

Cambio Climático: Bases físicas. Impacto de las bajas temperaturas en la salud.

Dr. Julio Díaz Jiménez

Escuela Nacional de Sanidad. ISCIII.



[@ensgismau](https://twitter.com/ensgismau)

j.diaz@isciii.es

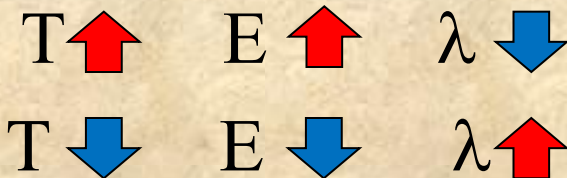
Bases físicas del cambio climático.

- Ley de Stefan Boltzman: $E = \sigma T_e^4$

E = Energía emitida. T_e = Temperatura superficie. σ = Cte. de Boltzman.

- Ley de Planck $E = hc/\lambda$

E = Energía emitida. h = Cte. de Planck. c = Velocidad de la luz
 λ = longitud de onda.

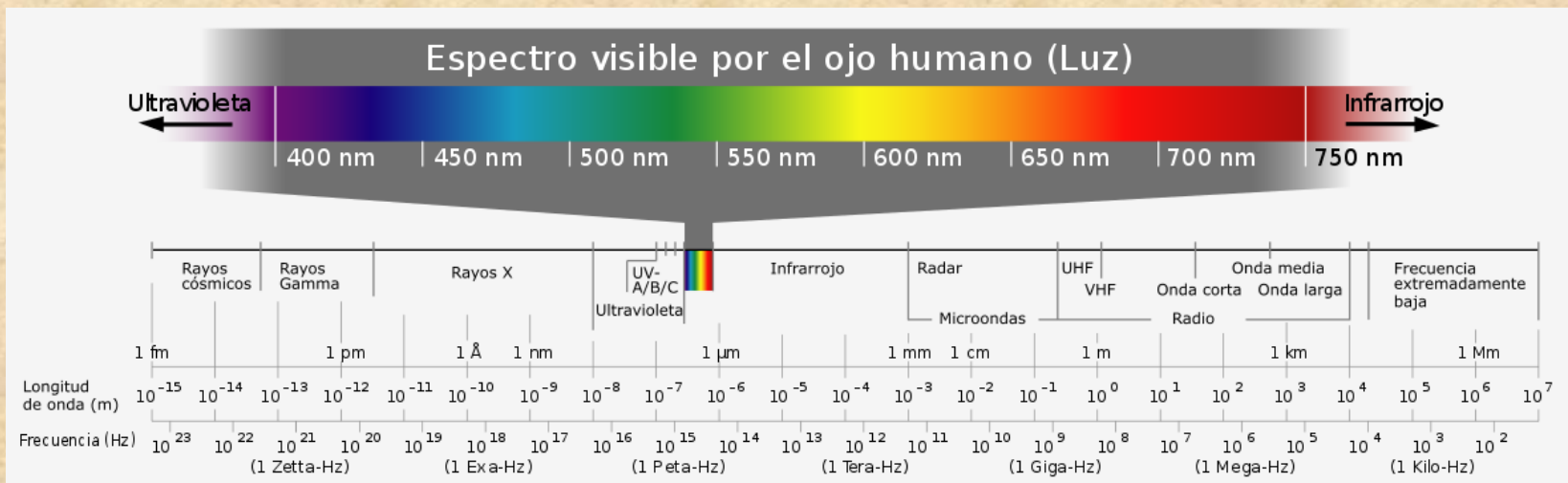


Bases físicas del cambio climático.

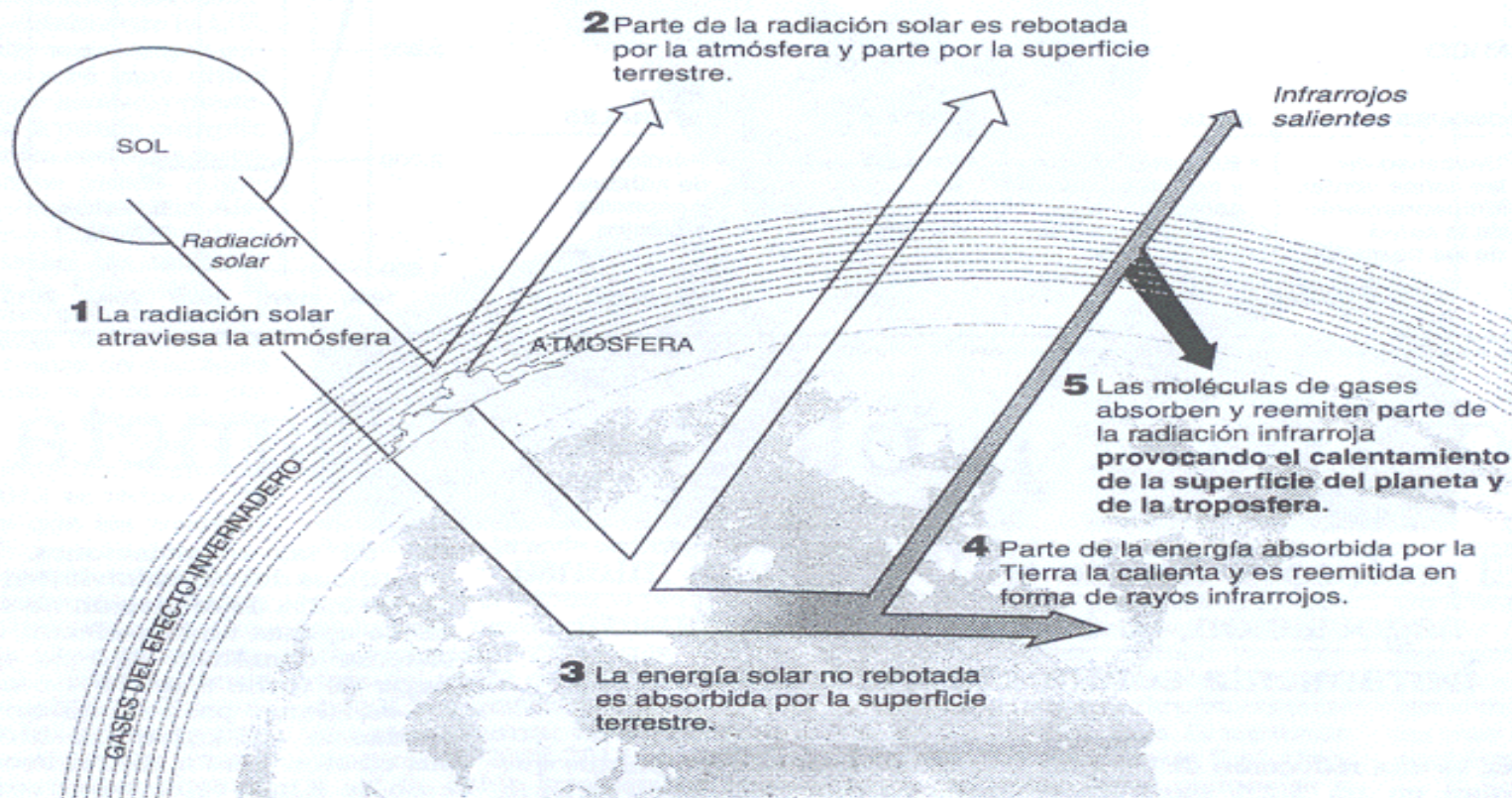
Sol: Temperatura exterior 5800 K
 $\lambda = 6200$ Amstrong (amarillo-naranja).
Onda corta.

Tierra: Temperatura exterior 288 K (15 °C)
 $\lambda = 8000$ Amstrong (Infrarrojo).
Onda larga.

Bases físicas del cambio climático.



El efecto invernadero



■ EL EFECTO INVERNADERO

La atmósfera actúa como una trampa térmica y este efecto invernadero aumenta con la concentración de gases como el dióxido de carbono (CO_2).

La actividad humana, la deforestación y la quema de combustibles fósiles incrementan la presencia del CO_2 en el aire.

Gases de efecto invernadero que incluye el Protocolo de Kioto

- Dióxido de carbono (CO_2)
- Metano (CH_4)
- Óxido nitroso (N_2O)
- Hidrofluorocarbonos (HFC)
- Perfluorocarbonos (PFC)
- Hexafluoruro de azufre (SF_6)

Concentración de dióxido de carbono en la atmósfera



Cifras en partes por millón (columna vertical izq.) y años (horizontal)

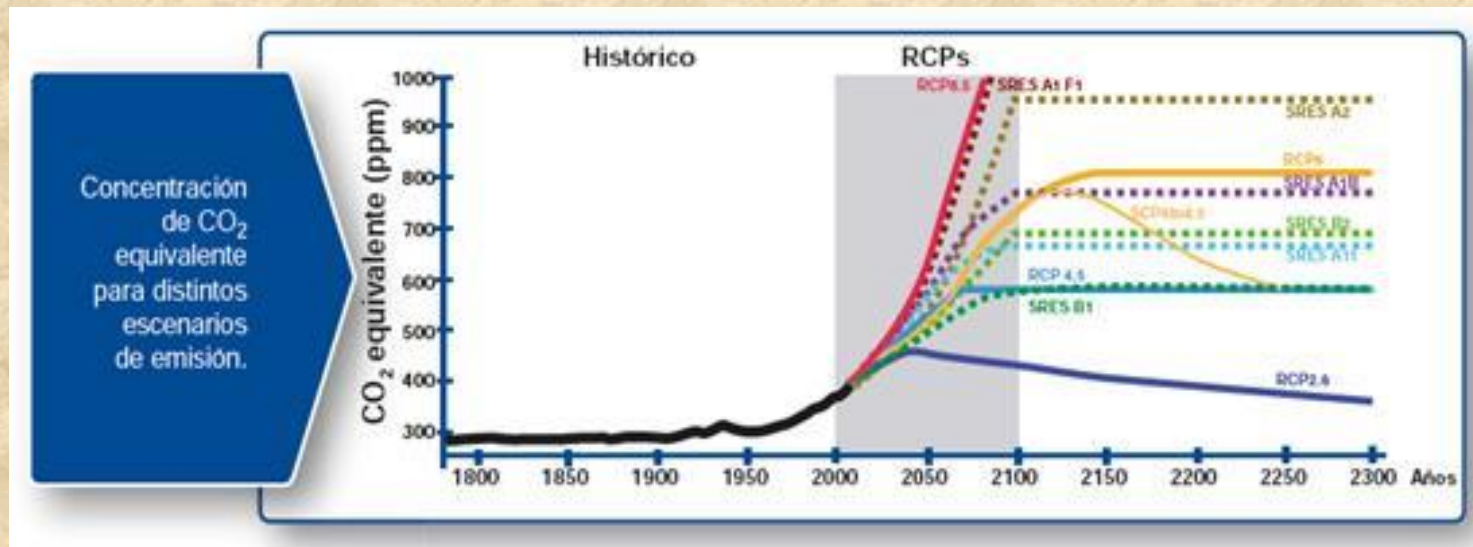
Nuevos Escenarios de Emisión según el Quinto Informe del IPCC (AR5)

