



BASQUE CENTRE
FOR CLIMATE CHANGE
Klima Aldaketa Ikergai



Efectos del cambio climático en la salud humana

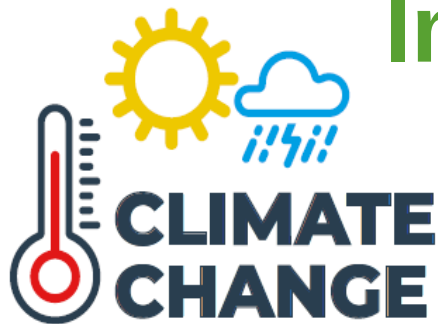
Olas de calor y su impacto en la población vasca

Aline Chiabai

Bilbao, 21 Marzo 2019

Índice de contenido

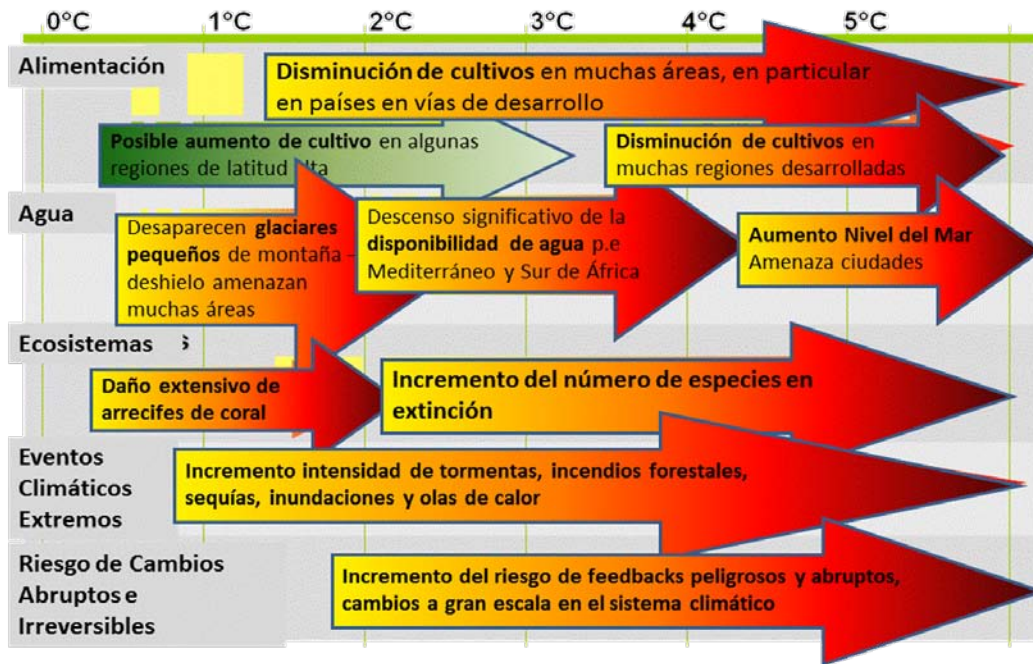
- Como el cambio climático afectará a la salud humana
- Olas de calor e impactos sobre la mortalidad
- Proyectos BC3
- Análisis para la CAPV:
 - modelo para estimar el exceso de mortalidad debido al efecto combinado de temperatura y ozono
 - indicadores de posibles umbrales
- Conclusiones



Impactos en la salud

Figure 3

Climate change impacts health both directly and indirectly, but is strongly mediated by environmental, social and public health determinants. From references (14, 28-32).



DIRECT IMPACTS

- Storm
- Drought
- Flood
- Heatwave
- Temperature Change
- Wildfires



INDIRECT IMPACTS

- Water Quality
- Air Quality
- Land Use Change
- Ecological change

MEDIATING FACTORS



ENVIRONMENTAL

- Geography
- Baseline weather
- Soil / dust
- Vegetation
- Baseline air / water quality



SOCIAL

- Loss of habitation
- Poverty
- Displacement
- Conflict
- Age and gender



RESILIENCY

- Early-warning system
- Socioeconomic status
- Health and nutrition
- Primary health care

HEALTH IMPACTS



Mental Illness



Undernutrition



Injuries



Respiratory Disease



Allergies



Cardiovascular Disease



Infectious Diseases



Poisoning



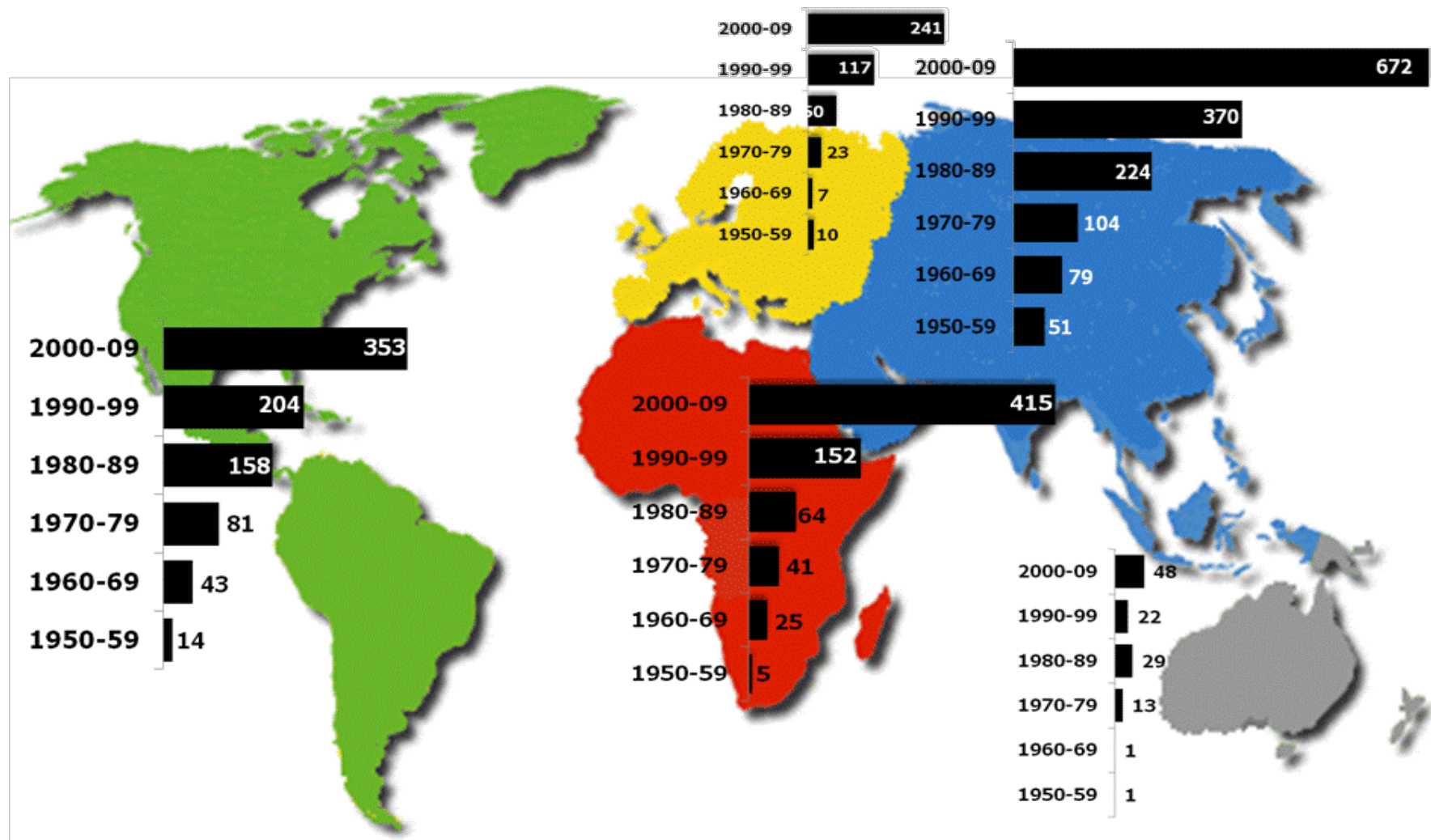
Water-Borne Diseases



Heat Stroke

ALGUNOS EJEMPLOS

Inundaciones 1950-2009



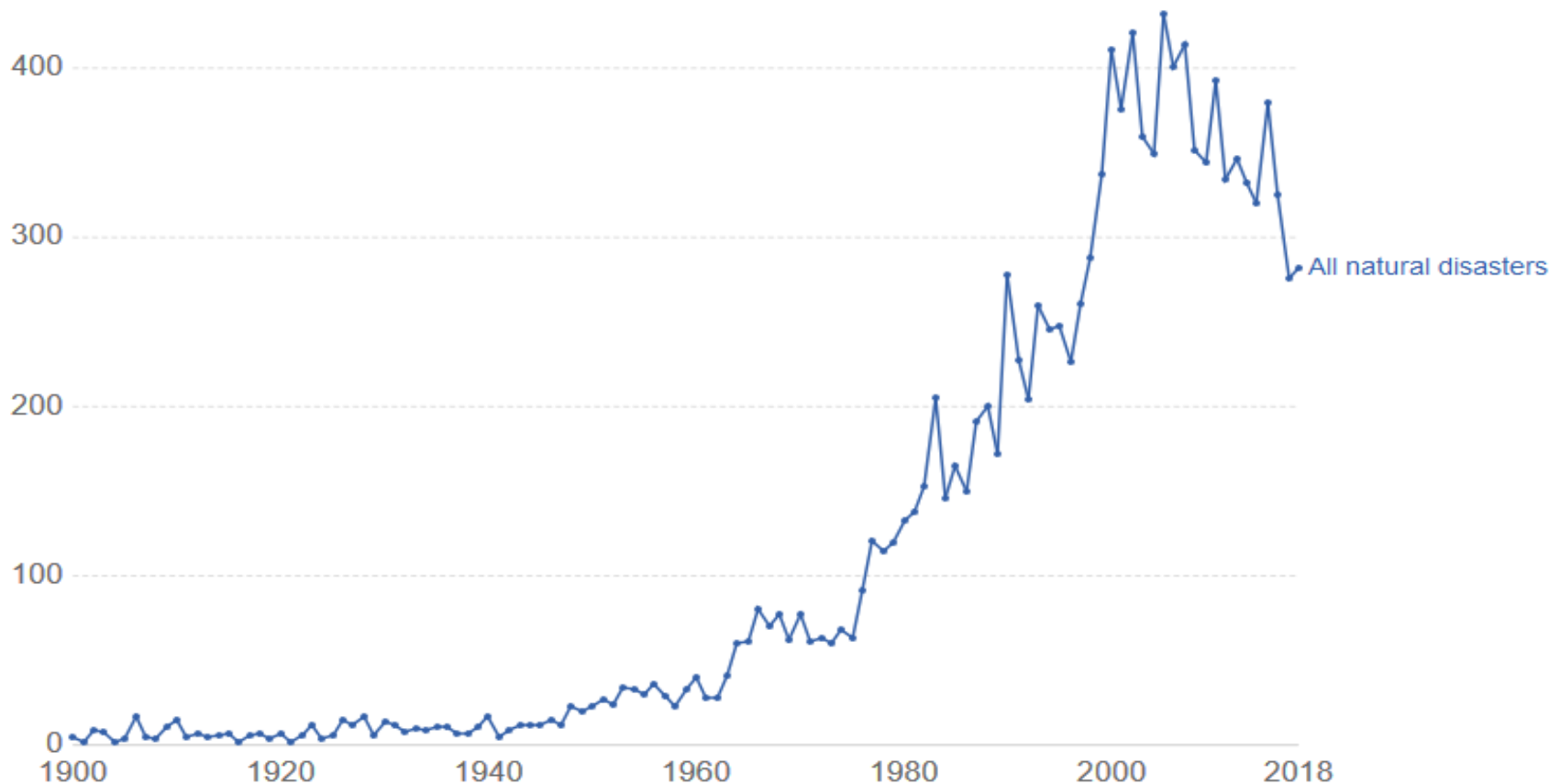
Fuente: The international disaster data base. Center for Research on Epidemiology of Disasters. 2010.

