an average of 15.1 additional deaths per million inhabitants per decade. Heat exposure not only has direct health impacts, but it also



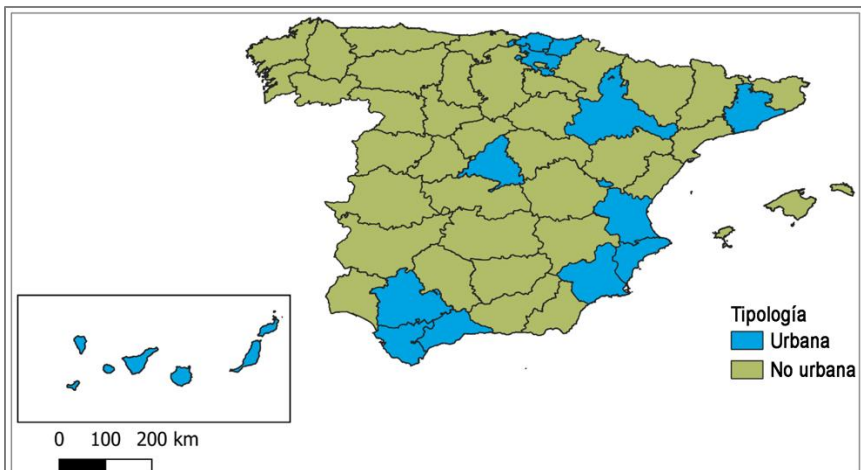
Citation: Navas-Martín, M.Á.; López-Buena, J.A.; Ascaso-Sánchez, M.S.; Follos, F.; Vellón, J.M.; Mirón, I.J.; Luna, M.Y.; Sánchez-Martínez, G.; Díaz, J.; Linares, C. Territory Differences in Adaptation to Heat among Persons Aged 65 Years and Over in Spain (1983–2018). *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2023**, *20*, 4168. <https://doi.org/10.3390/ijerph20054168>

Academic Editors: Bao-Jie He, Linchuan Yang and Junqing Tang

Received: 29 December 2022
Revised: 23 February 2023
Accepted: 23 February 2023
Published: 25 February 2023



Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Relación de variables, por **provincia urbana (n=14)**, entre temperatura mínima de mortalidad (TMM) en personas de 65 años y más, media TMM, media de la temperatura máxima diaria (TMAX), TMAX media, tendencia por década de la TMAX, variaciones de la TMM y niveles de adaptación. *valor p <0,05.

Province	MMT Mean	TMAX Mean (°C)	TMAX Rise (°C/Decade)	MMT Variation (°C/Decade)	Adaptation Level (MMT Variation-Tax Rise)
Araba	28.2	17.4	0.459	-0.299	-0.758
Alicante	30.2	23.5	0.190	0.817	0.627 *
Barcelona	26.9	20.6	0.414	0.483	0.069 *
Cadiz	28.2	21.7	0.287	-0.230	-0.517
Gipuzkoa	26.3	16.6	0.244	0.328	0.084
Madrid	29.2	20.2	0.394	0.816	0.422 *
Malaga	31.5	23.5	0.320	0.327	0.007
Murcia	30.3	22.4	0.172	1.510	1.338 *
Palmas, Las	29.4	24.3	0.128	-0.495	-0.623
S.C. Tenerife	30.1	24.7	0.225	-0.342	-0.567
Seville	34.0	25.6	0.310	1.425	1.115 *
Valencia	31.0	22.9	0.313	0.359	0.046
Bizkaia (Biscay)	29.1	19.7	0.062	0.210	0.148
Zaragoza	30.0	21.3	0.472	0.377	-0.095
(Spain)	29.6	21.74	0.29	0.38	0.09



64% ✓
36% ✗

Relación de variables, por **provincia no urbana (n=36)**, entre temperatura mínima de mortalidad (TMM) en personas de 65 años y más, temperatura máxima diaria (TMAX), TMAX media, tendencia por década de la TMAX, variaciones de la TMM y niveles de adaptación. *valor p <0,05.