Trayectorias de Concentración Representativas (RCP) basadas en el Forzamiento Radiativo (FR) para el 2100 que oscila entre 2.6 y 8.5 W/m²

	FR	Tendencia del FR	[CO ₂] en 2100
RCP2.6	2,6 W/m ²	decreciente en 2100	421 ppm
RCP4.5	4,5 W/m ²	estable en 2100	538 ppm
RCP6.0	6,0 W/m ²	creciente	670 ppm
RCP8.5	8,5 W/m ²	creciente	936 ppm

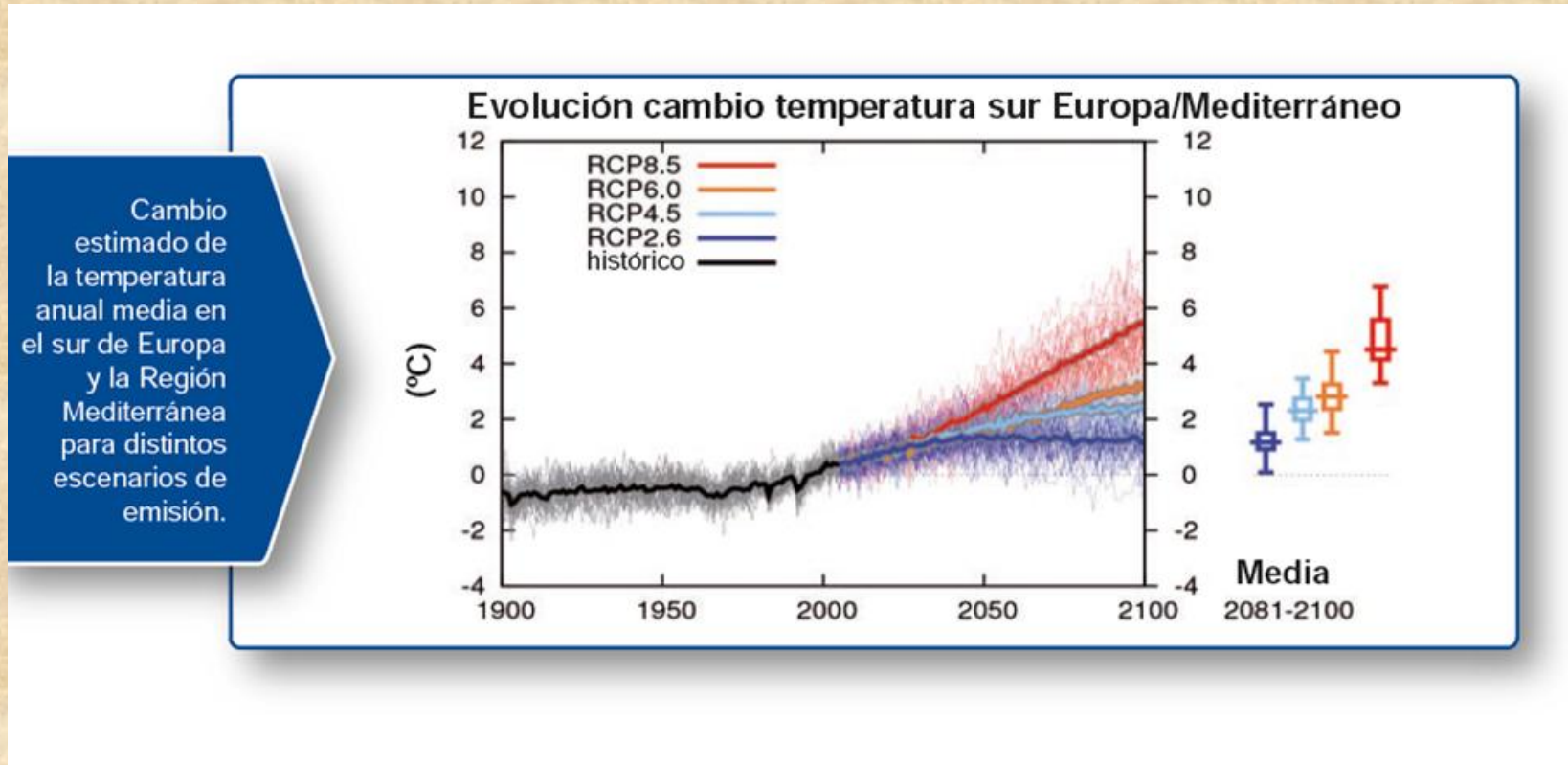
Fuente: IPCC. WGI. Cambio climático. Bases Físicas.

Nuevos Escenarios de Emisión según el Quinto Informe del IPCC (AR5)



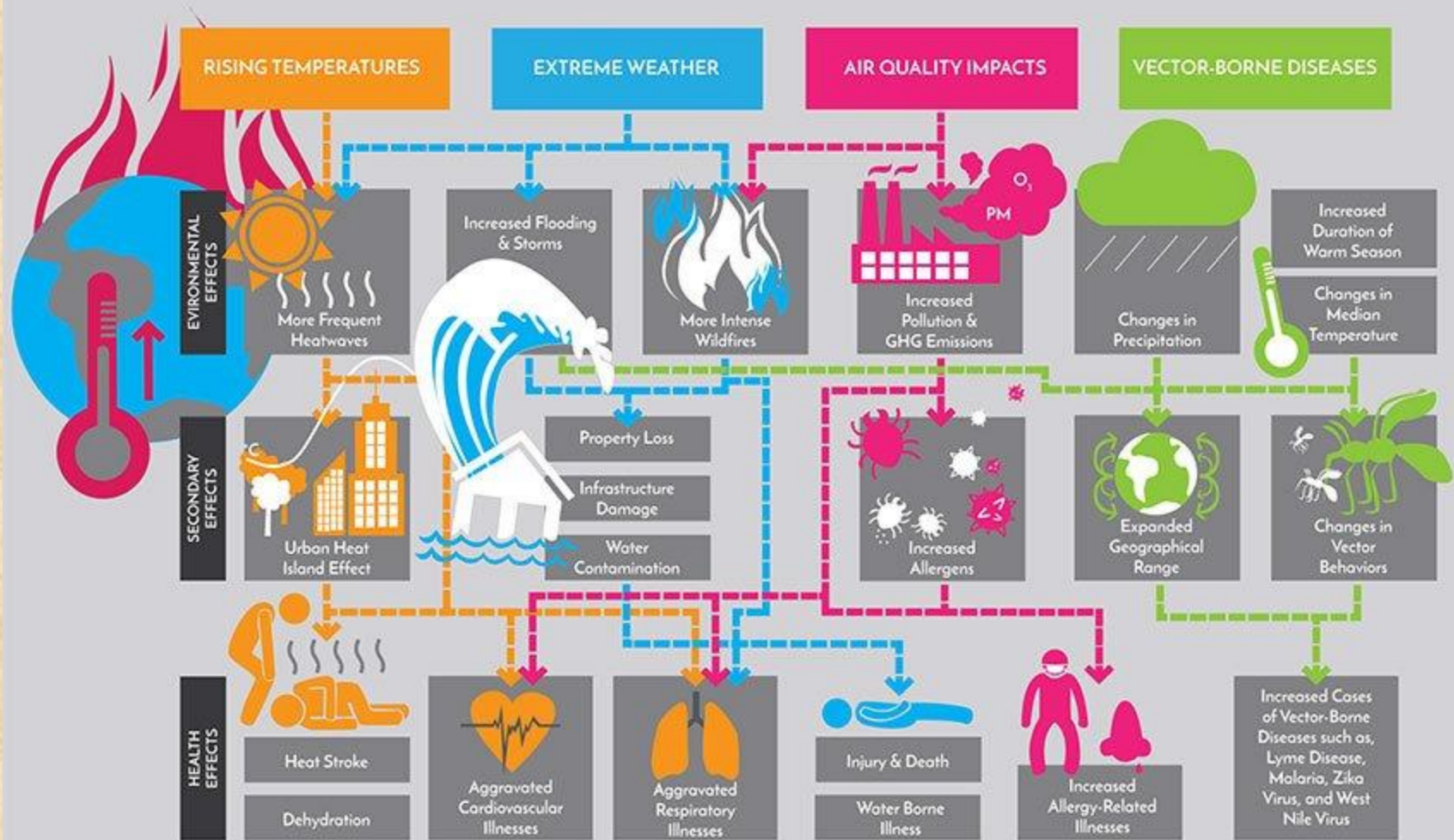
Fuente: IPCC. WGI. Cambio climático. Bases Físicas.

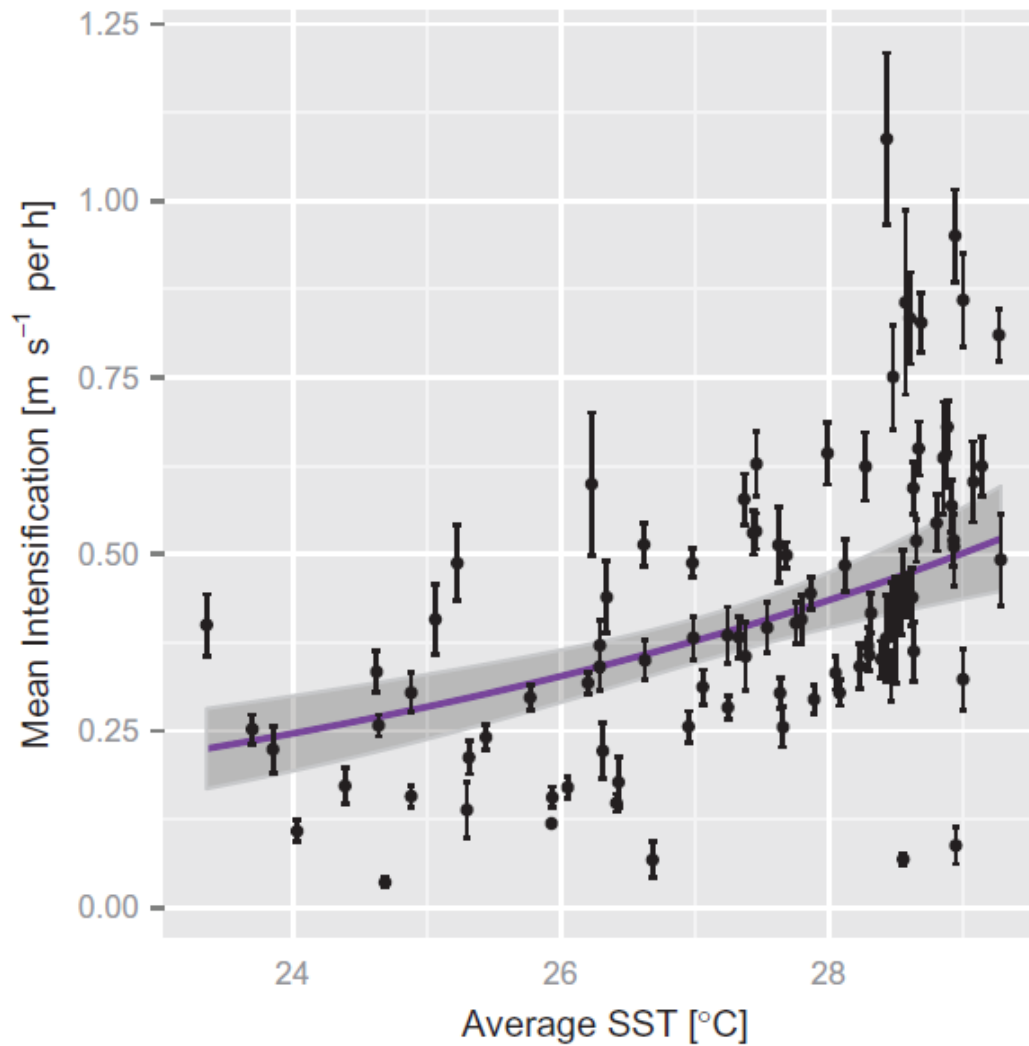
Nuevos Escenarios de Emisión según el Quinto Informe del IPCC (AR5)



Fuente: IPCC. WGI. Cambio climático. Bases Físicas.