Numero de desastres naturales (inundaciones, sequias, eventos extremos...etc)

Number of recorded natural disaster events, All natural disasters

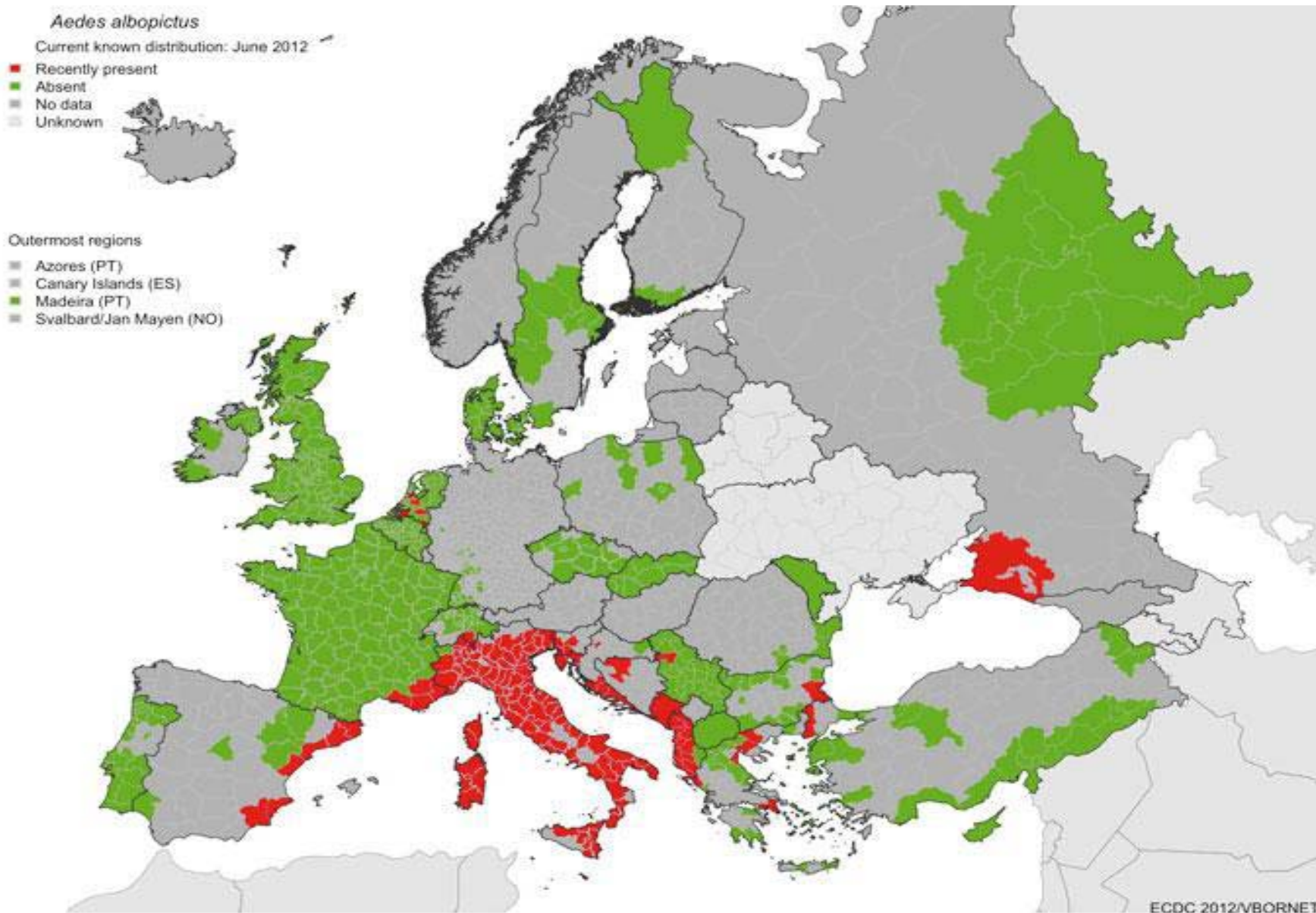
The number of global reported natural disaster events in any given year. This includes those from drought, floods, extreme weather, extreme temperature, landslides, dry mass movements, wildfires, volcanic activity and earthquakes.

Our World
in Data



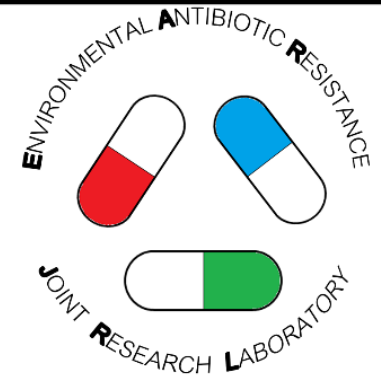
Source: EMDAT (2019): OFDA/CRED International Disaster Database, Université catholique de Louvain – Brussels – Belgium
OurWorldInData.org/natural-disasters/ • CC BY-SA

Mosquito tigre en Europa en Junio 2012

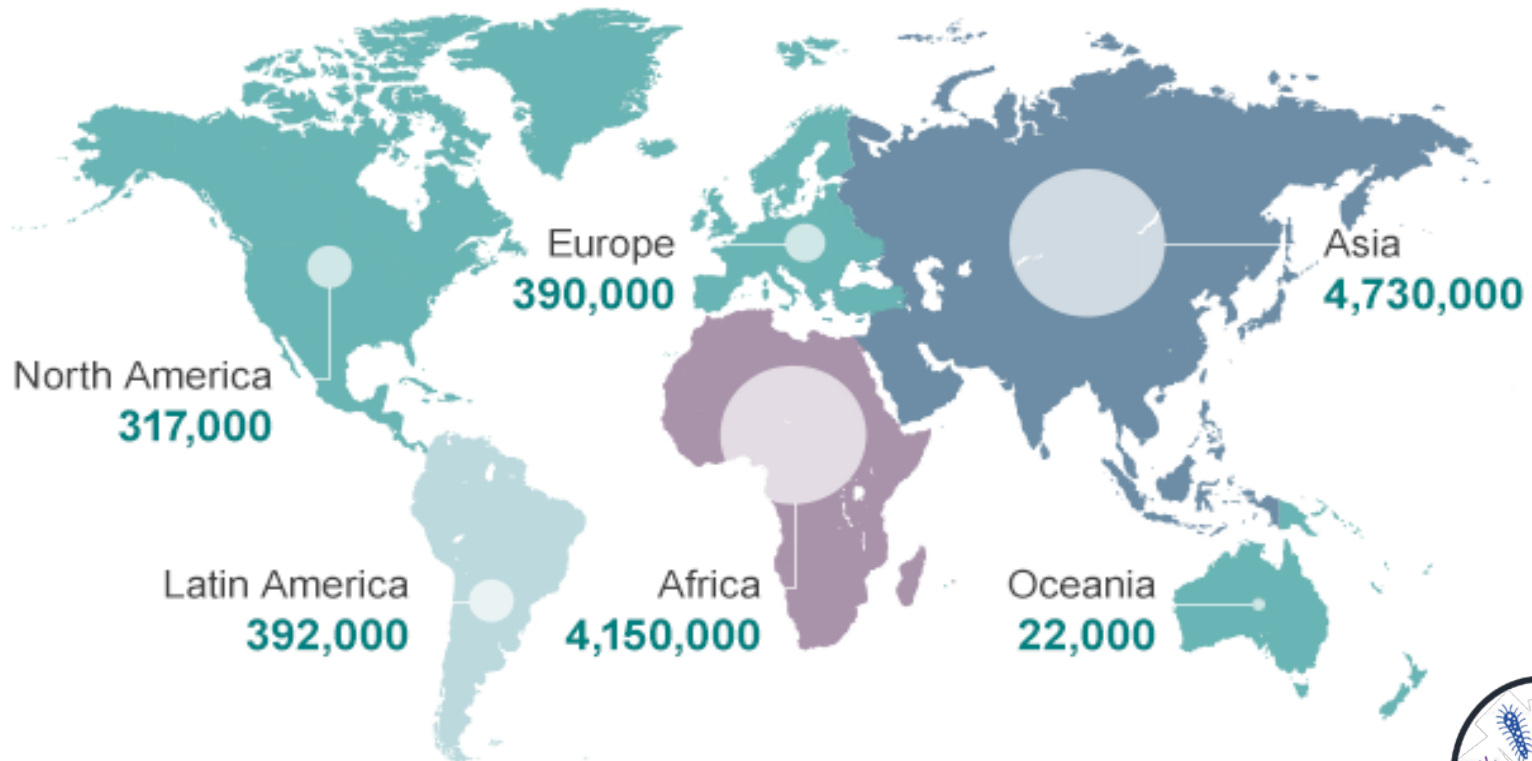


Aumento en la resistencia de las bacterias más comunes

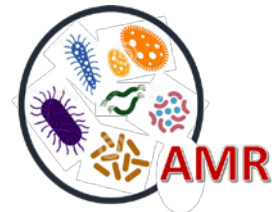
Joint Research Lab on Environmental Antibiotic Resistance (JRL):
NEIKER-Tecnalia, UPV/EHU, BC3



Deaths attributable to antimicrobial resistance every year by 2050



Source: Review on Antimicrobial Resistance 2014

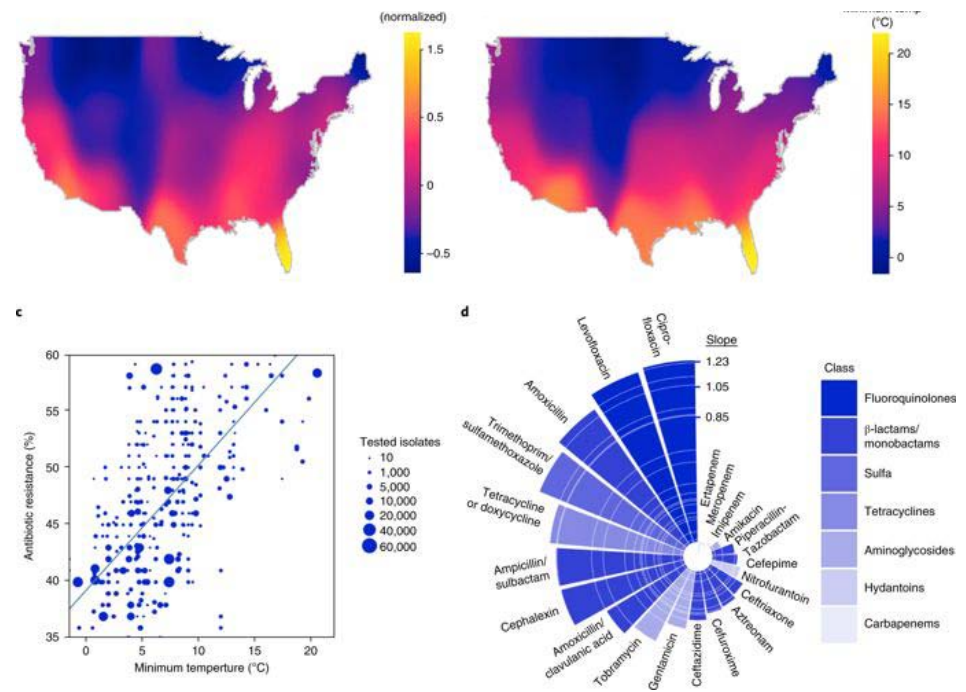


Las temperaturas locales y las densidades de población más altas se correlacionan con un mayor grado de resistencia a los antibióticos en cepas bacterianas comunes