Province	MMT Mean	TMAX Mean (°C)	TMAX Rise (°C/Decade)	MMT Variation (°C/Decade)	Adaptation Level (MMT Variation-Tmax Rise)
Albacete	30.4	21	0.509	0.337	-0.172
Almería	31.3	23.4	-0.070	0.531	0.601
Avila	23.1	17.2	0.394	-0.737	-1.131
Badajoz	32.8	24	0.286	0.490	0.204
Balearic Isles	28.6	22	0.330	1.449	1.119 *
Burgos	27.4	16.8	0.372	1.611	1.239
Cáceres	29.7	22.1	0.336	0.623	0.287
Castellón	29.9	22.5	0.370	0.757	0.387
Ciudad Real	29.5	22	0.267	0.341	0.074
Cordoba	34.3	25.4	0.332	1.887	1.555 *
Corunna	24.7	18	0.351	0.832	0.481
Cuenca	26.1	19.6	0.617	-0.245	-0.862
Girona	29.5	21.1	0.656	0.980	0.324
Granada	31.7	22.6	0.416	1.018	0.602 *
Guadalajara	26.4	20.5	0.367	-1.054	-1.421
Huelva	30.4	24.1	0.322	0.916	0.594
Huesca	27.8	19.8	0.489	0.442	-0.047
Jaén	30.2	21.8	0.516	1.299	0.783 *
León	26.4	16.9	0.243	0.516	0.273
Lleida	30.3	21.7	0.264	0.499	0.235
Rioja, La	27.5	19.8	0.416	0.091	-0.325
Lugo	27.9	17.8	0.189	1.060	0.871
Navarre	27.2	18.6	0.442	-0.344	-0.786
Ourense	31.4	21.6	0.457	0.973	0.516
Asturias	25.3	17.5	0.184	-0.047	-0.231
Palencia	24.0	16.8	0.286	1.953	1.667
Pontevedra	26.4	19.1	0.099	0.455	0.356
Salamanca	27.4	19	0.613	-0.442	-1.055
Cantabria	26.6	18.7	0.277	-0.175	-0.452
Segovia	23.8	18.1	0.298	-0.450	-0.748
Soria	24.3	17.3	0.280	0.035	-0.245
Tarragona	28.8	21.3	0.380	0.484	0.104
Teruel	23.8	19.9	0.420	-0.122 *	-0.542
Toledo	30.2	22.4	0.412	1.197	0.785 *
Valladolid	26.5	17.8	0.186	0.225 *	0.039
Zamora	25.9	19.2	0.491	-0.194	-0.685
(Spain)	28	20.21	0.36	0.48	0.12