HOW CLIMATE CHANGE AFFECTS YOUR HEALTH





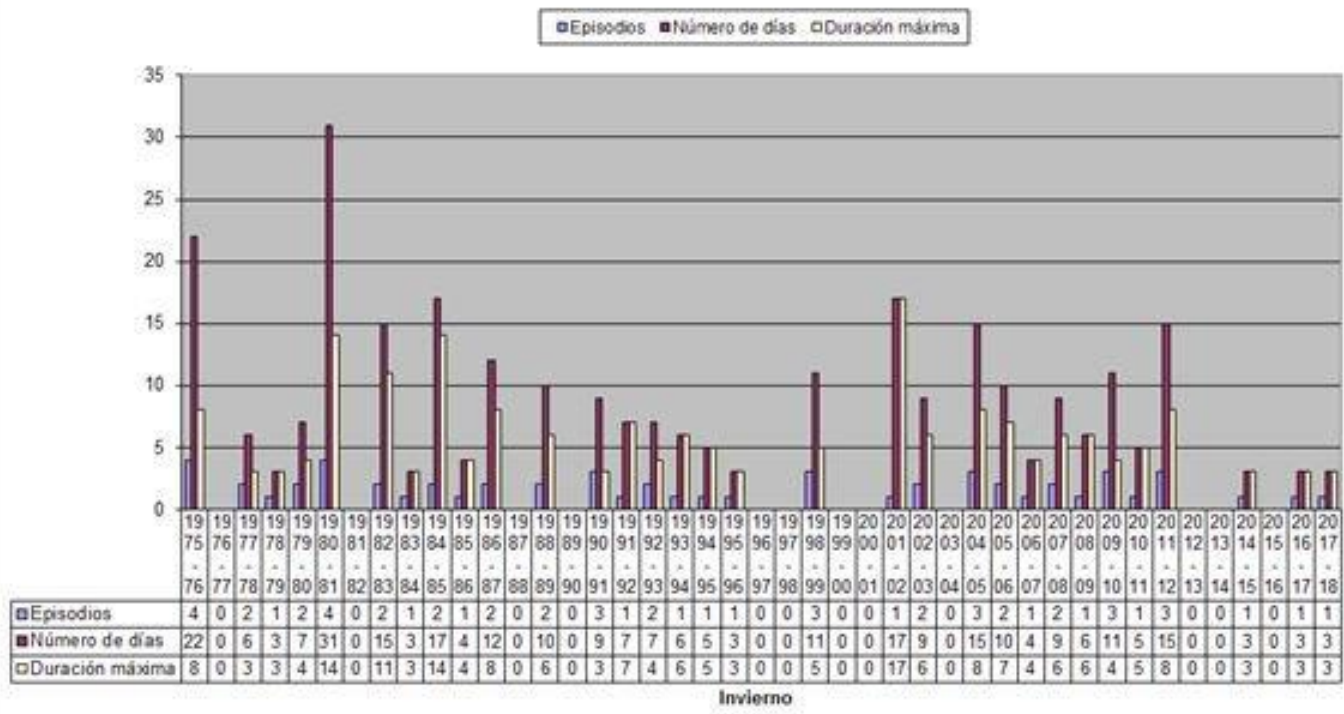
Physical Geography, 2015
<http://dx.doi.org/10.1080/02723646.2015.1066146>



**A climatological study of the effect of sea-surface temperature on
North Atlantic hurricane intensification**

Erik Fraza* and James B. Elsner

Episodios de ola de frío, número de días con ola de frío durante el invierno y duración de la ola de frío más larga de cada invierno



Fuente: AEMET

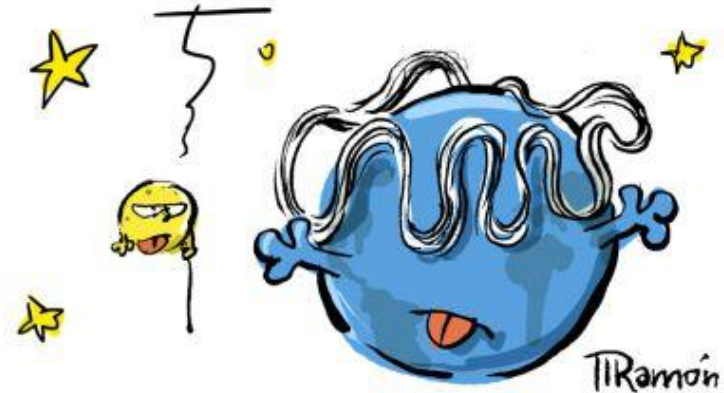
Hipo
Polo
Pota
Temo

CON UN ÁRTICO FRÍO Y SANO EL CHORRO
POLAR ES FUERTE Y VELOZ, PERO CON EL ÁRTICO
RECALENTADO EL CHORRO PIERDE FUERZA



ramonilustracion@gmail.com

ES CUANDO TE COMEN LAS
CICLOGÉNESIS Y NIEVA EN CANARIAS



TIRamón

SENSIBILIDAD AL CLIMA ACTUAL

INDICE PARA CARACTERIZAR LA INTENSIDAD DE LAS OLAS DE CALOR Y FRÍO.

Calor:

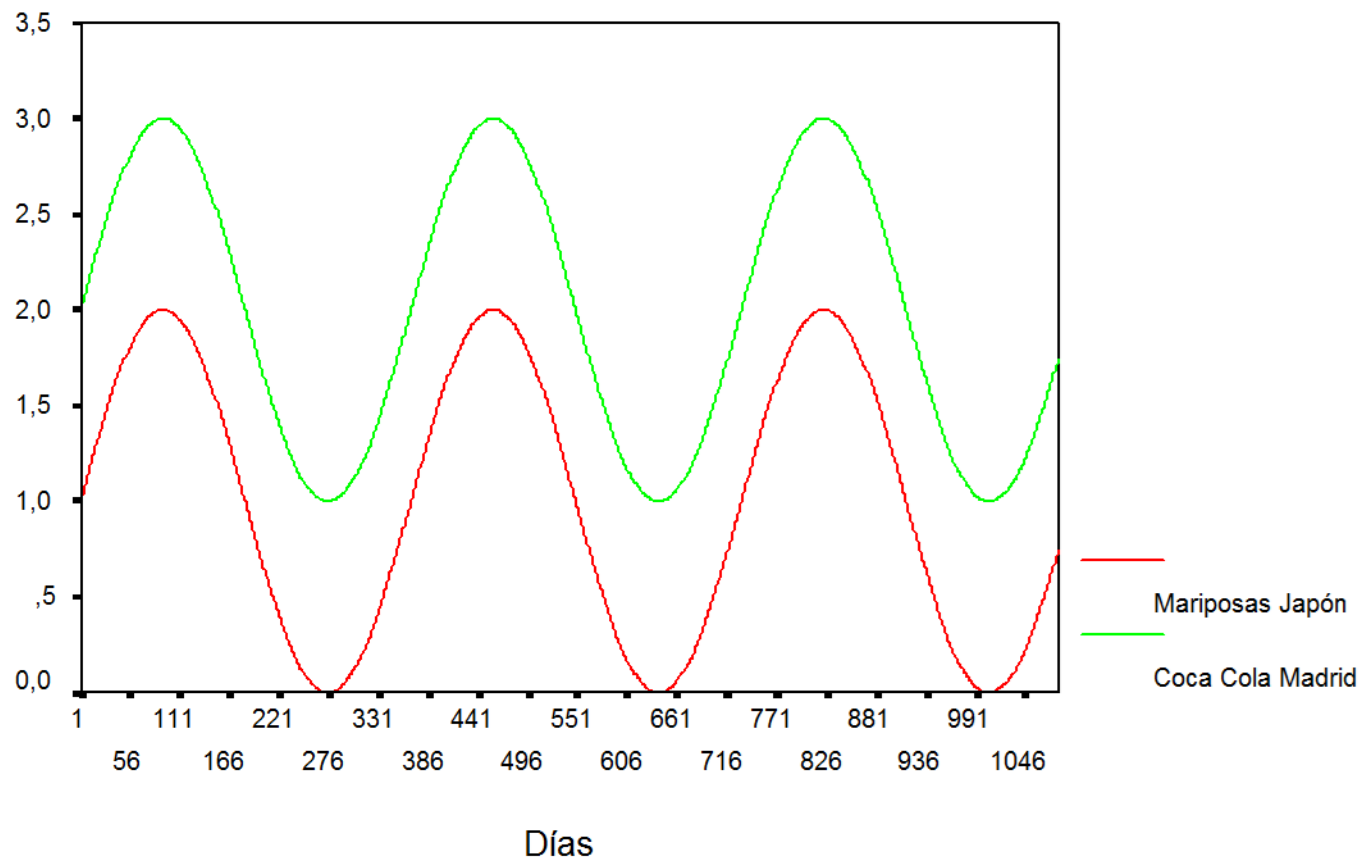
$$IOC = \sum (T_{\max} - T_{\text{umbral}}) \text{ si } T_{\max} > T_{\text{umbral}}$$