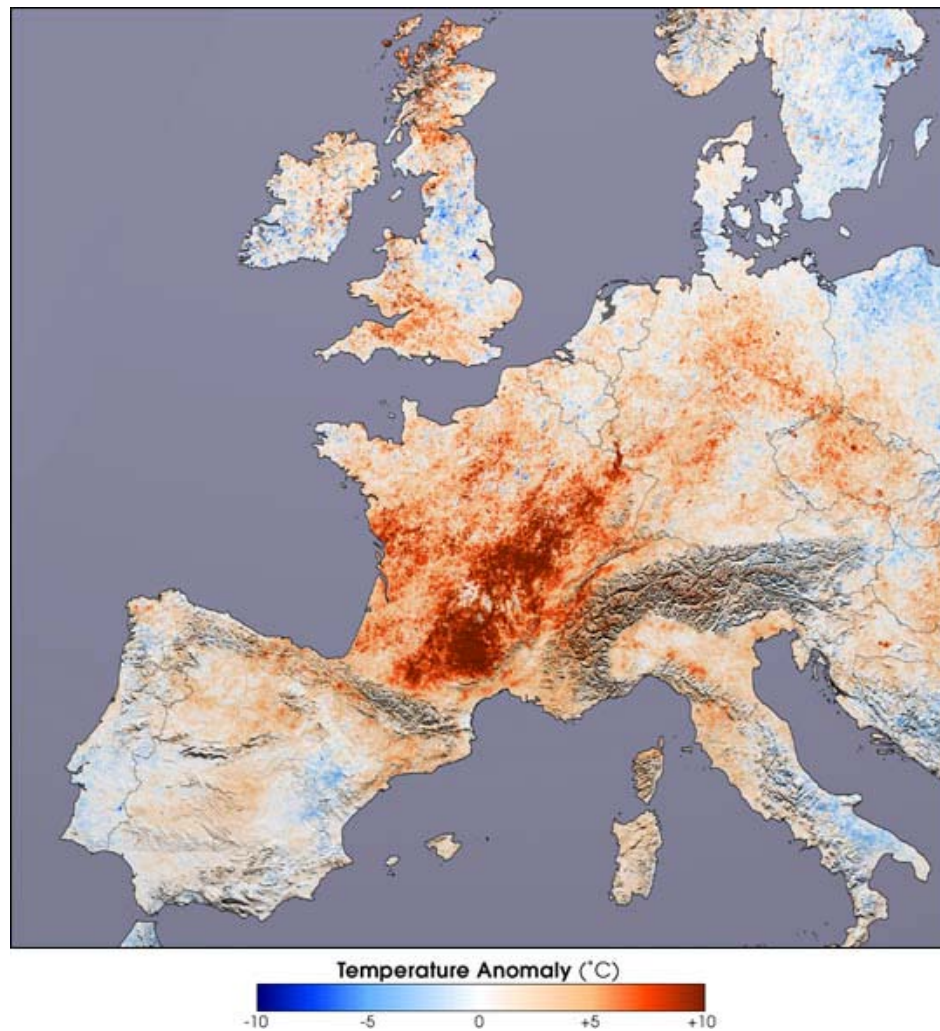
MacFadden et al (2018) reunieron una base de datos de resistencia a los antibióticos de los EE. UU. En *E. coli*, *K. pneumoniae* y *S. aureus*, extrayendo datos de vigilancia de hospitales, laboratorios y enfermedades documentados entre 2013 y 2015.

Comprendió más de 1.6 millones de muestras bacterianas de 602 registros únicos en 223 instalaciones y 41 estados.

Las temperaturas locales más altas parecen asociarse a tasas de mayor resistencia a los antibióticos. Diferencias en temperaturas de 10 ° C se asociaron con una diferencia de 2.2–4.2% en el número de infecciones resistentes.



Ola de calor en Europa 2003



Outlook for European cities: higher temperatures and longer heat waves

Climate models suggest that Europe's urban areas will experience more hot days and tropical nights. These maps examine model predictions and urban conditions.

Past heat waves

2021-2050

2071-2100

Population

Urban open areas

Altitudes

European heat waves: 2071-2100

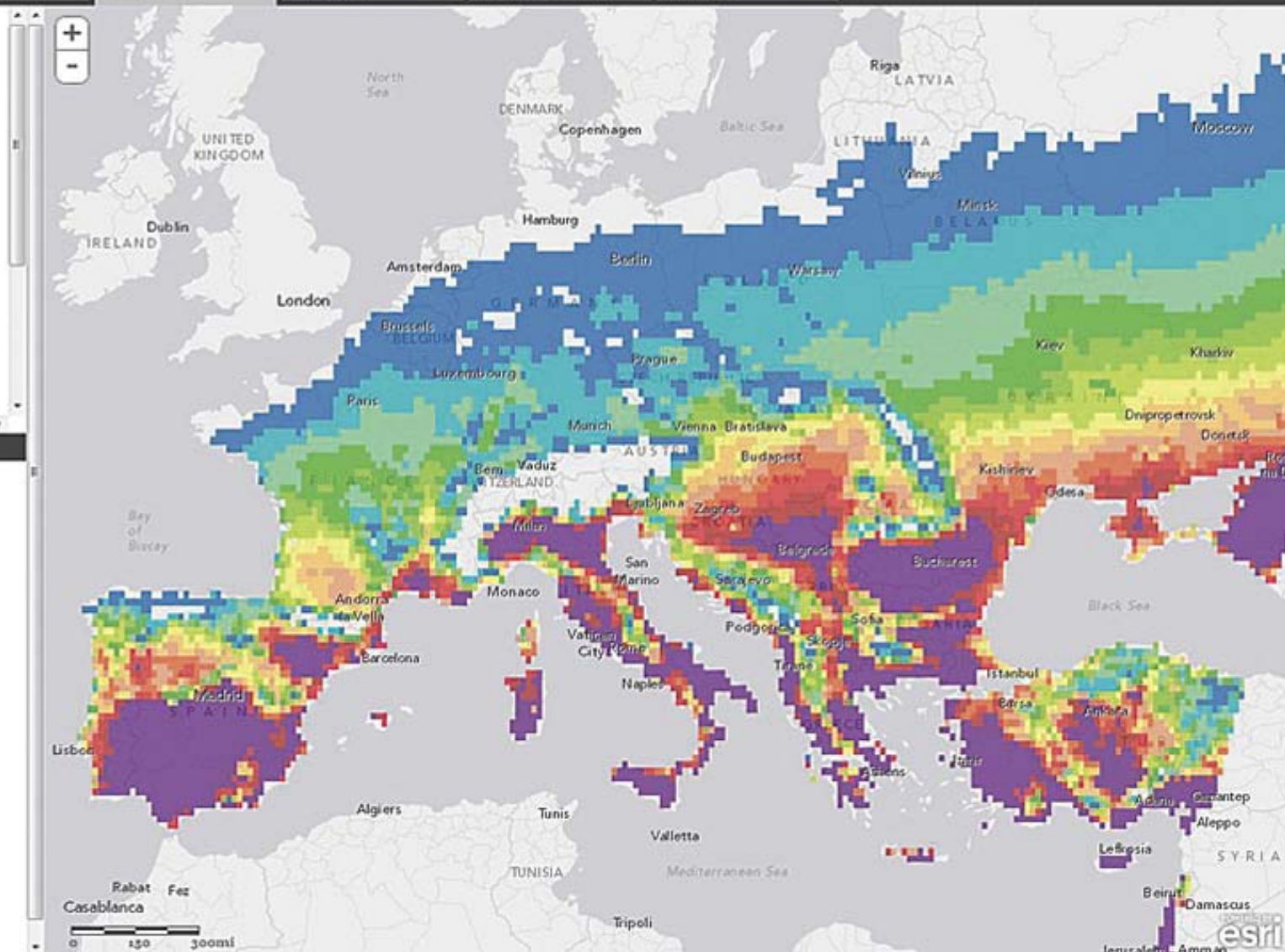
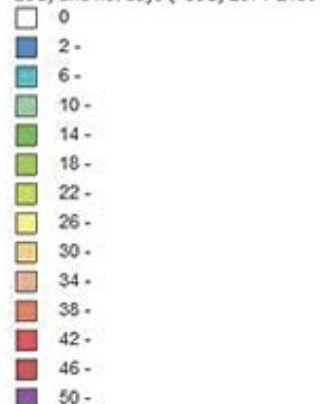
Climate change projections suggest that European summer heat waves will become more frequent and severe during this century, continuing the trend of the past decades. The most severe impacts arise from multi-day heat waves associated with warm night-time temperatures and high relative humidity.

Heat waves include **tropical nights** (with minimum temperatures above 20°C) and **hot days** (with maximum temperatures exceeding 35°C). The temperature map is the result of climatic modelling and represents the number of combined tropical nights and hot days.

LEGEND

Combined tropical days and hot nights, 2071-2100

Number of combined tropical nights (>20°C) and hot days (>35°C) 2071-2100



OLAS DE CALOR

Olas de calor y cambio climático

- Las olas de calor están entre los riesgos naturales más peligrosos, aunque no reciben tanta atención como otros eventos extremos.
- Además, el impacto en la mortalidad no siempre es evidente de forma inmediata (OMS, 2015).
- Aumento frecuencia y intensidad con cambio climático. La región mediterránea es especialmente vulnerable (Jacob, 2014; PESETA).
- En el País Vasco, podrían darse incrementos de las temperaturas máximas en verano de hasta 3 y 4°C (K-Egokitzen, Gobierno Vasco, 2011).



¿Porqué es importante?

- Los entornos urbanos son particularmente vulnerables debido al efecto isla de calor, que se suma al aumento de la población en las ciudades
- Afecta especialmente a la población vulnerable (personas mayores, personas en situación de pobreza...)
- Impactos indirectos (agua, electricidad, aire/GHG, agricultura, ecosistema...)
- Planes de alerta eficientes (OMS, 2015). Retos
 - ✓ Variables meteorológicas y demográficas locales
 - ✓ Evaluar el coste efectividad y análisis coste-beneficio



Proyectos BC3

OASIS Olas de cAlor e Impactos sobre la Salud humana (OASIS)

Olas de calor y salud: impactos y adaptación en Euskadi (OSATU)

Bottom-up climate adaptation strategies towards a sustainable Europe (BASE)

Inter-sectoral Health Environment Research for InnovaTions (INHERIT)



OAsIS

- **BC3**

(Health and Climate Research Group)