61% ✓
39% ✗

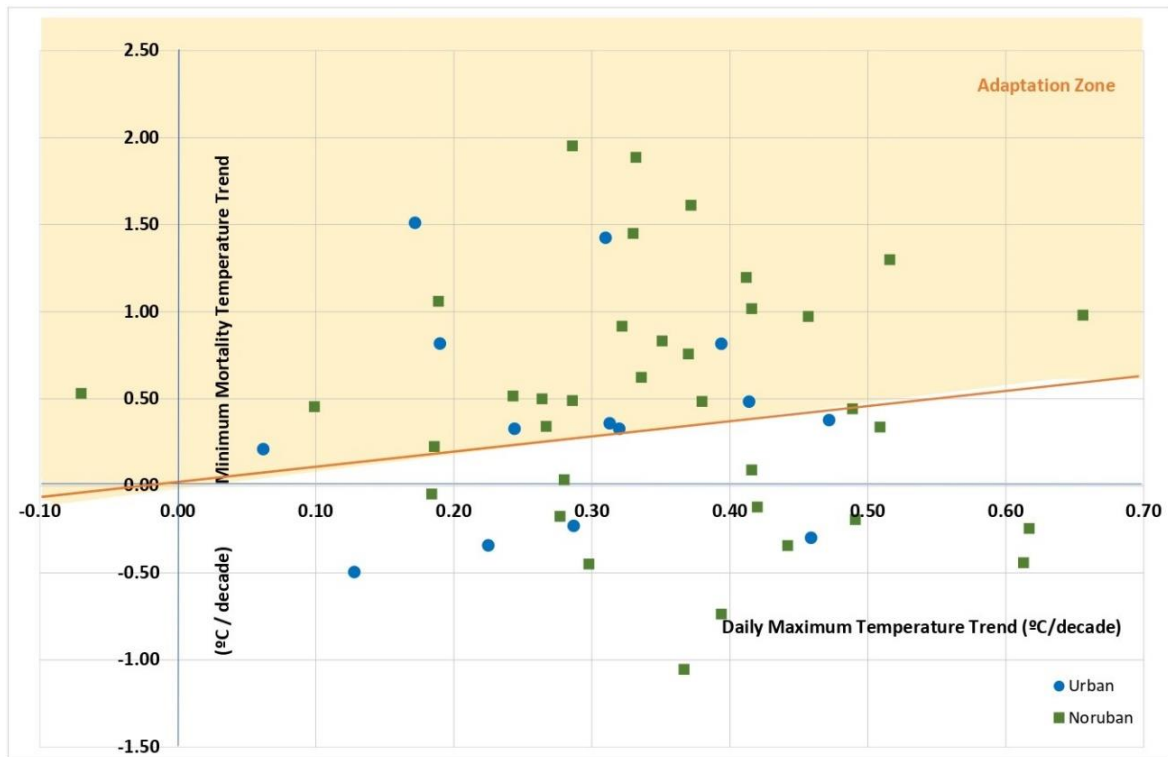
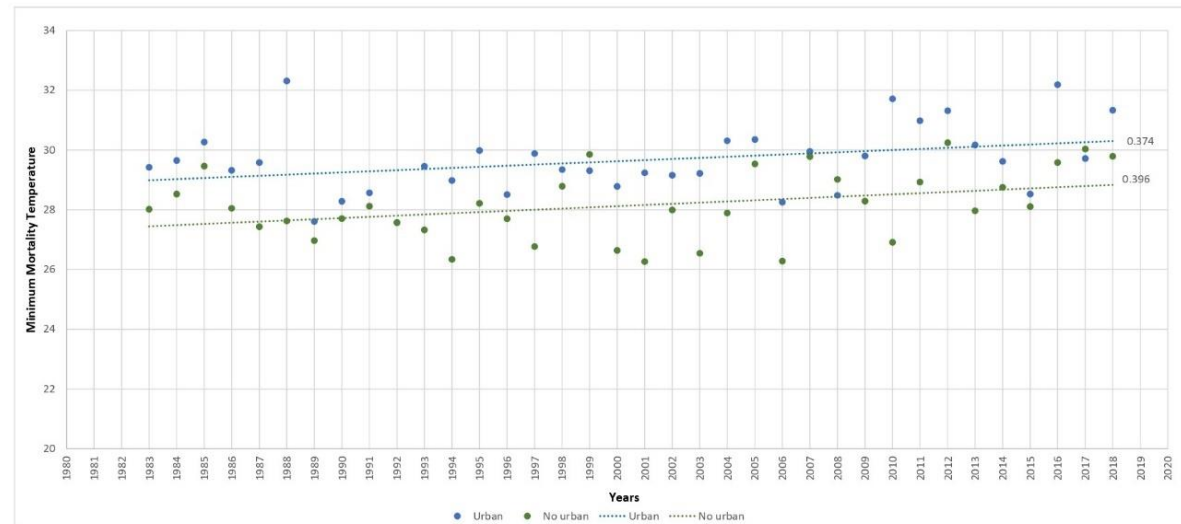


Diagrama de dispersión de la temperatura mínima de mortalidad con respecto a las variaciones de las temperaturas máximas diarias, por territorio en España (1983-2018). El área sombreada indica provincias que muestran adaptación al calor.

9 de 14 provincias en poblaciones ≥ 65 años en urbanas mostraron adaptación al calor.

22 de 36 provincias en poblaciones ≥ 65 años no urbanas mostraron adaptación al calor.



Evolución de la temperatura mínima de mortalidad (TMM) por año y tipo de territorio en España (1983-2018).

Con respecto a la evolución de las TMM a lo largo del tiempo para la población de ≥ 65 años en función del territorio, la tendencia fue mayor en las zonas no urbanas con $0,40$ ($^{\circ}\text{C}/\text{década}$), mientras que en las zonas urbanas fue de $0,37$ ($^{\circ}\text{C}/\text{década}$). Teniendo en cuenta que los ritmos de variación de las TMAX en las zonas urbanas fueron de $0,29$ ($^{\circ}\text{C}/\text{década}$) y de $0,36$ ($^{\circ}\text{C}/\text{década}$) en las zonas no urbanas.