$$IOC = 0 \quad \text{si } T_{\max} < T_{\text{umbral}}$$

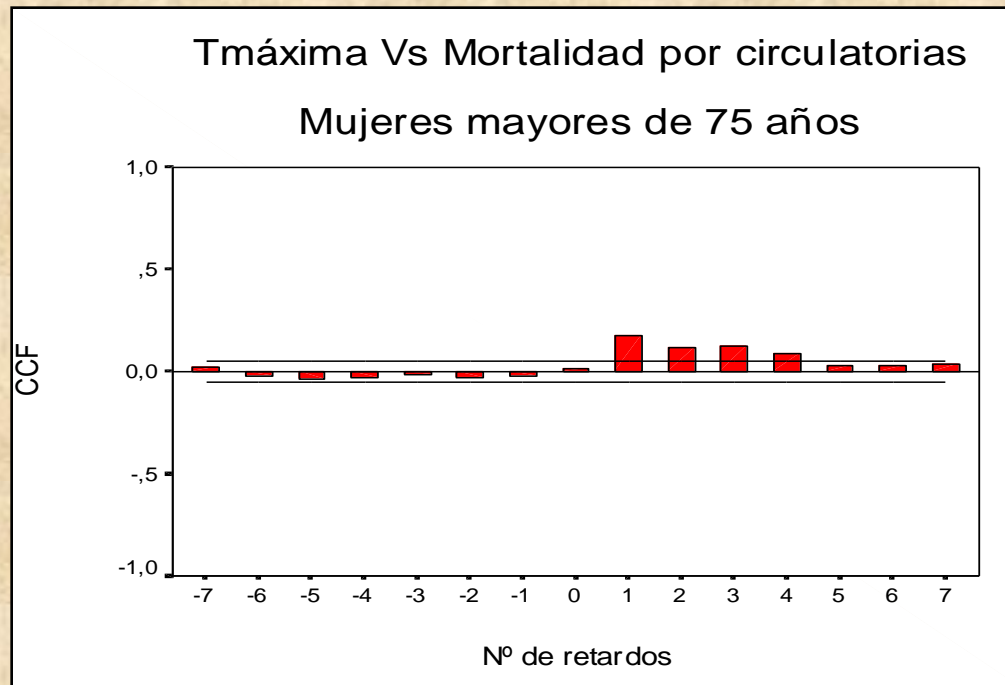
Frío:

$$IOF = \sum (T_{\text{umbral}} - T_{\max}) \text{ si } T_{\max} < T_{\text{umbral}}$$

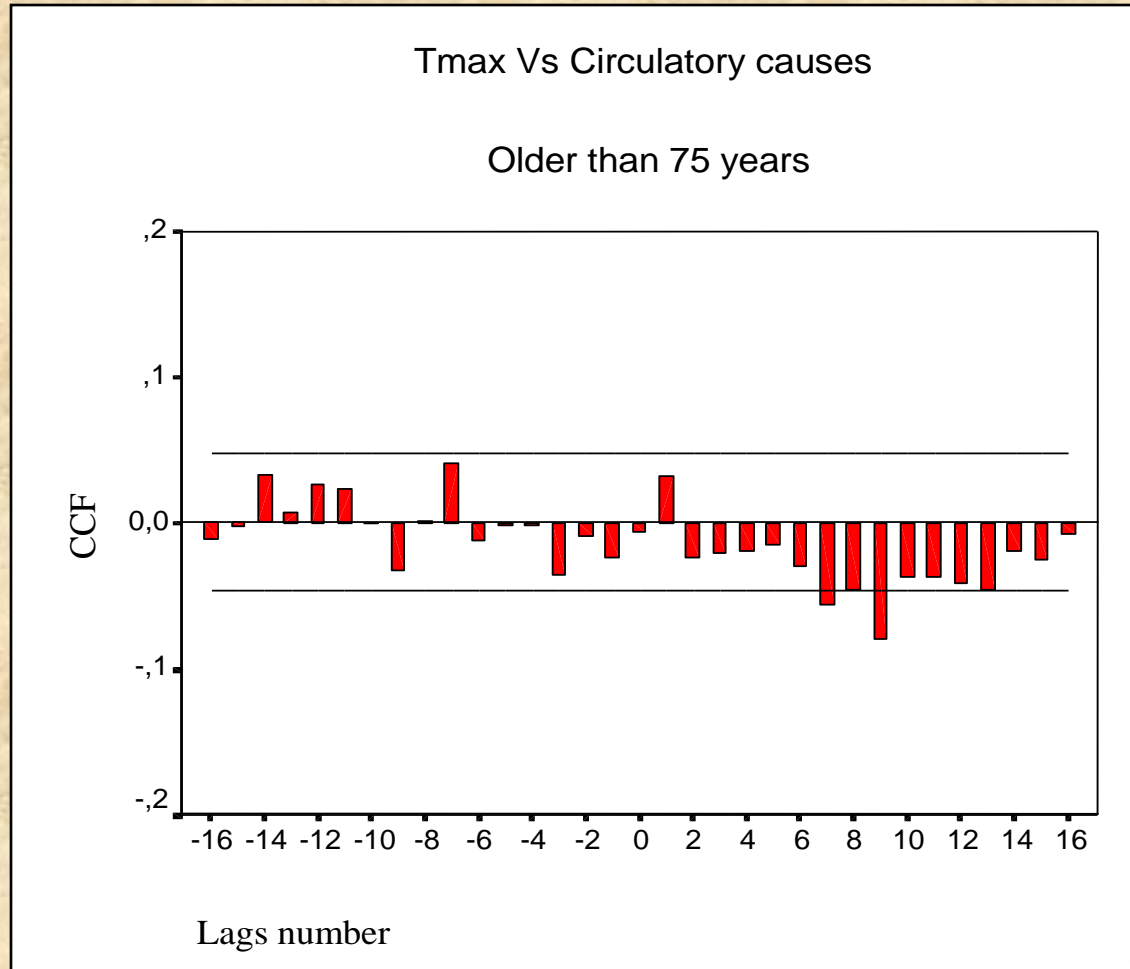
$$IOF = 0 \quad \text{si } T_{\max} > T_{\text{umbral}}$$



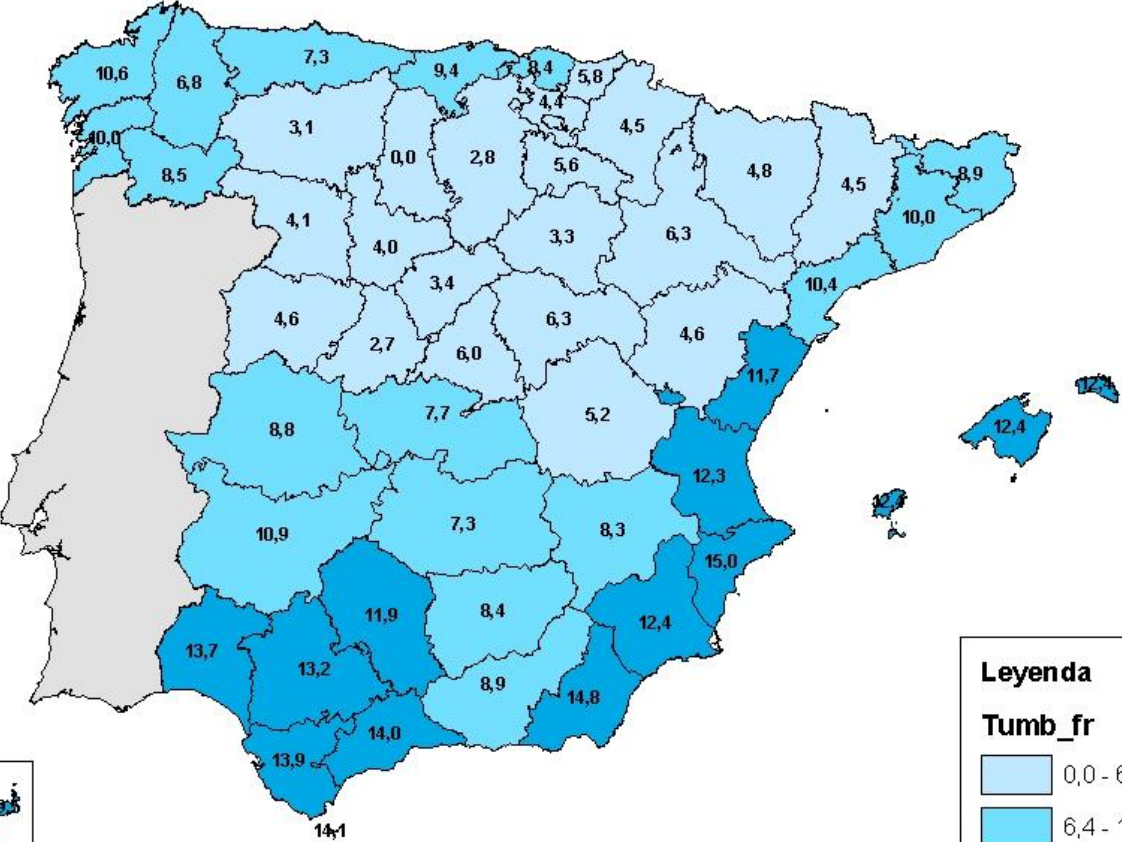
Un sólo día de superación de la temperatura umbral tiene impacto sobre la mortalidad hasta varios días después, siendo máximo uno o dos días después de superación del umbral, pudiendo notarse los efectos sobre la mortalidad hasta 6 días después.



CCF. OLAS DE FRÍO.



TEMPERATURA UMBRAL OLA DE FRÍO (°C)