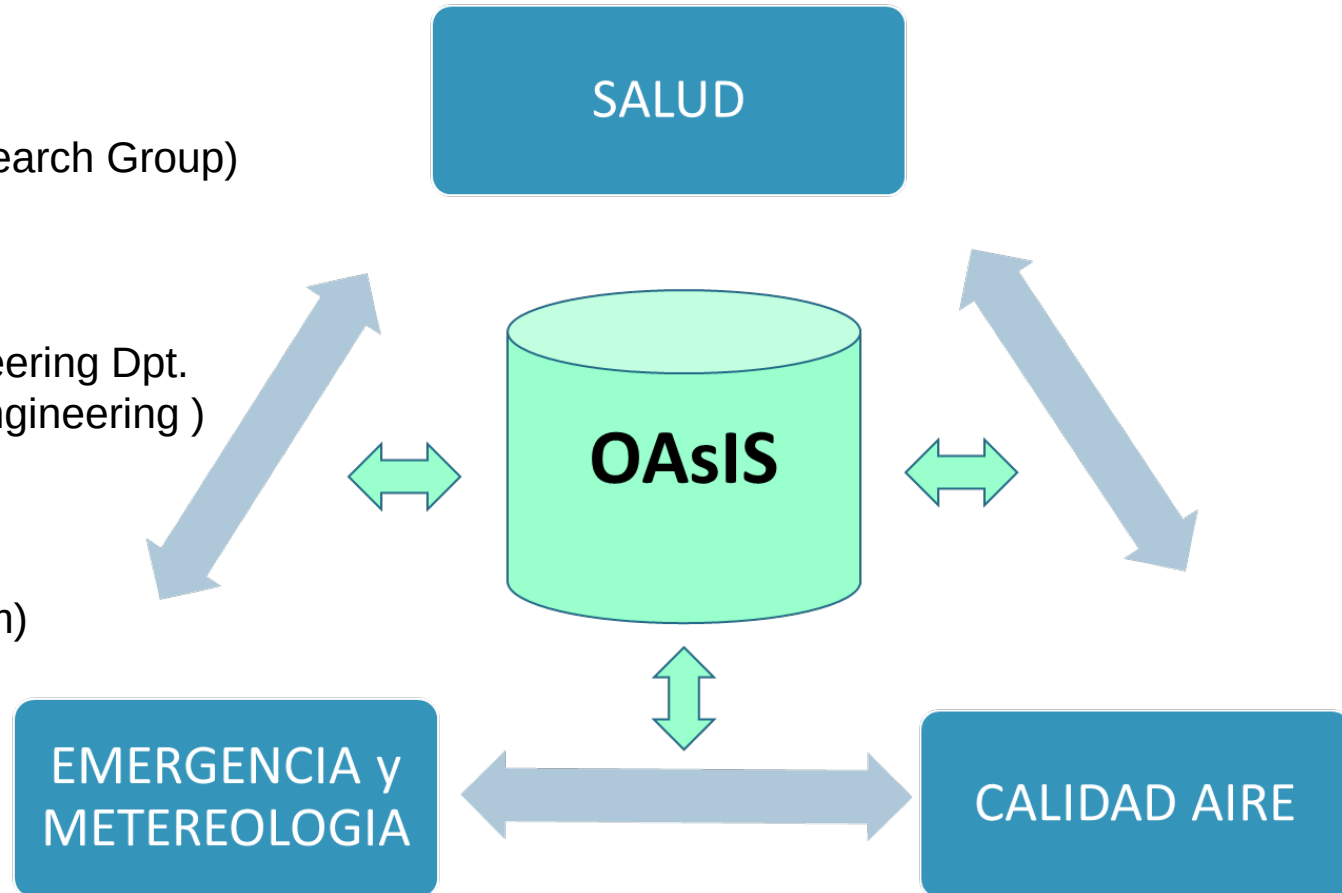
- **UPV/EHU**

(Chem.& Environ. Engineering Dpt.
ETSI-Bilbao School of Engineering)

- **E&S**

(Environment and System)

- **Ihobe**



Objetivos

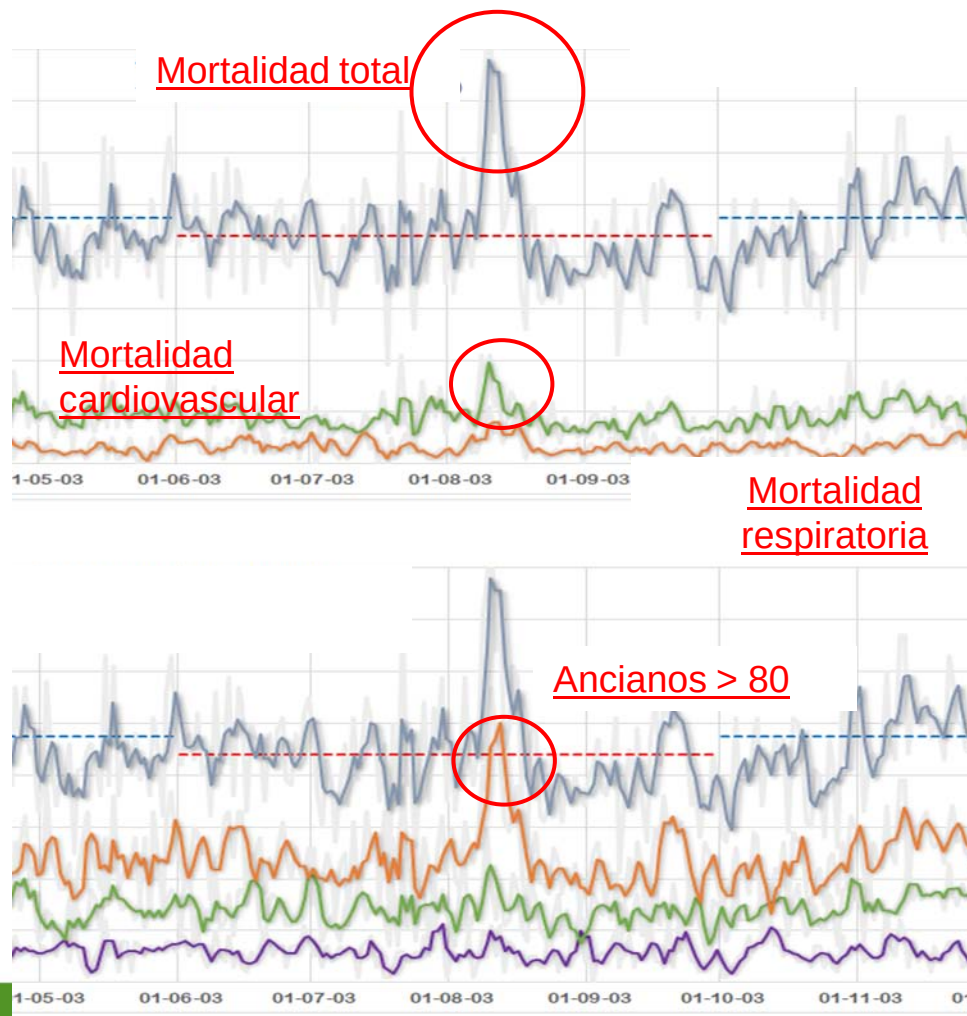
- Analizar la relación entre mortalidad y calor, y desarrollar un modelo epidemiológico para estimar el exceso de mortalidad debido al efecto combinado de temperatura y ozono
- Identificar indicadores de posibles umbrales.
- Analizar cualitativamente las tendencias diarias, identificar las anomalías, clasificar los episodios de calor y ozono según algunas tipologías

Estadísticas mortalidad

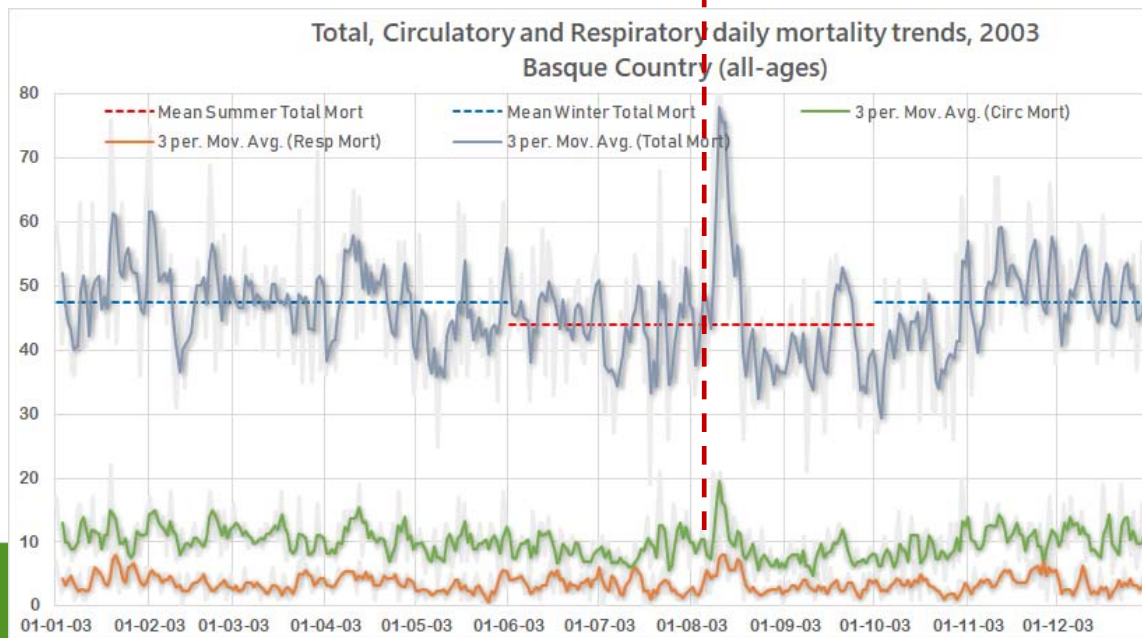
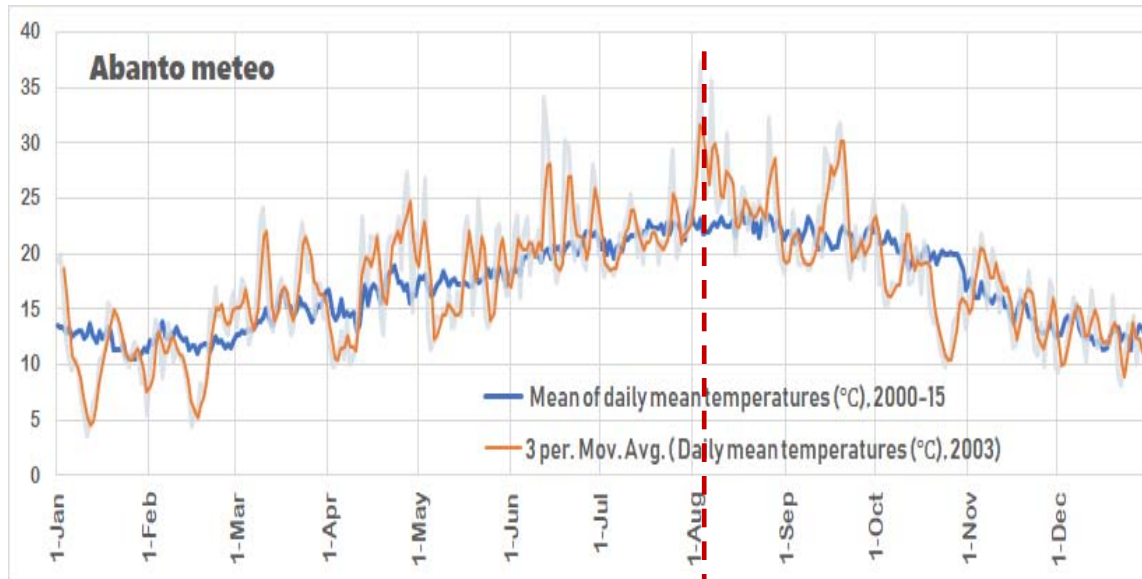
Año 2003 CAPV

Olas de calor verano 2003

- Se observa pico mortalidad por causas naturales en Agosto 2003
- Patología cardiovascular en particular
- Respiratorio menos evidente
- Alto impacto sobre ancianos mayores de 80 años
- Personas vulnerables: con alto riesgo de exposición a calor extremo