+0,09 $^{\circ}\text{C}/\text{década}$



+0,12 $^{\circ}\text{C}/\text{década}$

Marco conceptual



Human adaptation to heat in the context of climate change: A conceptual framework

Miguel Ángel Navas-Martín ^{a,b,c,*}, Teresa Cuervo-Vilches ^c, José Antonio López-Bueno ^b, Julio Díaz ^b, Cristina Linares ^b, Gerardo Sánchez-Martínez ^d

^a Programme in Biomedical Sciences and Public Health, National University of Distance Education (UNED), Madrid, Spain

^b National School of Public Health, Carlos III Institute of Health (ISCIII), Madrid, Spain

^c Eduardo Torroja Construction Sciences Institute (IETCC), Spanish National Research Council (CSIC), Madrid, Spain

^d European Environment Agency (EEA), Copenhagen, Denmark

ARTICLE INFO

Keywords:
Adaptation
Climate change
Heat
Conceptual framework
Mortality

ABSTRACT

Climate change is causing serious damage to natural and social systems, as well as having an impact on human health. Among the direct effects of climate change is the rise in global surface temperatures and the increase in the frequency, duration, intensity and severity of heat waves. In addition, understanding of the adaptation process of the exposed population remains limited, posing a challenge in accurately estimating heat-related morbidity and mortality. In this context, this study seeks to establish a conceptual framework that may make it easier to understand and organise knowledge about human adaptation to heat and the factors that may influence this process. An inductive approach based on grounded theory was used, through the analysis of case studies connecting concepts. The proposed conceptual framework is made up of five components (climate change, vulnerability, health risks of heat, axes of inequality and health outcomes), three heat-adaptation domains (physiological, cultural and political), two levels (individual and social), and the pre-existing before a heat event. The application of this conceptual framework facilitates the assistance of decision-makers in planning and implementing effective adaptation measures. Recognizing the importance of addressing heat adaptation as a health problem that calls for political solutions and social changes. Accordingly, this requires a multidisciplinary approach that would foster the participation and collaboration of multiple actors for the purpose of proposing effective measures to address the health impact of the rise in temperature.

1. Introduction

1.1. Background

Human action has already caused a rise in the mean global surface temperature of 1.1 °C above the pre-industrial mean (IPCC, 2023). This phenomenon is leading to a greater frequency and intensity of extreme weather events, something that is, in turn, causing severe damage to natural and social systems and having important effects on human health (Romanello et al., 2022). Among the direct effects of climate change are the rise in global surface temperatures and the increase in the frequency, duration, intensity and severity of heat waves (IPCC, 2022b). The world is facing a climate crisis that affects peace, security and health, among other key dimensions of human life. Adaptation has become more prominent as a worldwide challenge encompassing local,

subnational, national, regional, and global aspects. It is now a central focus on both domestic and international political agendas, acknowledged as being equally vital as efforts to mitigate climate change (UNEP, 2022). Climate change will induce tens of millions of people to move within their nations by 2050, seeking to escape the adverse impacts of it. These displacements will originate in less sustainable regions characterized by low water availability and low agricultural productivity, as well as in areas affected by sea-level rise and cyclonic storms. The most impoverished and climate-vulnerable communities will be the most impacted (Rigaud et al., 2018). Although greenhouse gas emissions might be completely eliminated, the climate impacts that are already occurring will continue for some time (European Commission, 2021). Human influence, according to future emission scenarios, will continue to change climate conditions, something that will very likely bring about a rise in sea levels and virtually certain an increase in extreme heat

* Corresponding author. National School of Health, Carlos III Health Institute Avda. Monforte de Lemos 5, 28029, Madrid, Spain.
E-mail address: mnavas89@alumno.uned.es (M.Á. Navas-Martín).