Leyenda

Tumb_fr

Light Blue	0,0 - 6,3
Medium Blue	6,4 - 10,9
Dark Blue	11,0 - 19,5

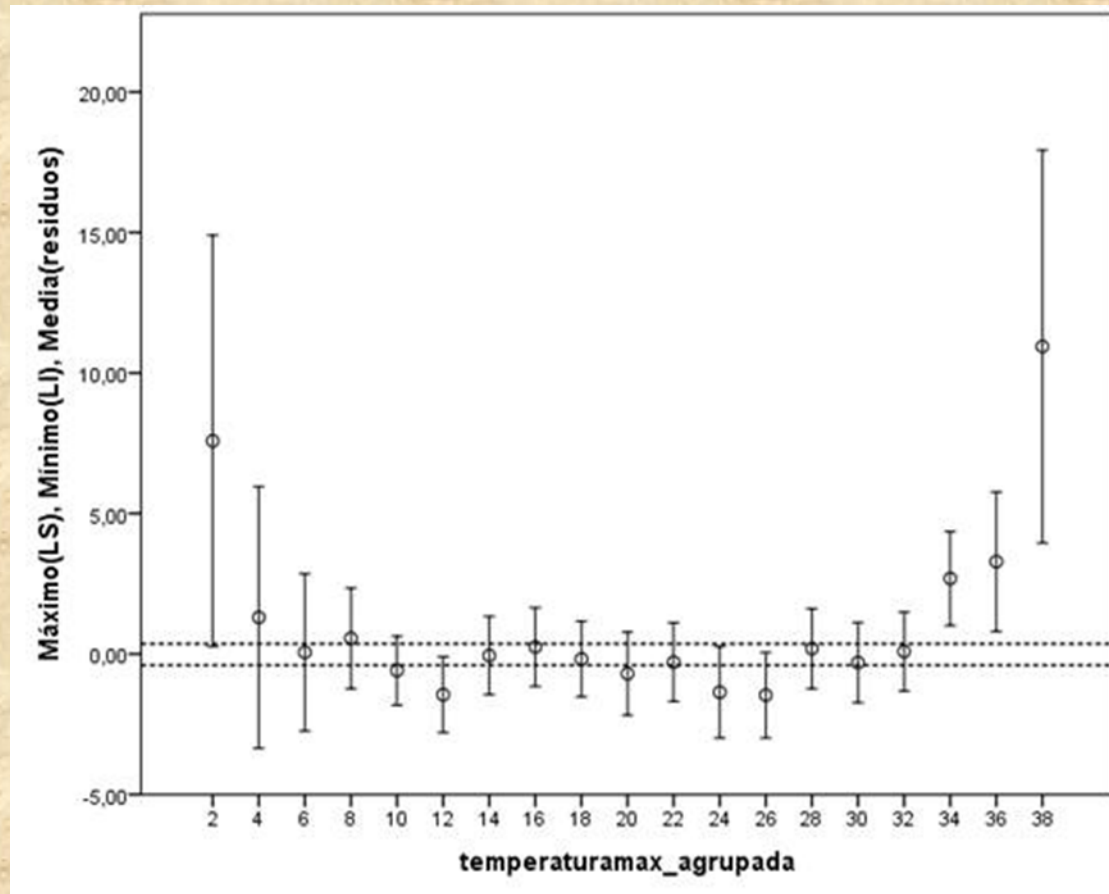
14,1

EFEECTO DE CONTAMINACIÓN Y FRÍO POBLACIÓN INFANTIL

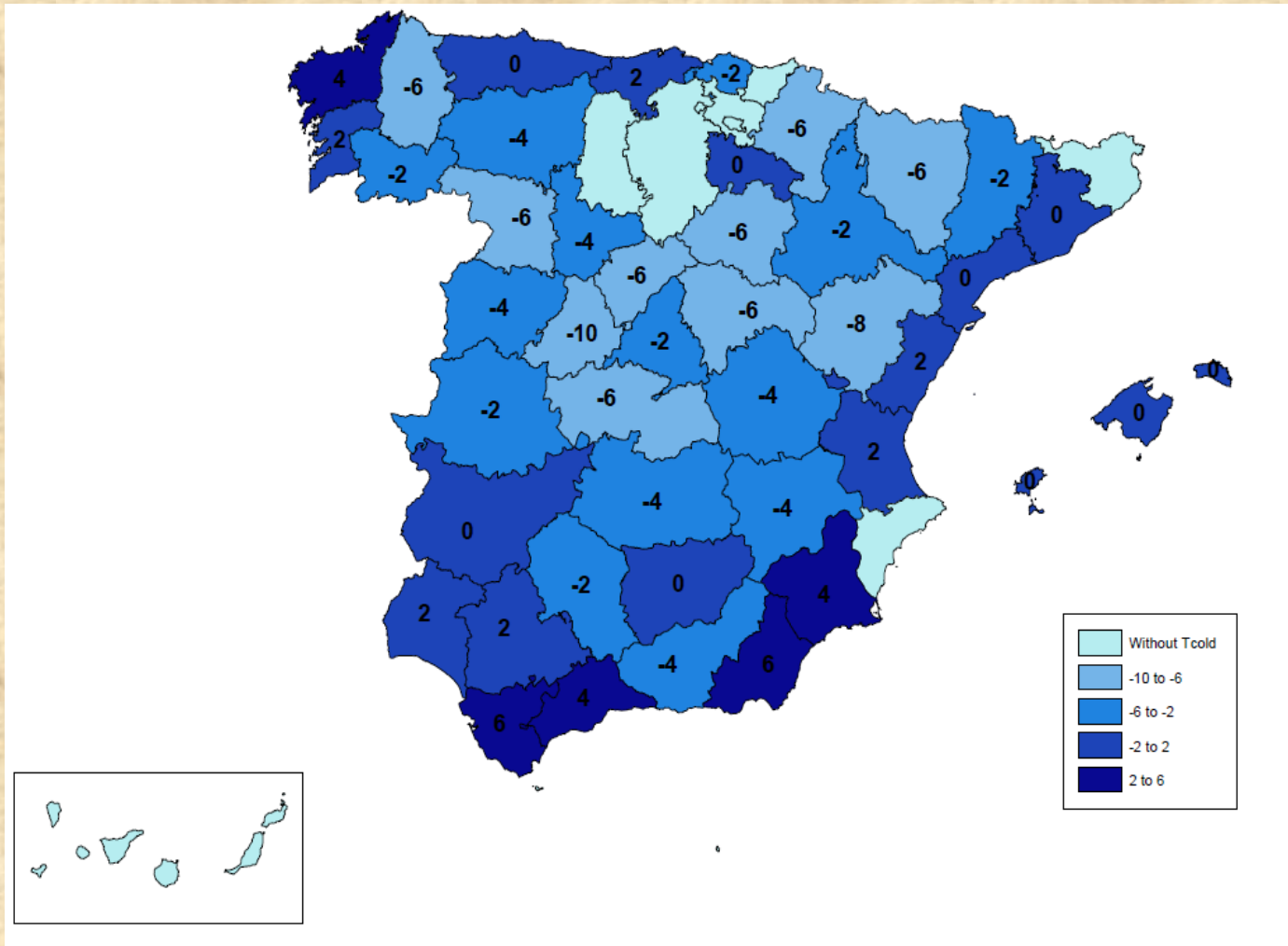
Grupo edad	Todo el año	Invierno	Verano
0-9 años	<p>PST(0)* RR: 1,095 (1,052 1,138) AR: 8,69%</p> <p>HR(0) RR:1,003 (1,001 1,006) AR:0,33 %</p>	<p>PST(0)* RR: 1,095 (1,041 1,148) AR: 8,67%</p> <p>Tfrola(12)** RR:1,021 (1,007 1,034) AR:2,04 %</p>	<p>NOx(0)* RR: 1,057 (1,029 1,085) AR: 5,40%</p> <p>PST(2)* RR: 1,461 (1,268 1,654) AR: 31,56%</p> <p>HR(9) RR:1,006 (1,002 1,011) AR:0,64 %</p>
	<p>PST(0)* RR: 1,056 (1,026 1,086) AR: 5,32%</p> <p>HR(0) RR:1,002 (1,000 1,003) AR:0,18 %</p>	<p>PST(0)* RR: 1,061 (1,023 1,100) AR: 5,82%</p> <p>Tfrola(12) ** RR:1,012 (1,003 1,020) AR:1,15 %</p>	<p>NOx(0)* RR: 1,067 (1,036 1,098) AR: 6,29%</p> <p>PST(2)* RR: 1,460 (1,243 1,677) AR: 31,51%</p> <p>HR(7) RR:1,008 (1,003 1,013) AR:0,80 %</p>

Evolución temporal de los impactos del calor:

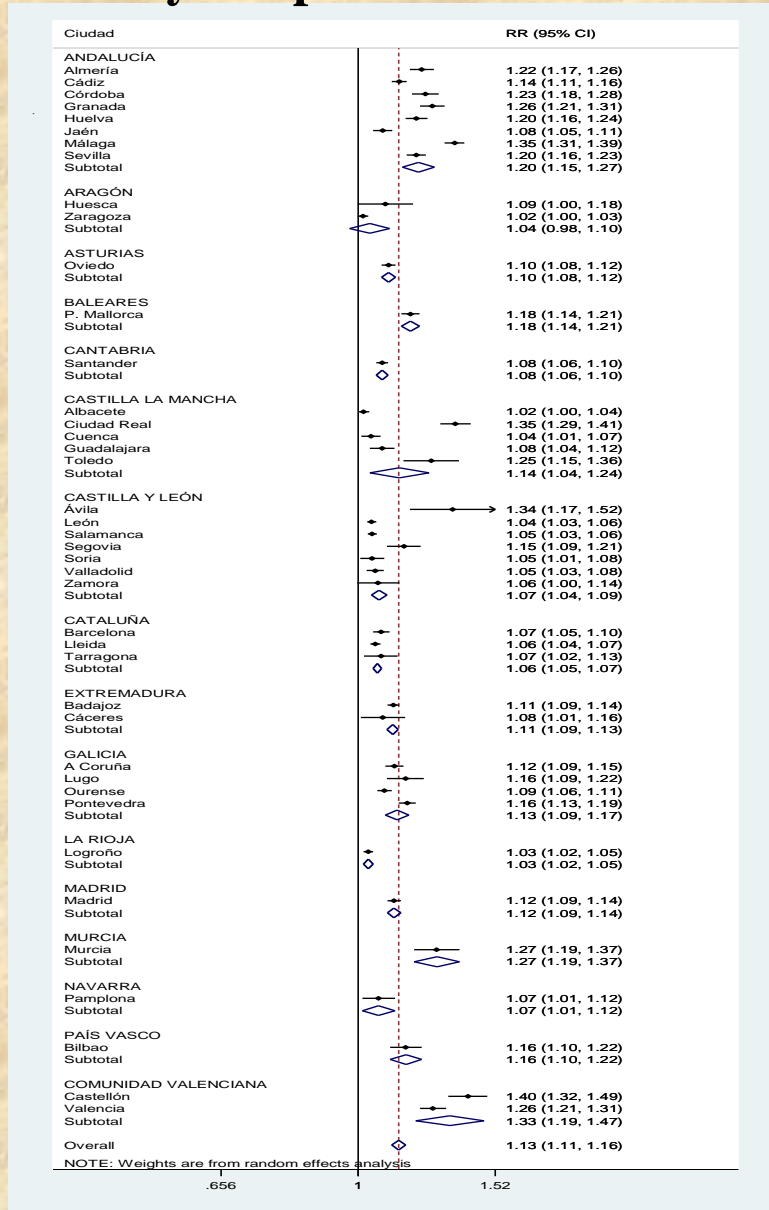
Temperatura de disparo para Madrid 2001-2009: 34°C
Percentil 82 Serie de temperaturas máximas meses junio-sept.