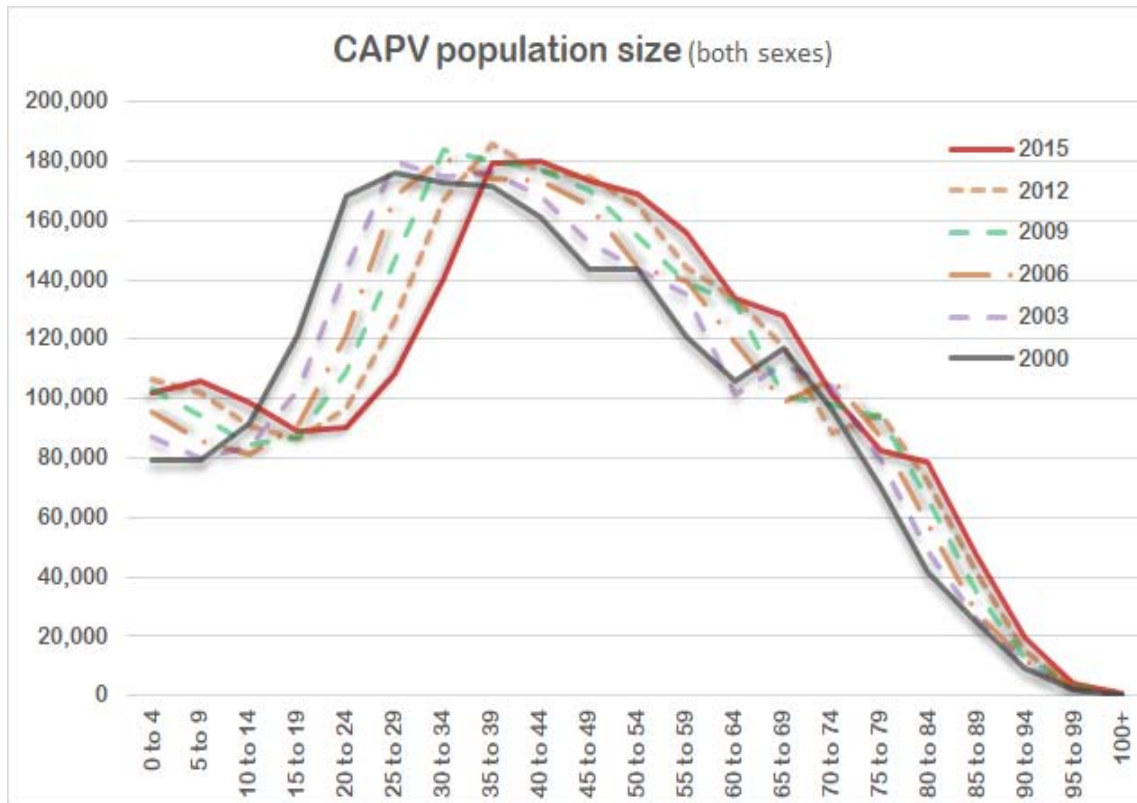


Relación temperatura- mortalidad Año 2003 CAPV



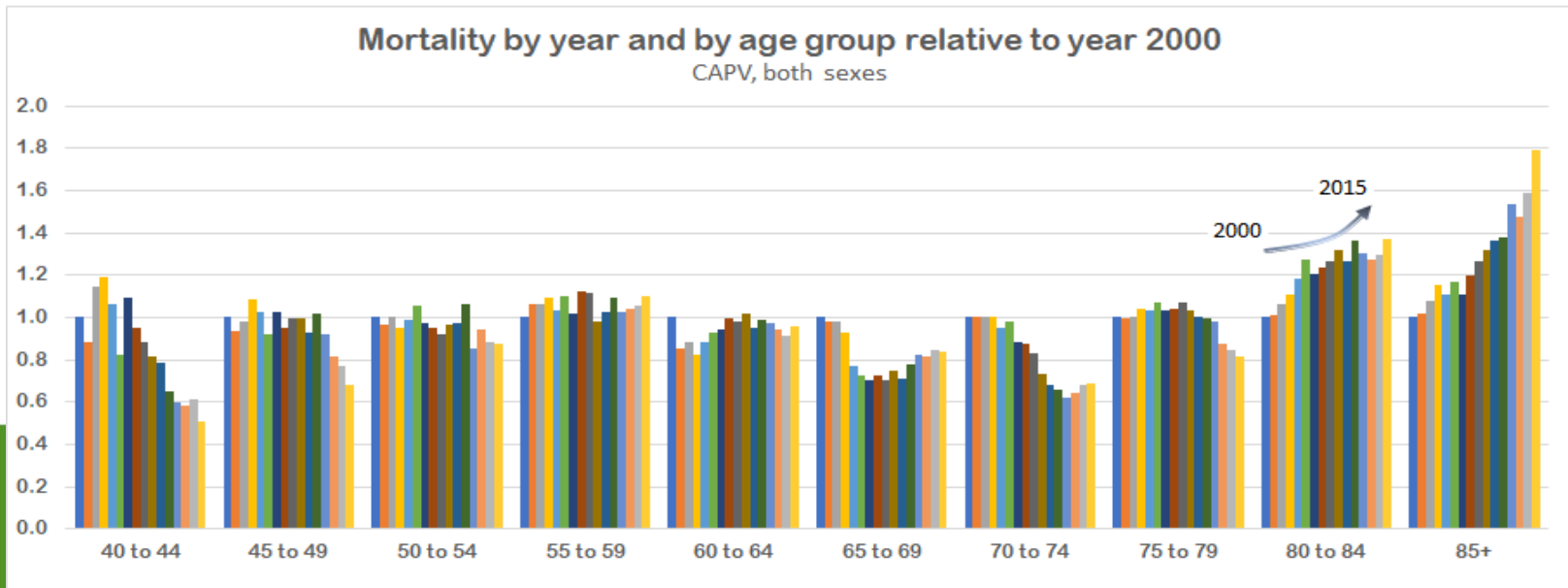
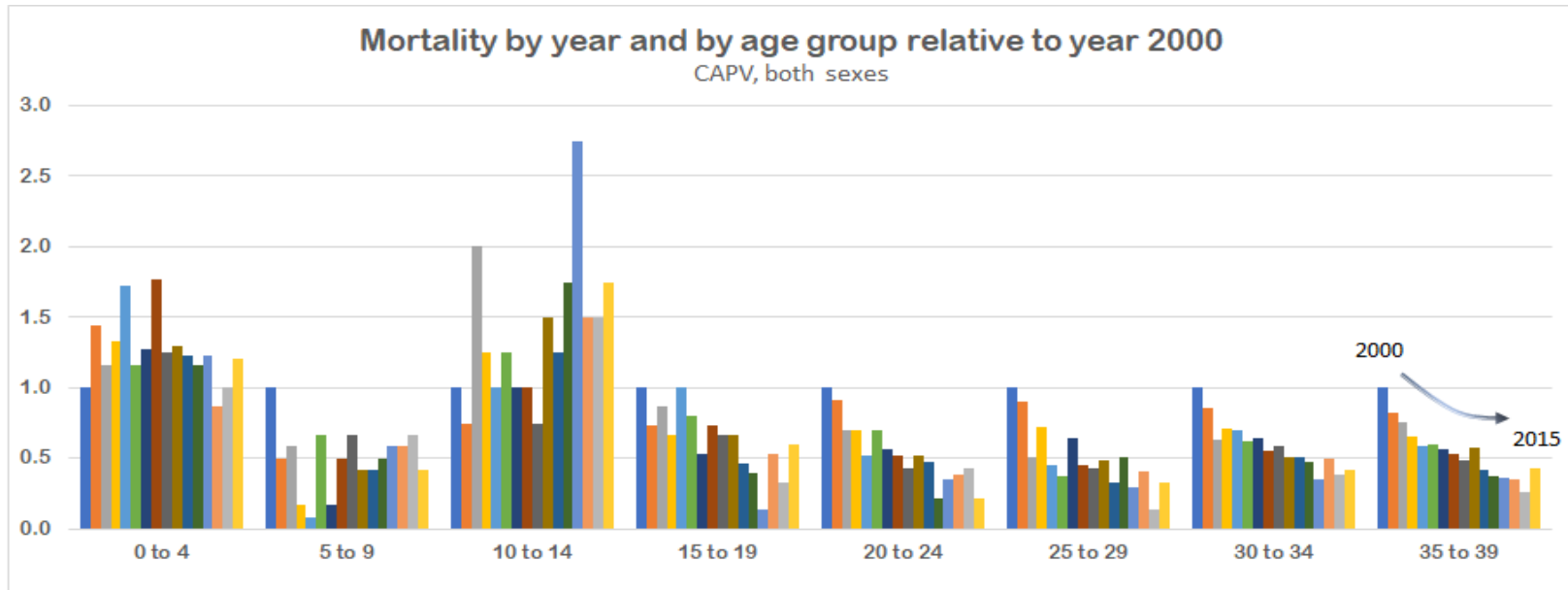
- Pico mortalidad (agosto) cuando temperatura media es máxima
- Retraso temporal entre temperatura e impacto sobre mortalidad

CAPV population trend



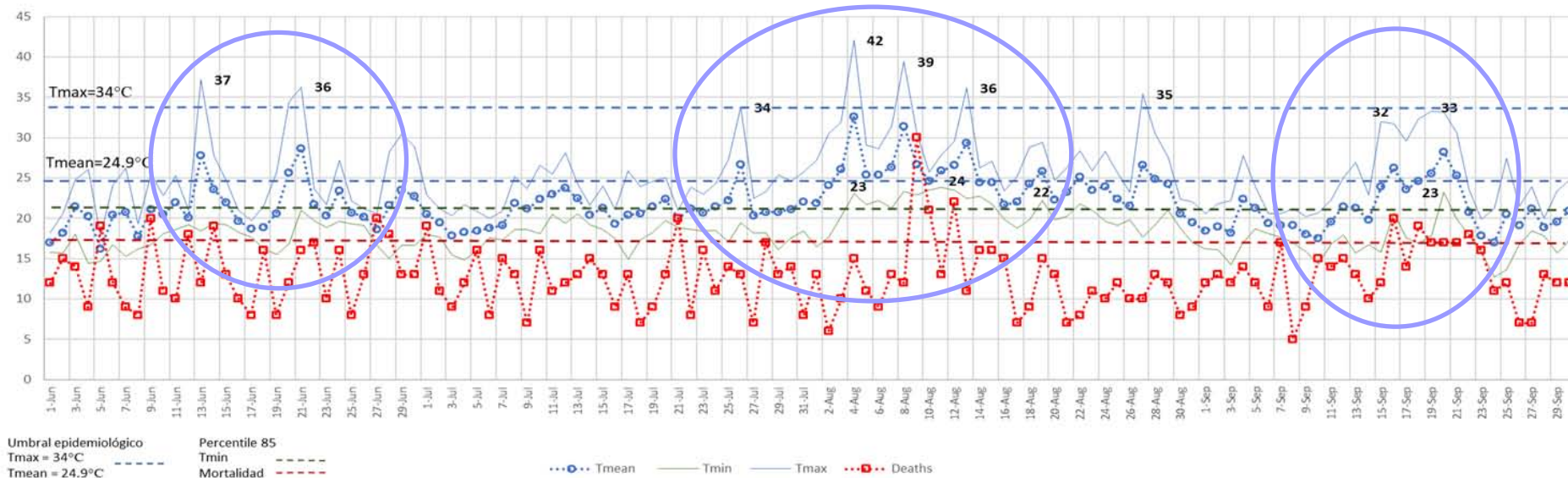
- Basque population is aging with the peak in the population distribution shifting from the mid 20's in 2000 to the late 30's in year 2015.
- This change will impact mortality rate. Annual deaths in the Basque Country has increased over the past 15 years (>65 in 2015 increased by nearly 30% over year 2000).