<https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118803>

Received 30 November 2023; Received in revised form 21 March 2024; Accepted 25 March 2024

Available online 31 March 2024

0013-9351/© 2024 The Authors. Published by Elsevier Inc. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

DIFERENCIAS ENTRE TEORÍA, MARCO TEÓRICO Y MARCO CONCEPTUAL



TEORÍA

- Es un **enunciado general** que explica o predice relaciones entre fenómenos.
- Ofrece una visión global y generaliza.
- **Ver el bosque entero, no solo un árbol.**



MARCO TEÓRICO

- Son las **teorías y conceptos existentes** relevantes al tema de estudio.
- Resume conocimientos ya publicados para interpretar los datos.
- Sirve como **base sólida** para situar tu estudio en el contexto académico.
- Equivale a **una habitación dentro de la casa** (de la investigación).



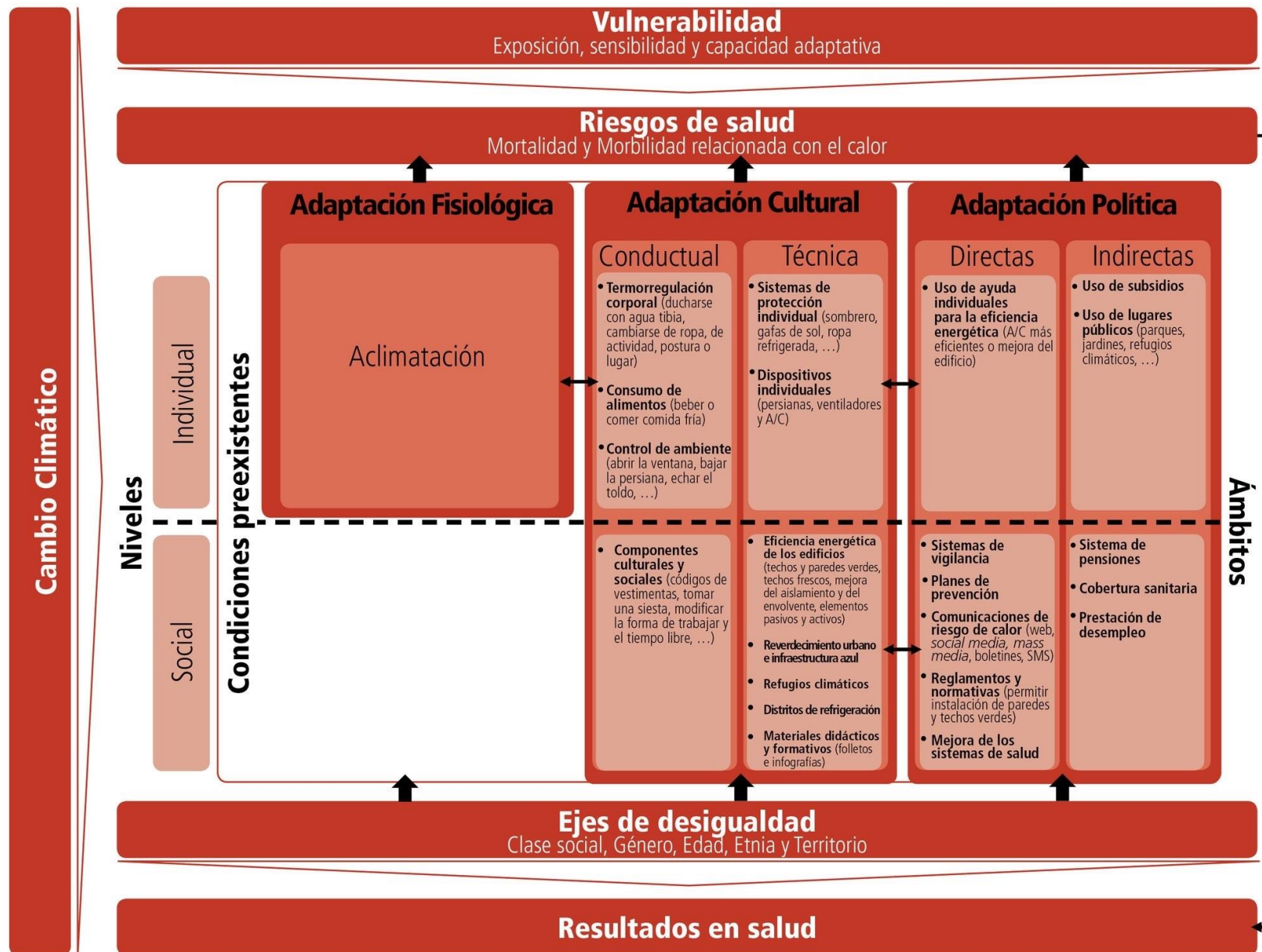
MARCO CONCEPTUAL

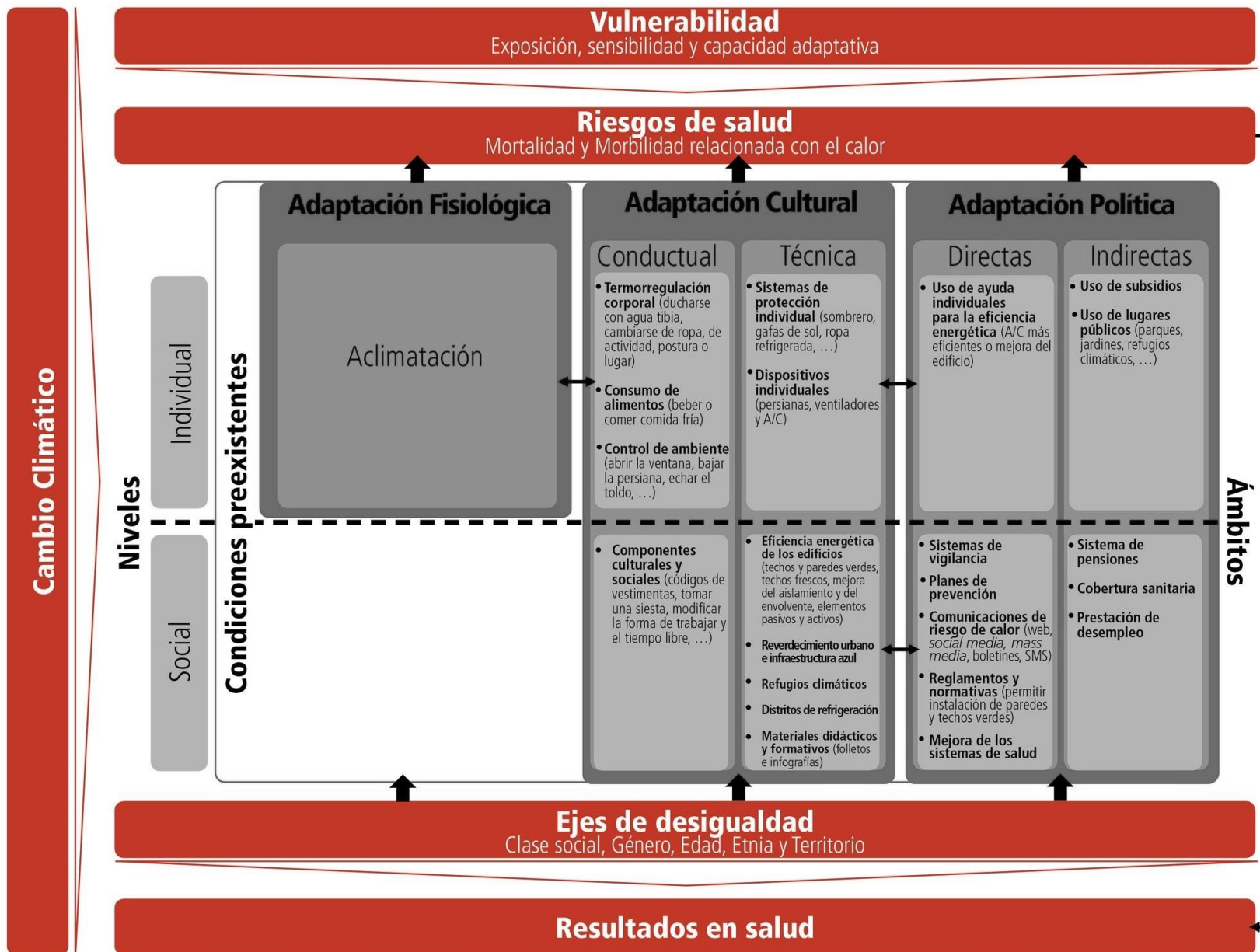
- Contiene **las ideas y reflexiones del investigador**
- Justifica la importancia del estudio y define **cómo se construye la investigación.**
- **La casa completa:** la estructura general del proyecto.