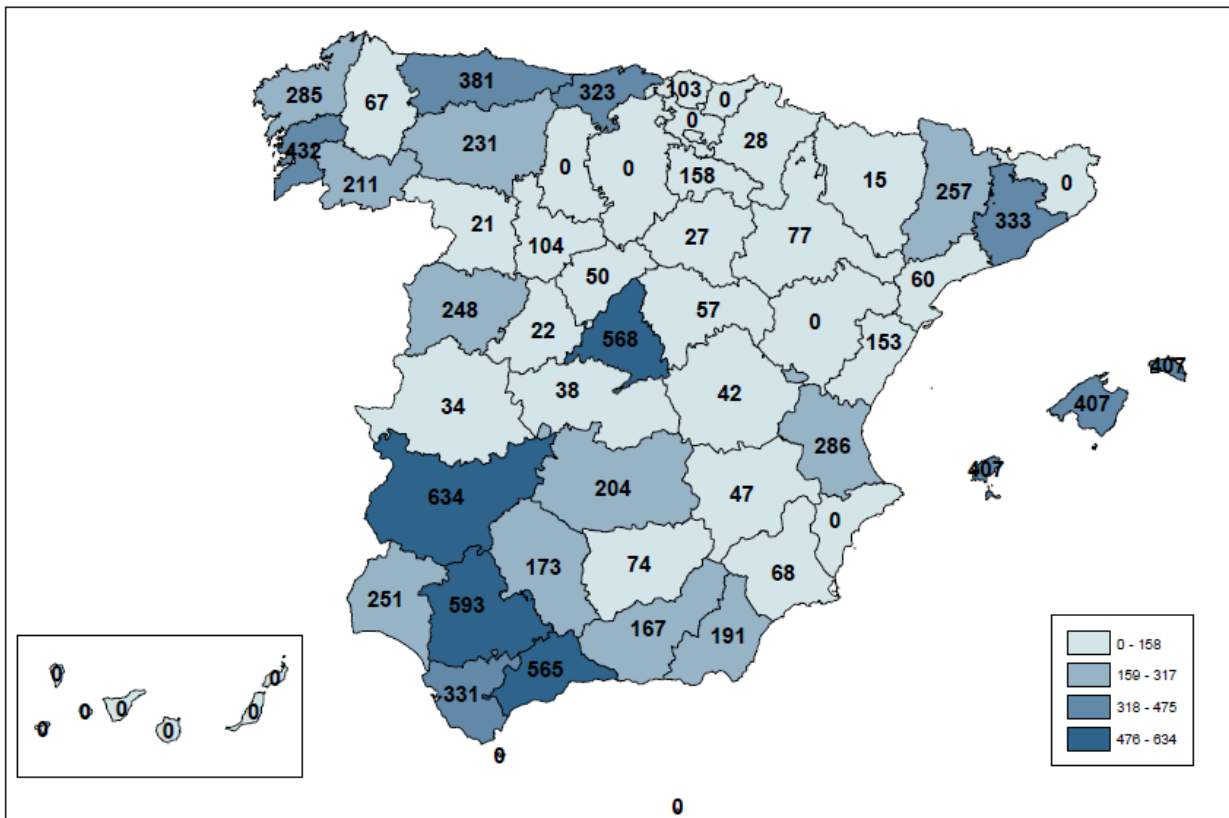
Minimum temperature threshold's (°C) for daily mortality attributable to cold due to natural causes corresponding to 2000-2009 period in Spain.



Relative risks (RR) calculated for decrement of 1°C under the threshold temperature associated to cold-waves due to natural-causes mortality in Spain.



Number of deaths (10,460) attributable to cold waves across the period 2000-2009 for each provincial capital



Attributable mortality to heat/cold waves by city in Spain 2000-2009 period

City	°C excess heat wave	Heat wave days	Deaths /heat wave day	°C deficit cold wave	Cold wave days	Deaths /cold wave day
A Coruña	227,5	111	4	76,2	65	4
Albacete	173,5	125	0,4	255,9	118	0,4
Alicante	269,5	186	3	0	0	0
Almería	54,6	39	2	74,2	57	3
Ávila	175,1	122	1	15,5	9	2
Badajoz	252,6	147	3	280,7	160	4
Barcelona	74,3	49	25	34,7	31	11
Bilbao	457,8	141	5	23,9	20	5
Burgos	130	92	2	0	0	0
Cáceres	98	71	3	37,2	36	1
Cádiz	139,7	89	3	95,9	64	5
Castellón	229,9	153	1	33,8	29	5
Ceuta	0	0	0	0	0	0
Ciudad Real	110	88	2	45,1	31	7
Córdoba	173,2	125	3	35,4	25	7
Cuenca	218	171	0,5	195,8	100	0,4
Girona	62,8	41	2	0	0	0
Granada	86,1	70	3	29,3	19	9
Guadalajara	36,5	36	1	143,8	78	1
Huelva	258,2	129	2	100,3	68	4
Huesca	328,7	187	1	26	16	1
Jaén	207,4	144	2	54,5	32	2
Las Palmas	88,3	30	5	0	0	0
León	98	79	2	324,2	174	1
Lleida	159,2	110	2	389,3	170	2
Logroño	100	72	1	633,1	276	1
Lugo	48,8	29	3	33,7	26	3
Madrid	321,1	211	11	42,8	30	19
Málaga	8,3	8	4	60,4	50	11
Melilla	0	0	0	0	0	0
Murcia	63,8	36	1	8,4	4	17
Ourense	180,7	104	1	184,5	112	2
Oviedo	77,9	40	8	110,5	92	4
Palencia	0	0	0	0	0	0
Pamplona	88,8	65	3	32,6	24	1
P.Mallorca	62,7	45	4	114,6	95	4
Pontevedra	355,3	142	4	118,6	85	5
Salamanca	164,5	125	1	488,7	231	1
Santander	30,8	18	2	266,7	143	2
S.C.Tenerife	133,4	66	3	0	0	0
Segovia	103,9	85	0,5	81,2	44	1
Sevilla	98,4	74	8	72	62	10
Soria	50,6	53	0	216,2	93	0,3
San Sebastián	143,2	57	3	0	0	0
Tarragona	93,1	75	3	47,3	44	1
Teruel	28	36	0	185,2	71	0
Toledo	135,1	113	2	10,6	7	5
Valencia	118,8	52	9	19	19	15
Valladolid	57	57	2	146,9	76	1
Vitoria	83,5	54	1	0	0	0
Zamora	44,8	53	1	46,8	31	1
Zaragoza	274,8	168	3	180,2	89	1
Spain	134,2	4373	3,00	103,3	3006	3,48

Evolución temporal de los impactos del frío

El caso de Madrid por grupos de edad.

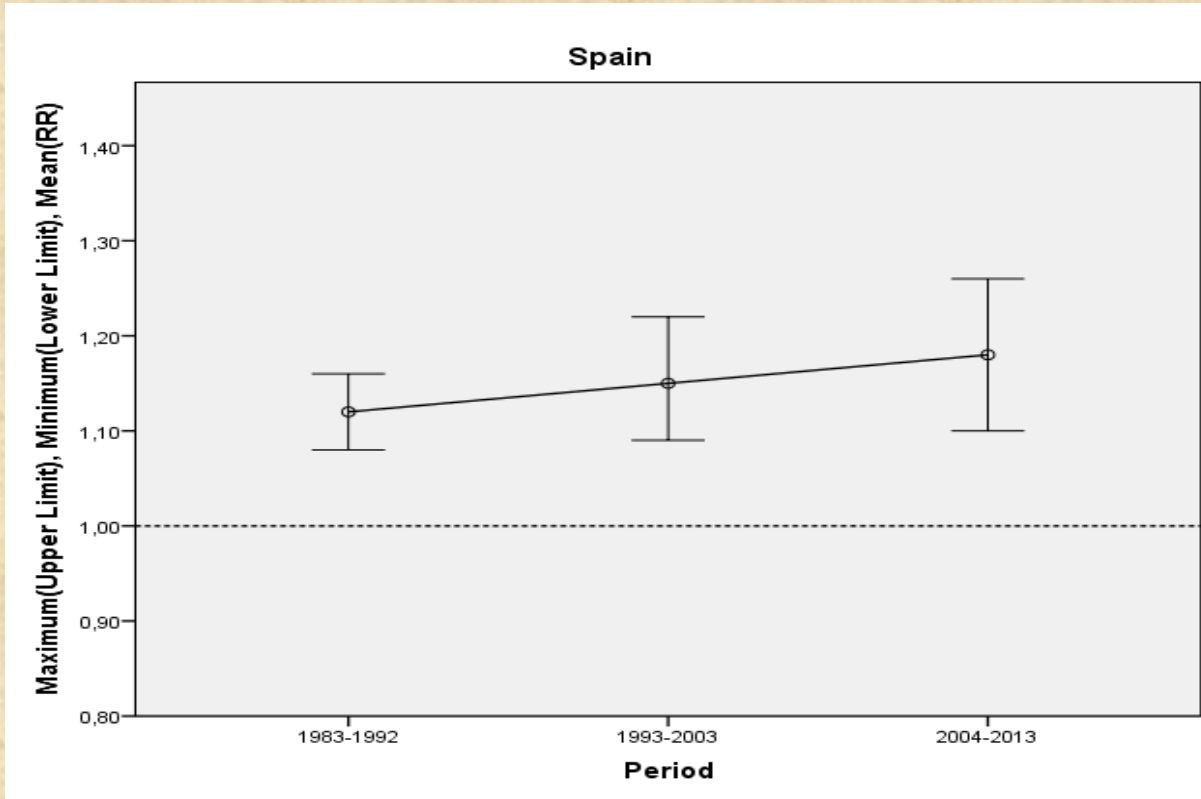
	<1 año	1-17 años	18-44 años	45-64 años	65-74 años	>75 años
Periodo 1986-1997	17,4	23,1*	----	7,7	5,1	2,7
Periodo 2001-2009	28,3 (0,6-48,2)	45,8** (0-71,6)	Sin efecto	13,4 (7,9-18,6)	10,6 (6,1-14,9)	9,0 (5,6-12,3)

Comparativa entre los RA en % (IC95%) atribuibles al frío en la mortalidad por causas naturales en los dos periodos analizados para Madrid según grupos de edad. Umbral frío $t_{max} < 5^{\circ}C$.

*En este estudio el grupo de edad considerado fue el de 1-5 años exclusivamente.

** $p=0,062$

Evolución temporal del impacto de las olas de frío en España periodo 1983-2013.





Heat and health in Antwerp under climate change: Projected impacts and implications for prevention

Gerardo Sanchez Martinez^{a,b,*}, Julio Diaz^{c,**}, Hans Hooyberghs^d, Dirk Lauwaet^d, Koen De Ridder^d, Cristina Linares^c, Rocio Cammona^c, Cristina Ortiz^c, Vladimir Kendrovski^b, Raf Aerts^{e,f}, An Van Nieuwenhuysse^{e,g}, Maria Bekker-Nielsen Dunbar^h

^a The UNEP-DTU Partnership, United Nations City, Marmorvej 41, Copenhagen, Denmark

^b WHO European Centre for Environment and Health (World Health Organization Regional Office for Europe), Platz der Vereinten Nationen 1, Bonn, Germany

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

^d Flemish Institute for Technological Research (VITO), Belgium

Table 4

Heat-related mortality by period, with the percentile corresponding to the mortality threshold temperature kept constant.