Mortality trend by age groups (relative to year 2000)

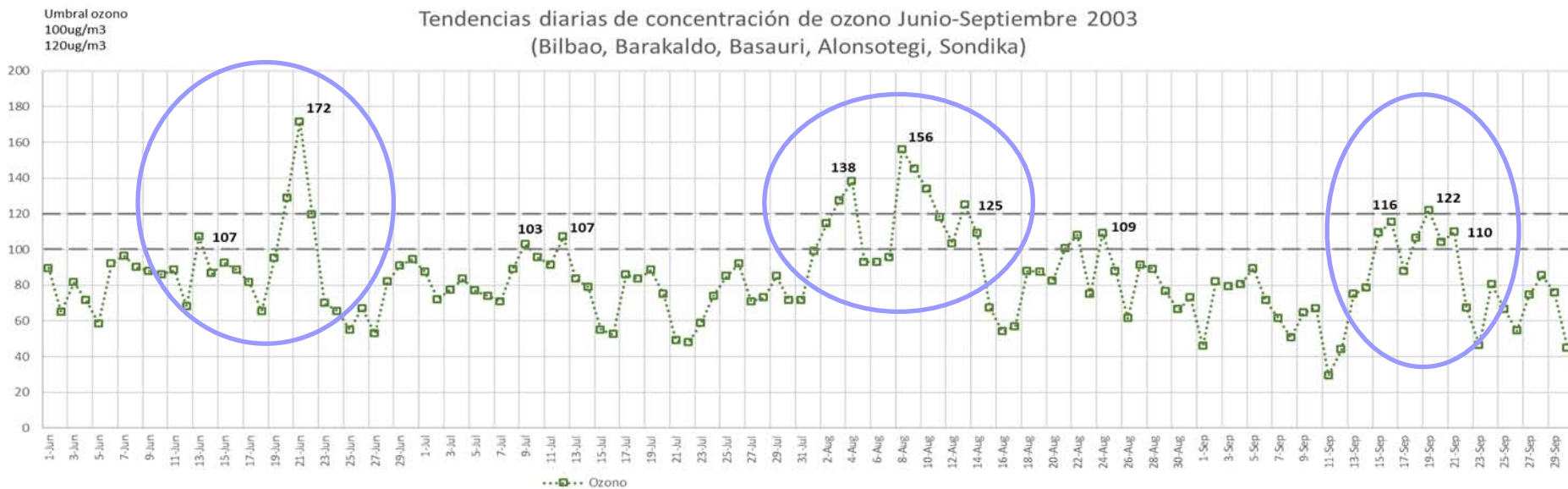


Observaciones diarias de temperatura, ozono y mortalidad, año 2003

Tendencias diarias de temperatura y mortalidad Junio-Septiembre 2003
(Bilbao, Barakaldo, Basauri)

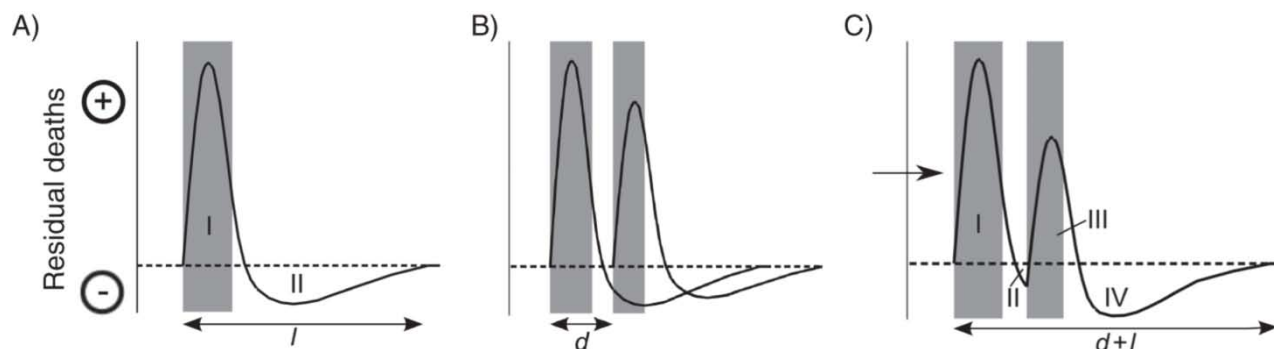


Tendencias diarias de concentración de ozono Junio-Septiembre 2003
(Bilbao, Barakaldo, Basauri, Alonsotegi, Sondika)



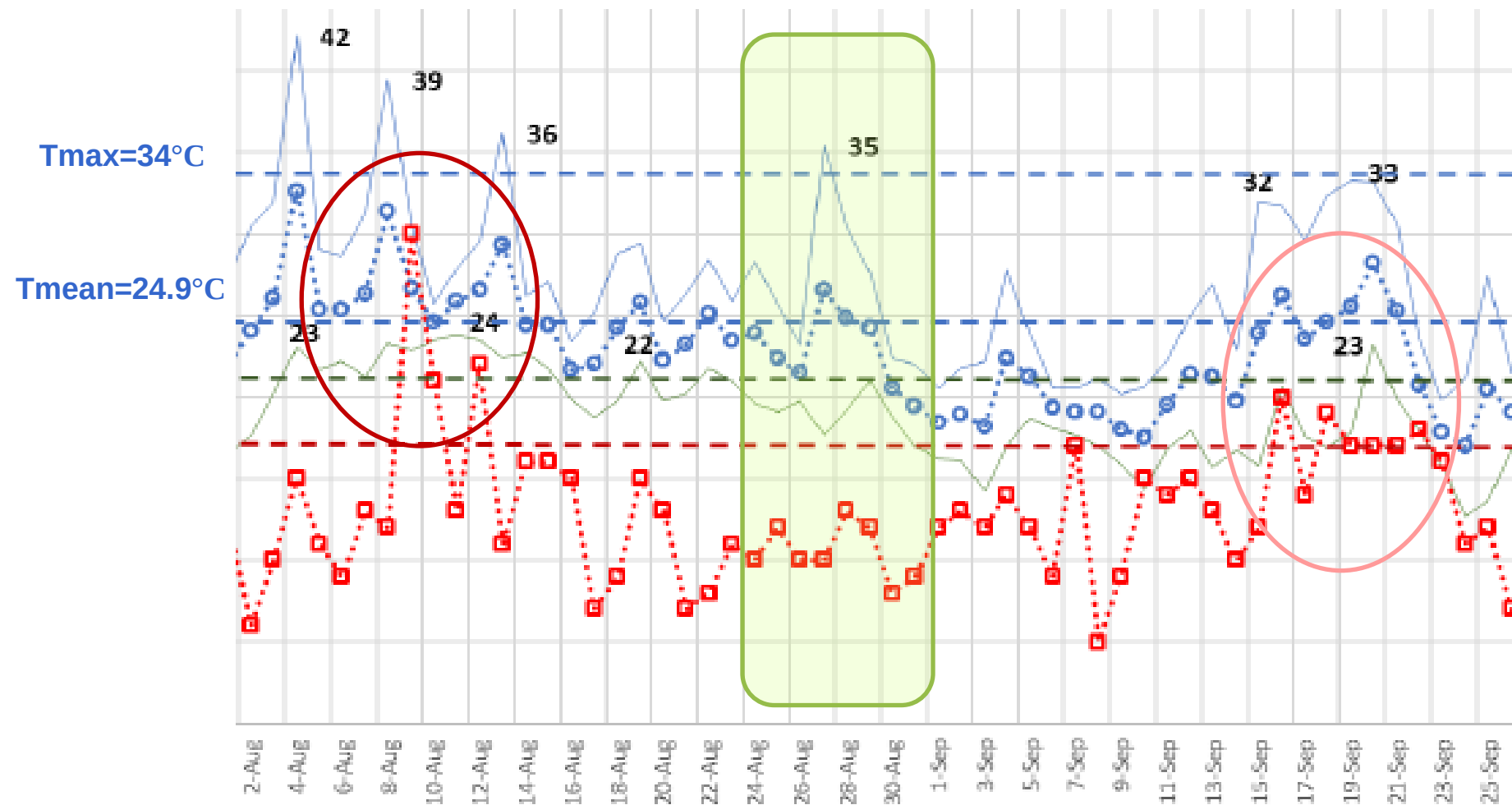
Mortalidad desplazada: “Efecto cosecha”

- Fallecimientos agudos durante o inmediatamente después ola calor
- Afectan a personas con estado salud grave
- Fallecimiento hubiera sucedido en cualquier caso entre algunos días o algunas semanas después la ola de calor