CONEXIONES

- El **marco conceptual** integra y **da sentido a toda la investigación.**
- El **marco teórico** se nutre de las **teorías existentes** y las **articula con la investigación.**
- La **teoría** es más amplia y **general**, mientras que los **marcos** son su **aplicación específica.**

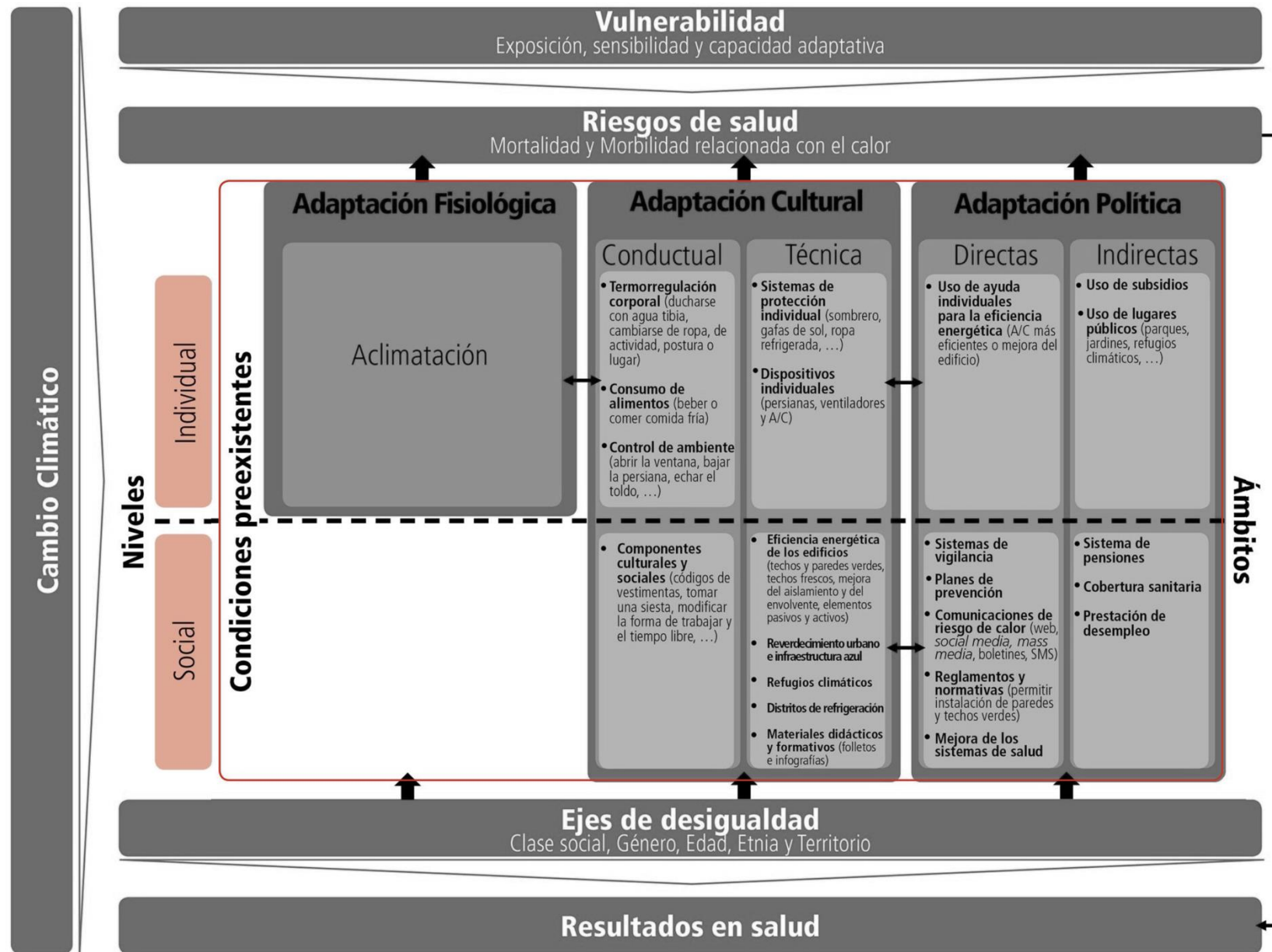