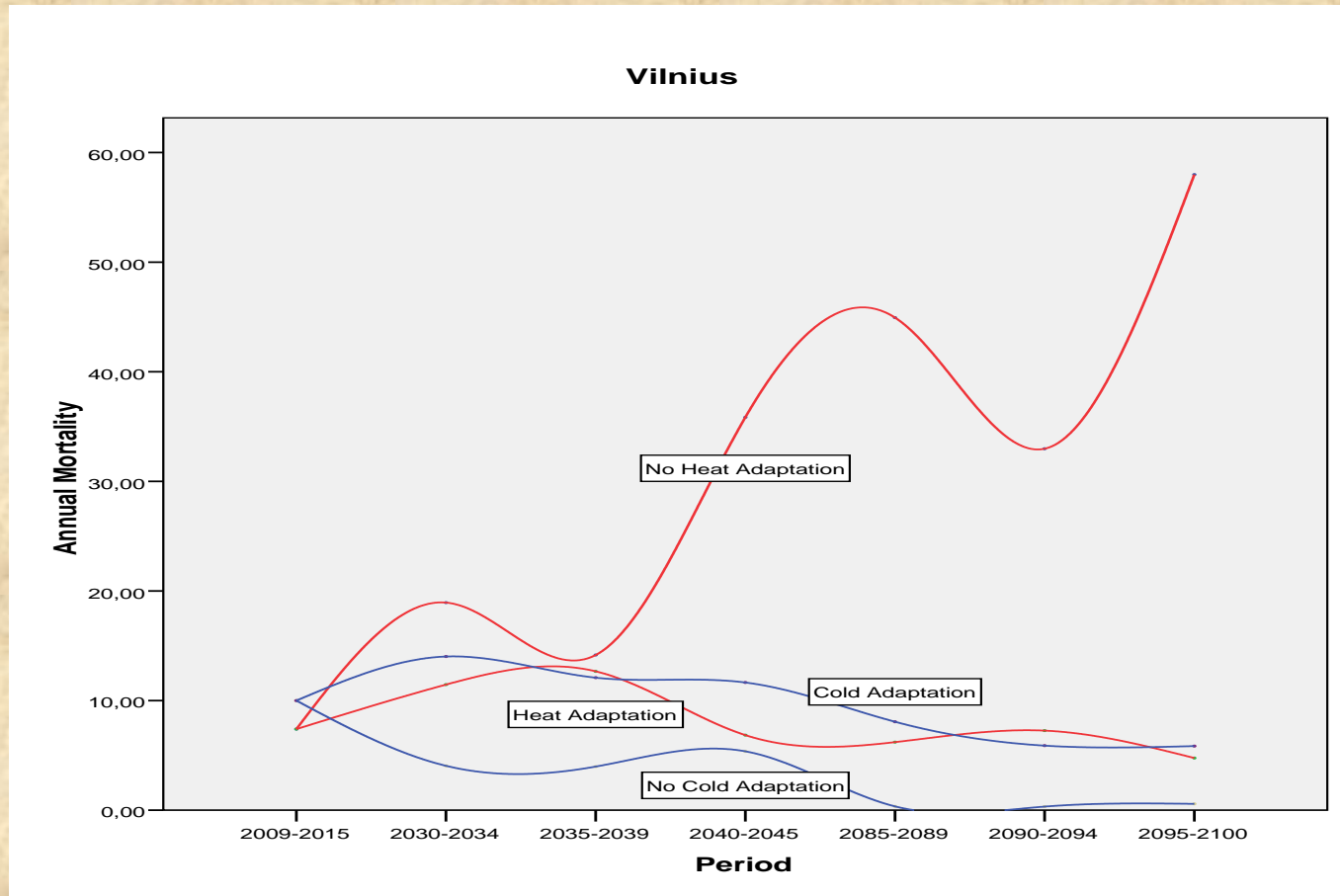
Period	T _{max} threshold (p89)	Organic attributable mortality	Daily organic attributable mortality	Organic attributable mortality (every year)
2026–2030	27.33 °C	69.89 (19.67–121.65)	0.83 (0.23–1.45)	13.98 (3.93–24.33)
2031–2035	28.08 °C	84.53 (23.79–147.15)	1.01 (0.28–1.75)	16.91 (4.76–29.43)
2036–2040	27.16 °C	81.68 (22.99–142.18)	0.97 (0.27–1.69)	16.34 (4.60–28.44)
2041–2045	27.85 °C	96.53 (27.17–168.03)	1.15 (0.32–2.00)	19.31 (5.43–33.61)

Table 5

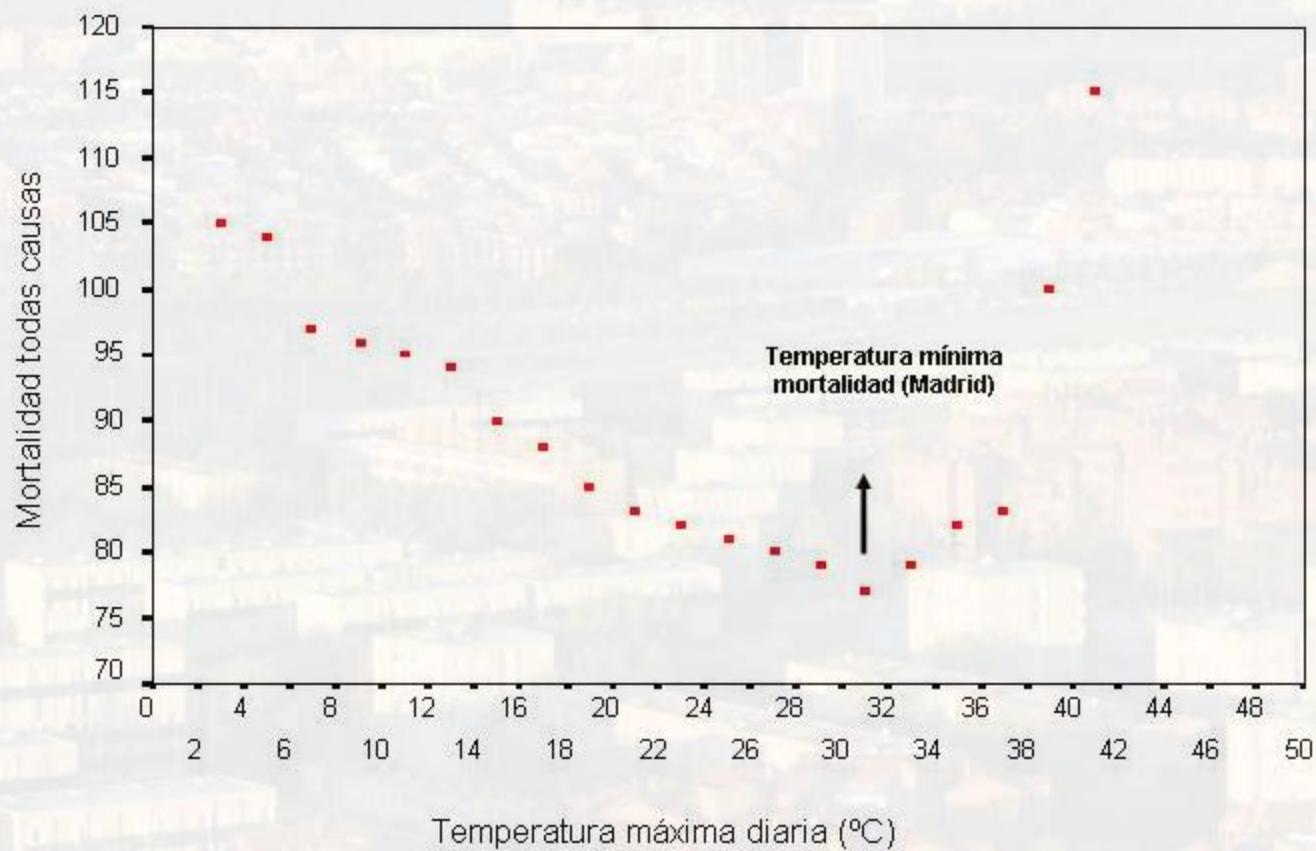
Heat-related mortality by period, with the percentile corresponding to the mortality threshold temperature kept constant. Period 2081–2100.

Period	Threshold (p96)	Organic attributable mortality	Daily organic attributable mortality	Organic attributable mortality (every year)
2081–2085	30.26 °C	86.37 (24.31–150.35)	1.03 (0.29–1.79)	17.27 (4.86–30.07)
2086–2090	31.09 °C	95.36 (26.84–165.99)	1.14 (0.32–1.98)	19.07 (5.37–33.20)
2091–2095	30.07 °C	90.40 (25.44–157.35)	1.08 (0.30–1.87)	18.08 (5.09–31.47)
2096–2100	30.83 °C	97.11 (27.34–169.05)	1.16 (0.32–2.01)	19.42 (5.47–33.81)

¿Podrá la disminución de la mortalidad por frío compensar el aumento de la mortalidad por calor? El caso de Vilnius.



CADA CIUDAD PRESENTA UNA TEMPERATURA EN LA CUAL LA MORTALIDAD DIARIA ES MÍNIMA



Impacto de la temperatura sobre la mortalidad en la ciudad de Madrid: Influencia de los factores locales

Objetivos

2. Determinar el impacto de la temperatura sobre la mortalidad diaria por causas naturales en la ciudad de Madrid. Riesgos Relativos de Mortalidad atribuible al calor y al frío – no extremos térmicos (olas de calor y frío).

*Variables de contaminación atmosférica (PM10 y PM2,5/NOx y NO2/O3), ruido, polen, gripe.

Incrementos de los RR y RA de la mortalidad diaria por causas naturales (CIE10: A00-R99) atribuible a la temperatura en modelos controlando por otras variables ambientales, con el umbral en Tmax >29,2°C para el calor y en Tmax < 29,2°C para el frío.

	RR	IC 95% (RR)		RA (%)	IC 95% (RA)	
Todo el año						
Tcal (lag 2)	1.009	1.004	1.013	0.88	0.44	1.31
Tfrío (lag 4. 8)	1.005	1.003	1.007	0.51	0.33	0.69
PM2.5 (lag 2)	1.009	1.001	1.017	0.89	0.08	1.70
NO2 (lag 1)	1.006	1.003	1.010	0.64	0.29	0.99
Leq24 (lag 0)	1.017	1.013	1.021	1.71	1.32	2.10
Polen Olivo (lag 1)*	1.003	1.000	1.005	0.26	-0.01	0.53
Tasa gripe (lag 1)	1.001	1.000	1.001	0.06	0.05	0.07
Verano						
Tcal (lag 0. 2)	1.024	1.019	1.029	2.32	1.85	2.78
PM10 (lag 0)	1.009	1.002	1.016	0.91	0.22	1.59
Leq24 (lag 0)	1.012	1.006	1.019	1.22	0.60	1.84
Leqn (lag 3)	1.006	1.002	1.010	0.61	0.21	1.01
Invierno						
Tfrío (lag 3. 7)	1.009	1.006	1.011	0.86	0.58	1.13
PM2.5 (lag 1. 4)	1.032	1.021	1.042	3.07	2.10	4.03
Tasa gripe (lag 0)	1.001	1.001	1.001	0.07	0.06	0.08
Leq24 (lag 1)	1.008	1.002	1.014	0.79	0.17	1.40
Leqd (lag 0)	1.007	1.003	1.010	0.65	0.27	1.02

*p<0.06

Impacto de la temperatura sobre la mortalidad en la ciudad de Madrid: Influencia de los factores locales

3. Mortalidad Atribuible al **CALOR** y al **FRÍO**

Es decir, a pesar de presentar el calor un efecto más acusado en los meses de verano (RA=2,32%), que el frío en los meses de invierno (RA=0,86%), el exceso de mortalidad es superior en el caso del frío que del calor, al estar la temperatura máxima por debajo de la temperatura de confort el 100% de los días en los meses de invierno.