Am J Epidemiol. 2013;179(4):467-474. doi:10.1093/aje/kwt264

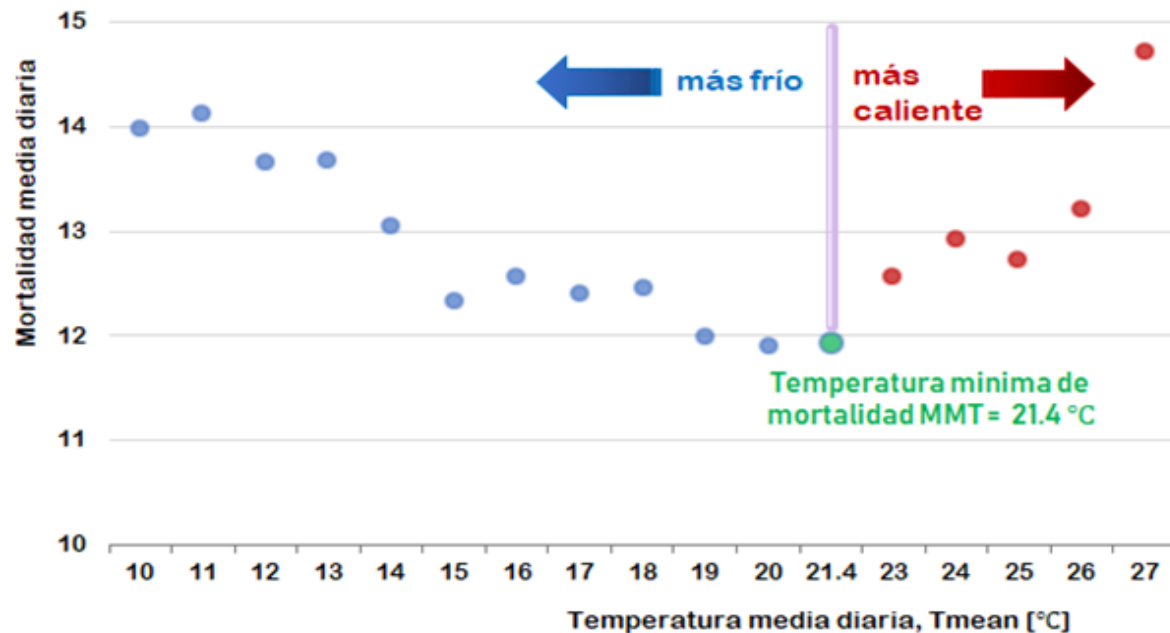
Efecto cosecha



Relación entre temperatura y mortalidad

Bilbao, Barakaldo y Basauri, 2002-2015

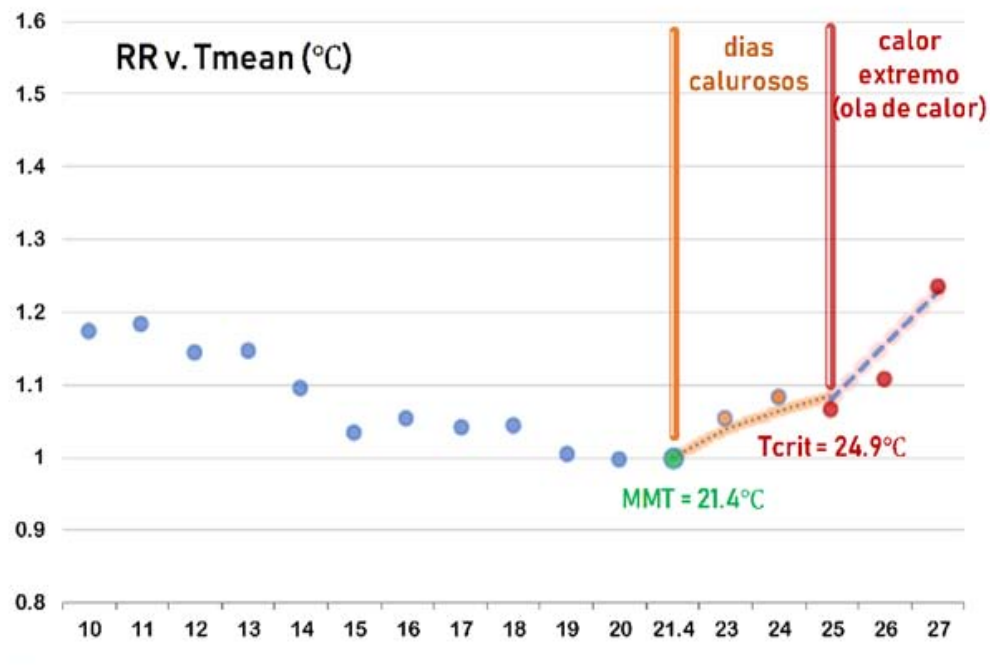
Co-variables



Riesgo relativo (RR) según la temperatura media y máxima diaria

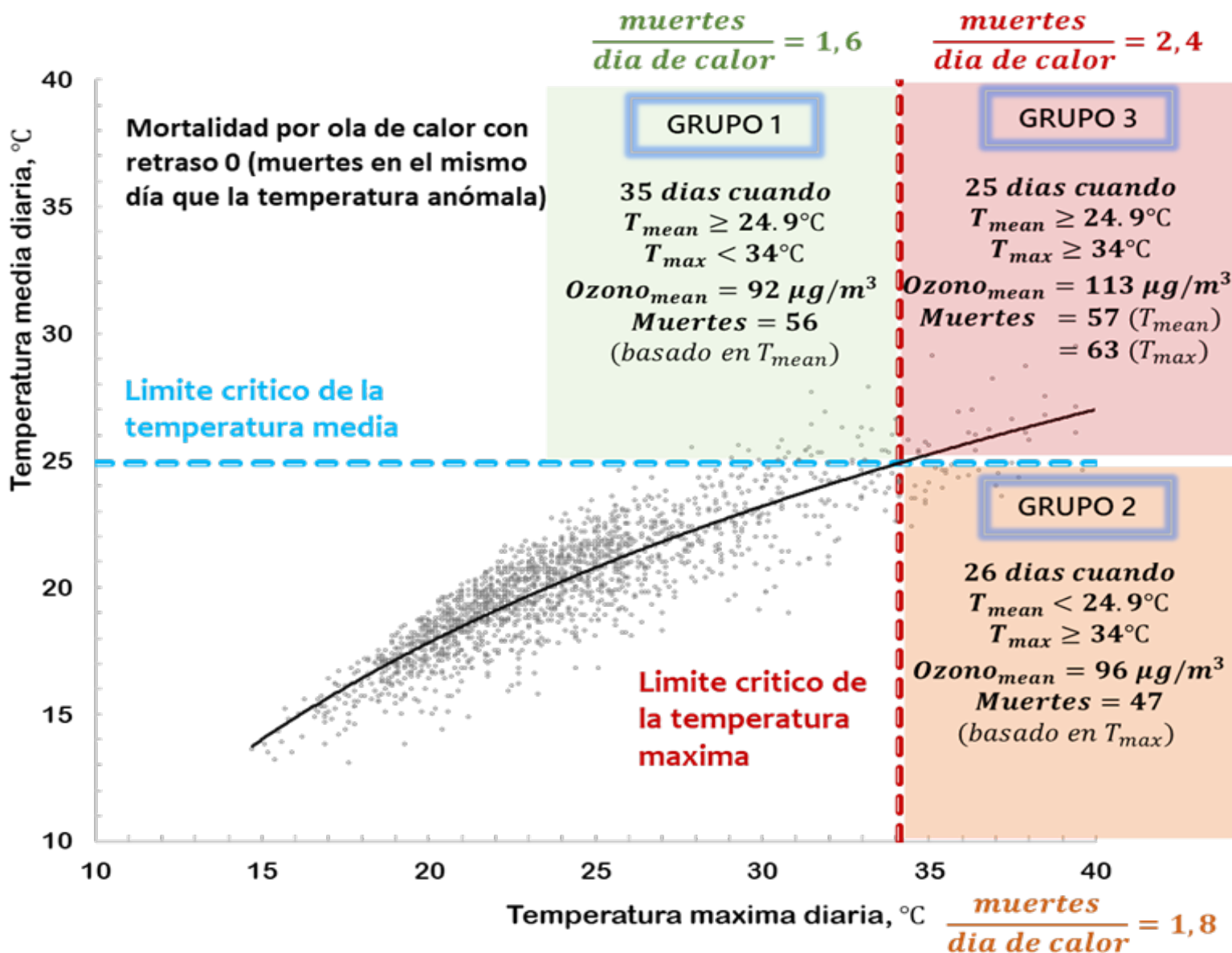
Bilbao, Barakaldo y Basauri, 2002-2015

$$RR = \frac{d_t}{d_{min}}$$



Temperatura crítica	Días calurosos	Días de ola de calor
Temperatura media diaria	≥ 21.4°C	24.9°C
Temperatura máxima diaria	≥ 26°C	≥ 34°C

Agrupación de muertes por olas de calor por temperatura y ozono: Bilbao, Barakaldo y Basauri, 2002-2015



Mortalidad atribuible a ola de calor

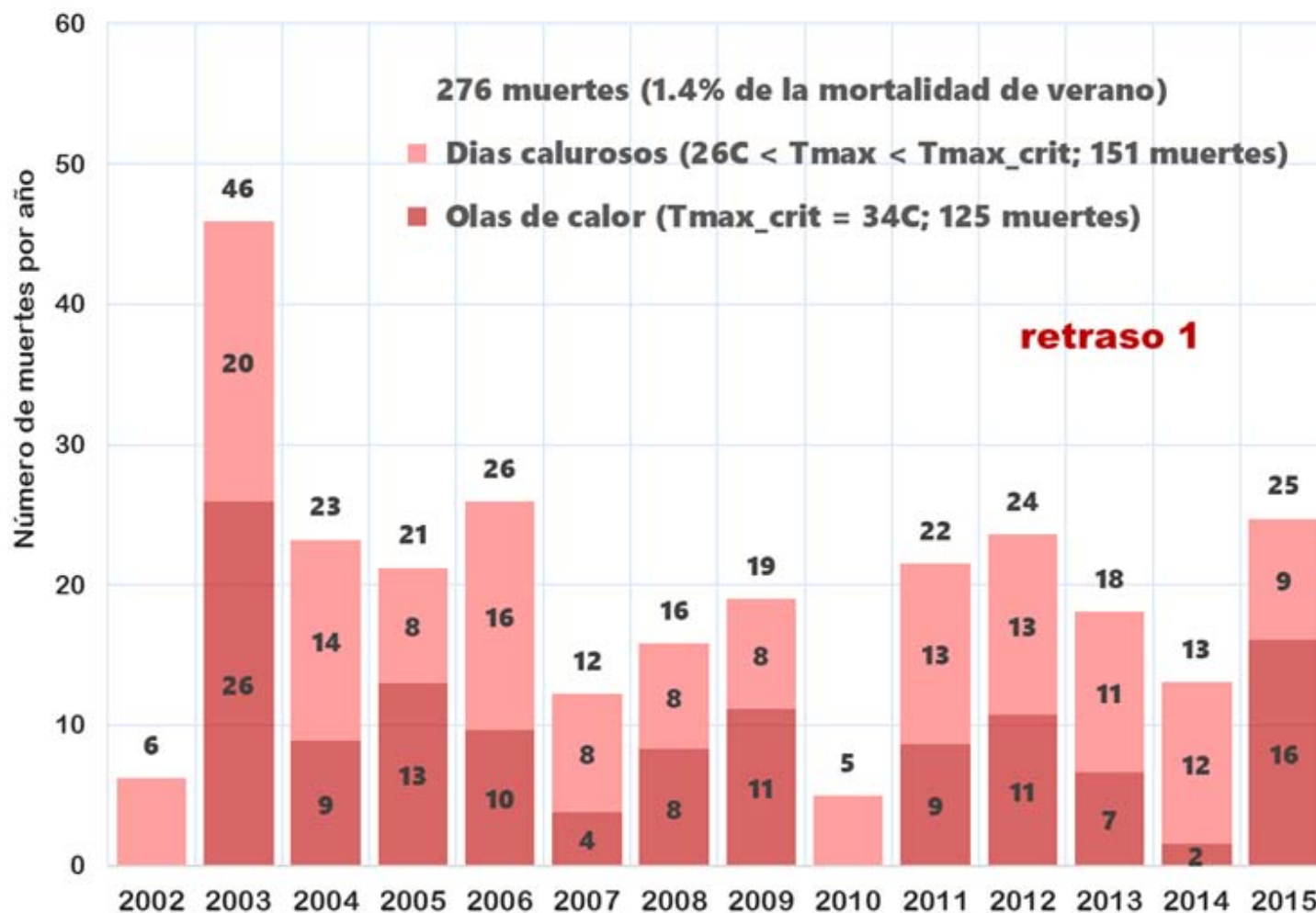
Evaluación basada en T_{mean} $T_{crit} = 24.9^{\circ}C$ (olas de calor)								Evaluación basada en T_{max} $T_{crit} = 34^{\circ}C$ (olas de calor)						
año	Dias	<i>Retraso 0</i>			<i>Retraso 1</i>			Dias	<i>Retraso 0</i>			<i>Retraso 1</i>		
		Muertes	95%CI		Muertes	95%CI			Muertes	95%CI		Muertes	95%CI	
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	14	35	30	40	39	33	45	7	19	16	21	26	22	29
2004	6	8	8	9	8	7	8	4	9	8	10	9	8	10
2005	7	13	11	15	12	10	14	6	14	12	15	13	11	15
2006	9	20	17	23	2	17	23	4	10	9	11	10	8	11
2007	2	2	2	3	2	2	3	2	1	1	1	4	3	4
2008	0	0	0	0	0	0	0	4	8	7	9	8	7	9
2009	2	2	2	2	3	2	3	5	9	8	10	11	10	12
2010	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
2011	6	10	9	12	10	9	11	4	10	8	11	9	7	10
2012	4	9	7	10	9	8	11	5	11	10	12	11	10	12

- Las olas de calor representan el **45%** de la mortalidad total, mientras que los días calurosos ($26^{\circ}C \leq T_{max} < 34^{\circ}C$) constituyen el resto.
- Para los años 2003, 2005, 2009 y 2015, las muertes por olas de calor contribuyen con el **60%** o más de la mortalidad estacional relacionada con el calor.

T _{crit}														
año														
2002	32	15	9	10	15	9	10	24	18	15	21	19	18	22
2003	20	6	4	7	6	5	8	15	5	4	5	5	4	6
2004	22	16	13	20	16	13	19	25	23	19	26	22	18	25
2005	38	23	17	28	22	17	28	30	24	20	27	24	20	27
2006	34	17	12	22	19	13	24	28	15	12	18	18	15	21
2007	35	12	9	15	13	10	15	37	13	10	15	13	11	16
2008	39	15	15	25	20	15	25	30	24	20	27	21	21	28
2009	439	254	194	311	262	200	321	392	261	217	304	276	230	320
Totals	439	254	194	311	262	200	321	392	261	217	304	276	230	320

Mortalidad atribuible a días calurosos

Mortalidad atribuible al calor durante verano en los municipios de Bilbao, Barakaldo y Basauri



Tipología de episodios: análisis cualitativa

❑ Episodios aislados (un solo día)

- ✓ Temperatura [T,I]
- ✓ Ozono [O,I]
- ✓ Temperatura y ozono [T&O,I]

❑ Episodios persistentes (2 días o mas)

- ✓ Temperatura [T,P]
- ✓ Ozono [O,P]
- ✓ Temperatura y ozono [T&O,P]

Definición por AEMET, la ola de calor es “un período de al menos 3 días consecutivos en que al menos el 10% de las estaciones meteorológicas registren temperaturas por encima del percentil del 95% de su serie de temperaturas máximas diarias (julio y agosto) del periodo 1971-2000

Categorización episodios en 2002-2015

Episodio	Impactos en mortalidad			No impacto en mortalidad			Total impacto	Total episodios
	<i>Muy probable</i>	<i>Poco probable</i>	<i>Potencial</i>	<i>No probable</i>	<i>No observado</i>	<i>Efecto cosecha</i>		
Aislados								36
[T, I]	-	-	-	8	-	-	-	8
[O, I]	-	-	-	9	-	-	-	9
[T&O, I]	-	-	-	19	-	-	-	19
Persistentes								49
[T, P]	4	-	-	-	4	1	4	9
[T, P]*	-	-	1	-	1	2	1	4
[O, P]	7	1	-	-	4	1	8	13
[T&O, P]	8	2	1	-	8	4	11	23
Otros	Anomalías de mortalidad no relacionados ni a temperatura ni a ozono							25
Total								110

Notas aclaratorias: [T, I] = temperatura, aislada; [O, I] = ozono, aislado; [T&O, I] = temperatura y ozono, aislados; [T, P] = temperatura, persistente; [T, P] * = temperatura, persistente, y ozono <80µg / m3 [O, I] = ozono, persistente; [T&O, I] = temperatura y ozono, persistente.