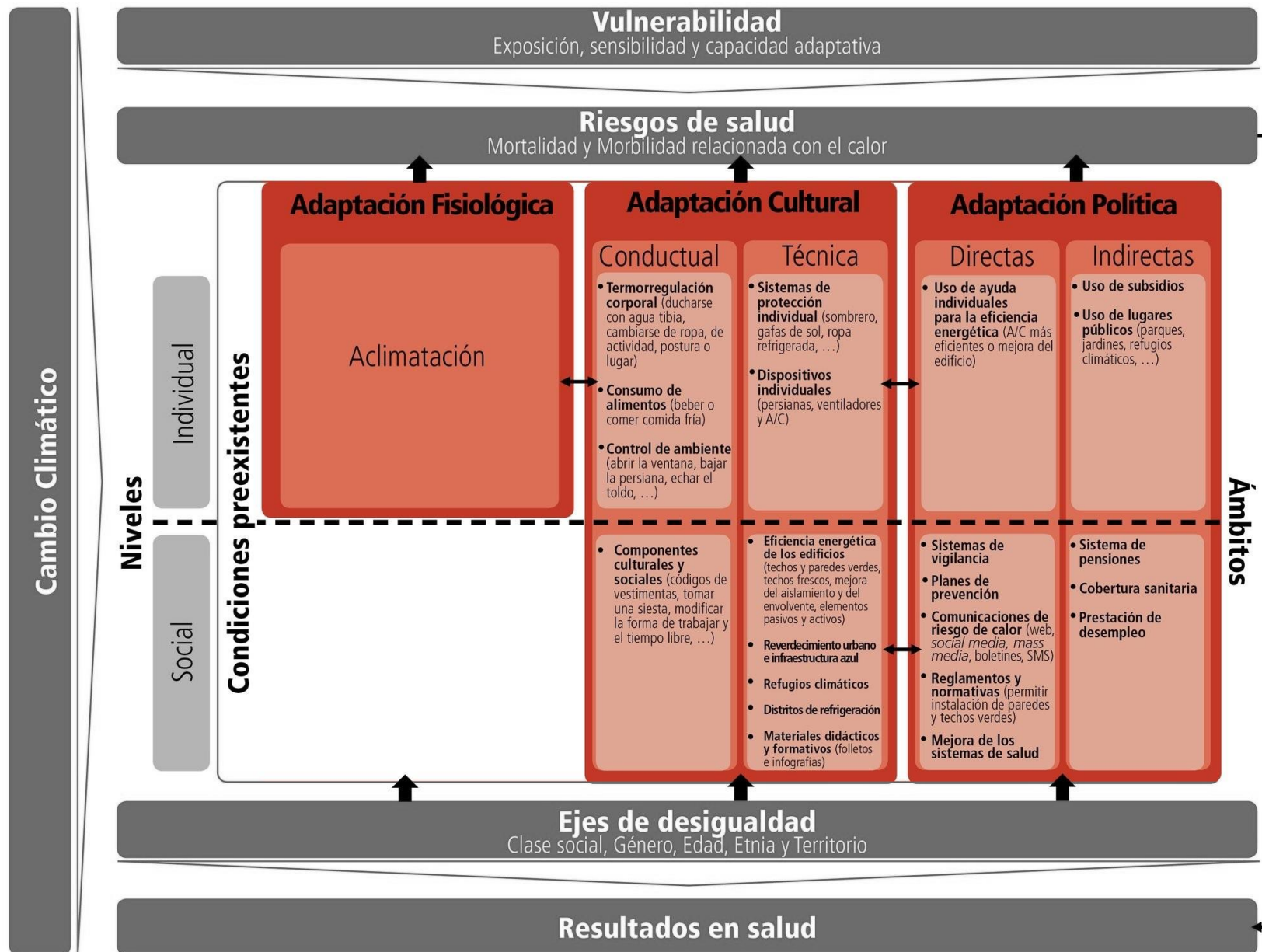


Condiciones preexistentes:

Son las circunstancias o factores que ya están presentes en un individuo o población antes de que ocurra un evento (calor)

- **Individual:** enfermedades, condición física, consumo de sustancias, ...
- **Social:** Recursos, infraestructuras, ... (planes de prevención)





¡Gracias!