Mortalidad atribuible por causas naturales (CIE10: A00-R99) en los meses de verano y de invierno en la ciudad de Madrid atribuible al calor, es decir, $T_{max} > 29,2^{\circ}C$, y atribuible al frío, es decir $T_{max} < 29,2^{\circ}C$, en el periodo 2001-2009.

	Periodo	Mortalidad atribuible (IC95%)	Mortalidad anual atribuible (IC95%)	Mortalidad diaria atribuible (IC95%)
Verano				
Ciudad de Madrid	2001-2009	2.733	304	4.07*
(Umbral confort=29.2°C)	(N=671 días)	(2.162-3305)	(240-367)	(3.22-4.92)
Invierno				
Ciudad de Madrid	2001-2009	11.154	1.239	8.20
(Umbral confort=29.2°C)	(N= 1361 días)	(6661-15646)	(740-1738)	(9-11.50)

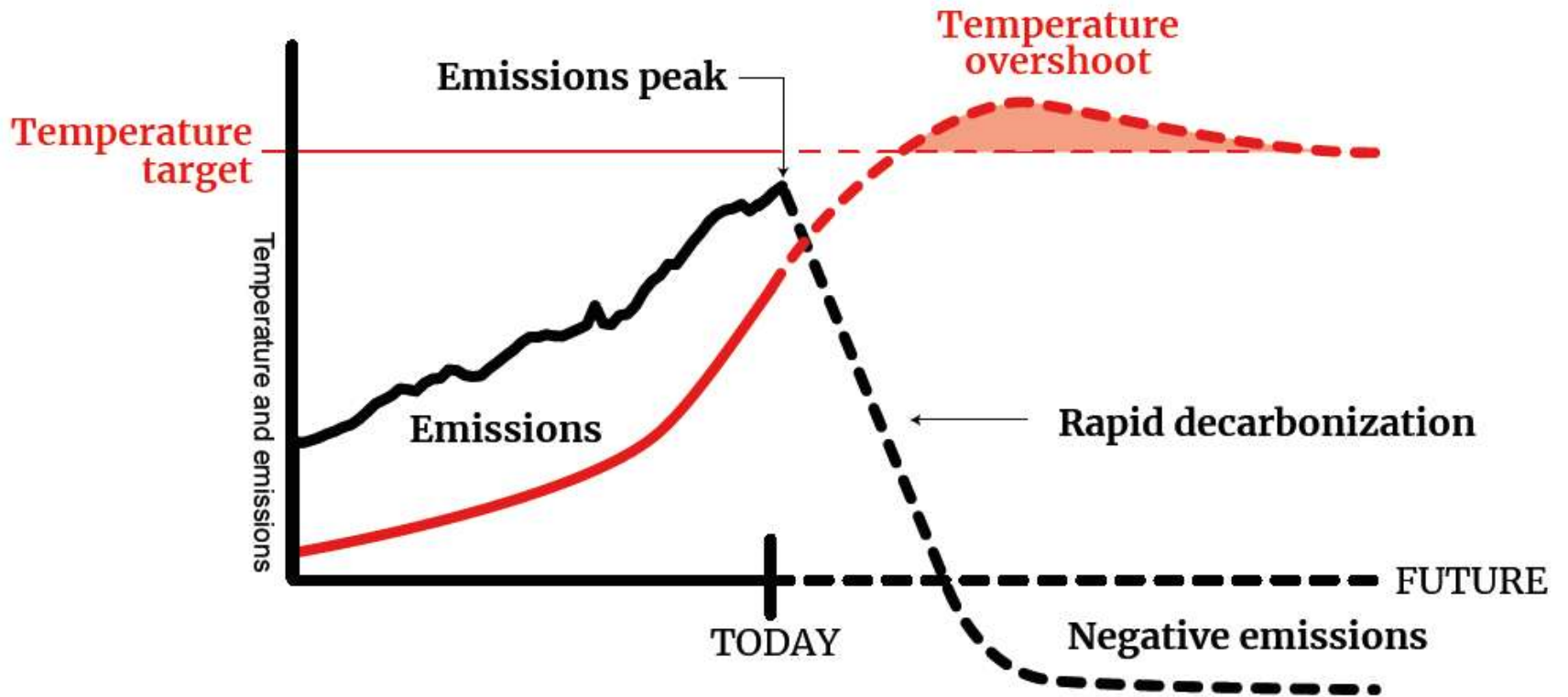
*La cifra de Mortalidad Diaria atribuible (IC95%) se refiere a los días al año con ola de calor (671 días entre los años de estudio 2001-2009)

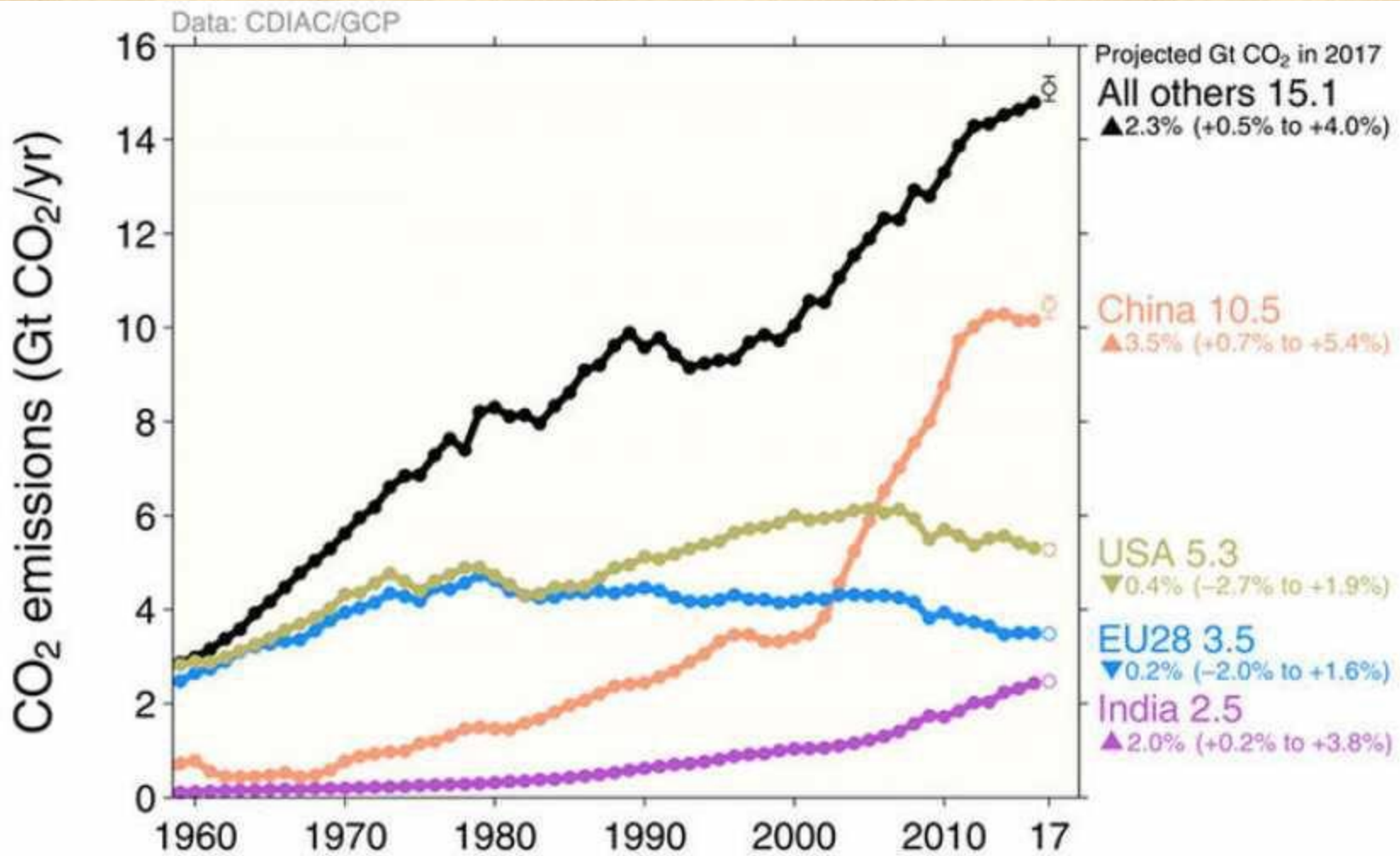
Impacto de la temperatura sobre la mortalidad en la ciudad de Madrid: Influencia de los factores locales

Mortalidad Atribuible específicamente a **CALOR Y FRIO Y A EXTREMOS TÉRMICOS (OLAS) EN MAYORES DE 65 AÑOS**

Mortalidad por causas naturales (CIE10: A00-R99) en el grupo de edad de 65 años y más en los meses de verano e invierno en la ciudad de Madrid atribuible a las olas de calor, $T_{\text{máx}} > 36,5^{\circ}\text{C}$, y a las olas de frío, $T_{\text{máx}} < 5^{\circ}\text{C}$, en el periodo 2001-2009.

	Periodo	Mortalidad atribuible (IC95%)	Mortalidad anual atribuible (IC95%)	Mortalidad diaria atribuible (IC95%)
Verano				
Ciudad de Madrid	2001-2009	261	28,9	6,4
(Umbral ola calor $T_{\text{máx}} > 36,5^{\circ}\text{C}$)	(N= 41 días)	(154,8-356,9)	(17,2-39,6)	(3,8-8,7)
Invierno				
Ciudad de Madrid	2001-2009	320	35,6	10
(Umbral ola frío $T_{\text{máx}} < 5^{\circ}\text{C}$)	(N= 32 días)	(196,4-440,9)	(21,8-49,0)	(6,1-13,8)





Temperaturas extremas y salud

**Cómo nos afectan las olas
de calor y de frío**

Cristina Linares Gil | Rocío Carmona Alférez
Cristina Ortiz Burgos | Julio Díaz Jiménez