Validación del modelo de mortalidad

Año	Días con anomalías de mortalidad asociados a [T,P], [O,P] y [T&O,P]	Mortalidad potencialmente atribuible: por encima de percentiles			Mortalidad estimada	
		85	90	95	Límite inferior	Límite superior
2003	9-10/8; 12/8; 16/9; 18-22/9	28	22	13	16	45
2004	7/6; 1-3/8; 7/8	9	8	6	7	10
2005	18/6	10	10	9	11	15
2006	16-22/7; 27/7	10	8	2	8	23
2007	6/8; 18/9	7	5	1	1	4
2008	4/8; 1/9	10	8	6	0	9
2009	3/6; 15/8	7	6	3	2	12
2010	25/6; 26/8	8	6	2	0	1
2011	25/6; 20-22/8	13	6	2	7	12
2012	25/7	3	3	2	7	12
2013	14/7; 16/7; 29/7; 30/8	19	12	7	1	7
2014	22/6; 24/6; 20/9	10	8	4	1	5
2015	23/7; 13/8	10	7	2	6	18
Media por año		11	8	5	5	13

Mortalidad estimada: resumen

Año	Mortalidad estimada			
	Dias de ola de calor		Dias calurosos	
2003	16	45	17	23
2004	7	10	11	16
2005	11	15	5	11
2006	8	23	14	18
2007	1	4	4	10
2008	0	9	6	9

No obstante la atención dada a calor extremo, algunos estudios afirman que la temperatura non-optima seria responsable de un exceso de mortalidad apreciable (tiempo moderadamente caluroso o moderadamente frio)

2014	1	5	8	11
2015	6	18	9	10
Media por año	5	13	9	13

Conclusiones

- La función riesgo tiene una forma de U
- Distinguimos entre “días calurosos” y “días de ola de calor

Temperatura critica = umbrales	Días de ola de calor	Días calurosos
Temperatura media diaria	$\geq 24.9^{\circ}\text{C}$	$\geq 21.4^{\circ}\text{C}$ $\leq 24.9^{\circ}\text{C}$
Temperatura máxima diaria	$\geq 34^{\circ}\text{C}$	$\geq 26^{\circ}\text{C}$ $\leq 34^{\circ}\text{C}$

Conclusiones

- La mortalidad total relacionada con el calor (exceso debido a días calurosos y días de olas de calor) representa alrededor del **1%** de la mortalidad anual total (2002-15)
- La carga de las olas de calor representa aproximadamente el **45%** de la mortalidad por calor total durante el verano, que surge de la exposición a temperaturas no óptimas
- En general, es probable que la temperatura y el ozono actúen juntos, cada uno reforzando el impacto del otro.
- La mortalidad en días con alto ozono es hasta un **25%** más alta en comparación con días con poco ozono
- El exceso de muertes se observa solo durante episodios persistentes con al menos 2 días consecutivos de temperatura y/u ozono que exceden los umbrales predefinidos

Conclusiones

Costes económicos asociados al exceso de mortalidad por temperatura y ozono, años 2003-2015 (€ 2015)

❑ VSL (enfoque estándar):

✓ 36.4M€/año (18.8–70.3M€/año, 95%CI) (tasa descuento 0%)

❑ VOLY (enfoque conservador):

✓ 2.2 M€/año (0.12–11M€/año, 95%CI) (tasa descuento 0%)

✓ 0.85 M€/año (95%CI: 0.05–4.2M€/año) (tasa descuento 0%)

GRACIAS!

aline.chiabai@bc3research.org

OSATU

Impactos olas de calor

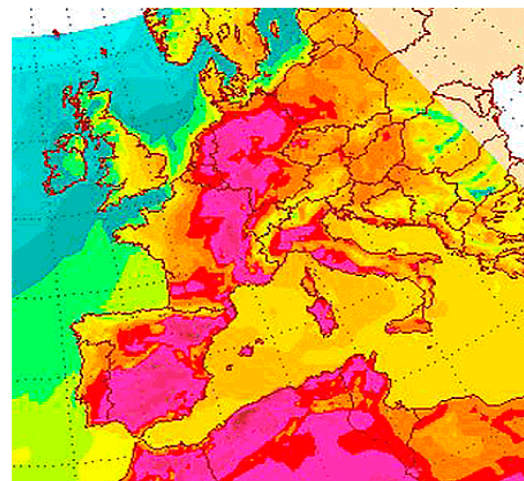
- Impactos potenciales sobre la salud
- Escenarios de cambio climático
- Aclimatación y temperatura crítica



Temperaturas máximas en Europa

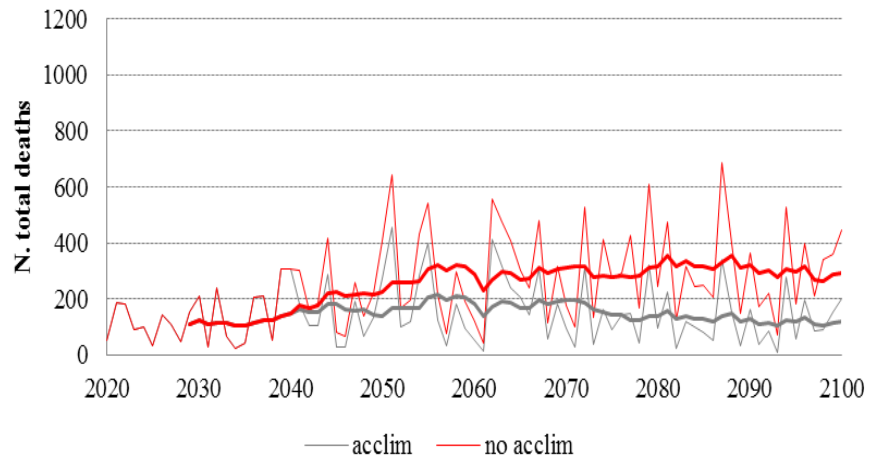


SÁBADO, 4 DE JULIO

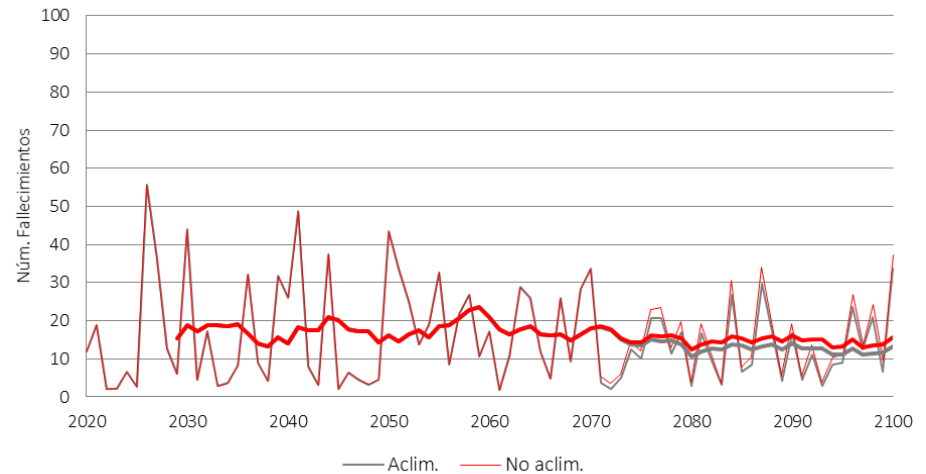


Impactos mortalidad

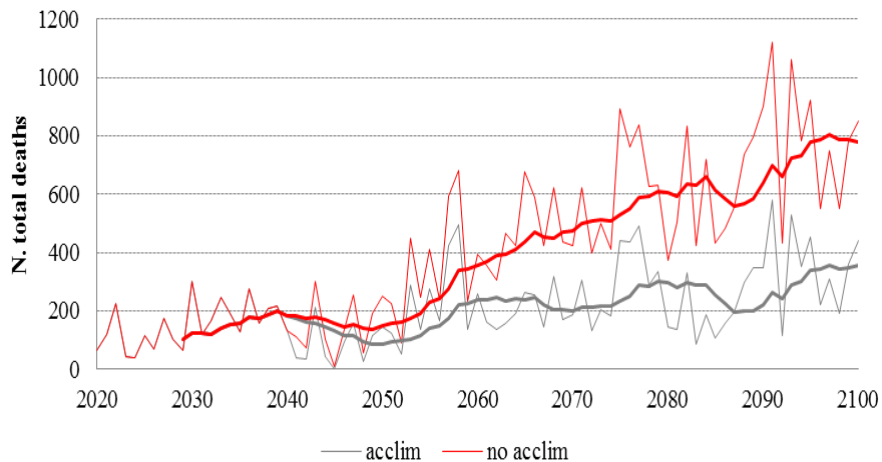
Madrid RCP 4.5



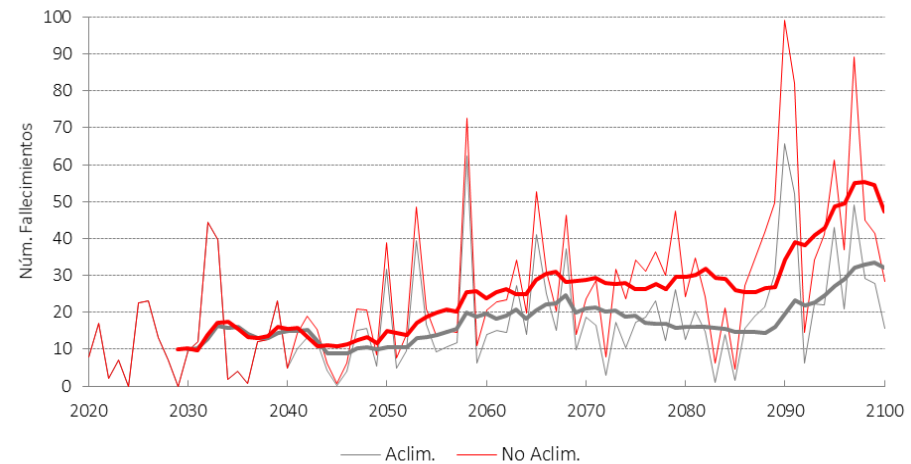
Bilbao RCP4.5



Madrid RCP8.5



Bilbao RCP8.5



RATIO COSTE-BENEFICIO

- Costes y beneficios 2020-2100 (billion €2013)

Escenario	Beneficios		Costes
<i>RCP4.5/SSP2</i>			
No aclimatación	1.8 – 32.6		0.014 – 0.025
aclimatación	1.2 – 21.7		0.011 – 0.02
%Δ			-22%
<i>RCP8.5/SSP5</i>			
No aclimatación	3.1 – 54.1		0.019 – 0.034
aclimatación	1.6 - 28		0.013 – 0.023
%Δ			-32%

Results shown for discount-rate (d) = 0.

- Beneficios >> Costes → medida low-regret (BCR=50-1700)
- Costes (aclimatación) < Costes (no aclimatación)

Zonas verdes como medida de adaptación: Co-beneficios

