

ANÁLISIS DE LOS EXTREMOS
TÉRMICOS: Influencia en la salud

JULIO DÍAZ JIMÉNEZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

PRINCIPALES CONCLUSIONES DEL TERCER INFORME DE EVALUACIÓN (IPCC) CAMBIOS SIGLO XXI

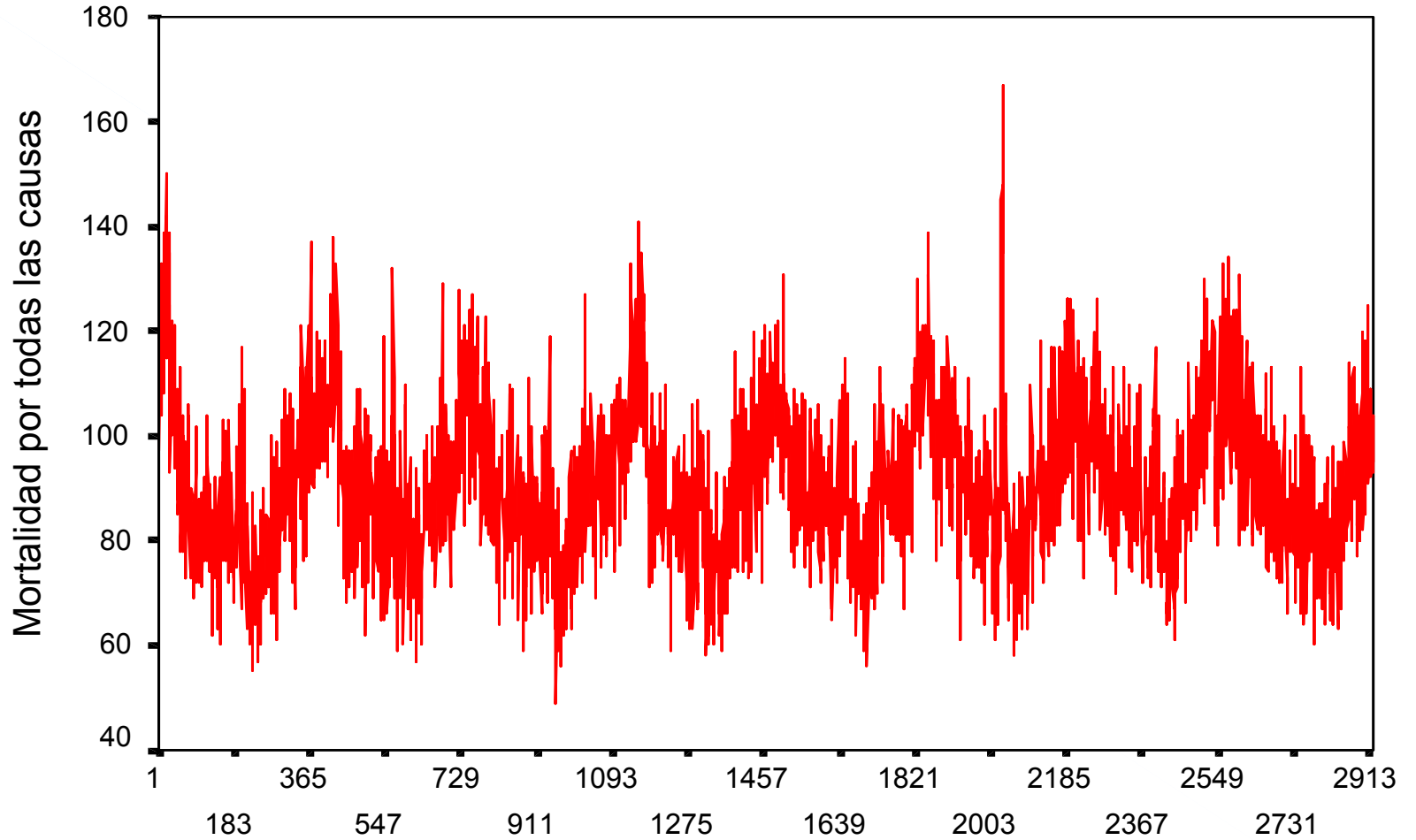
- Temperaturas máximas más elevadas y más días de calor en zonas emergidas (muy probable).
- Temperaturas mínimas más elevadas , menos días de frío y heladas en casi todas las zonas emergidas (muy probable).
- Rango de Temperaturas diurnas reducido en la mayoría de las áreas emergidas (muy probable).

PRINCIPALES IMPACTOS DE LOS EXTREMOS TÉRMICOS

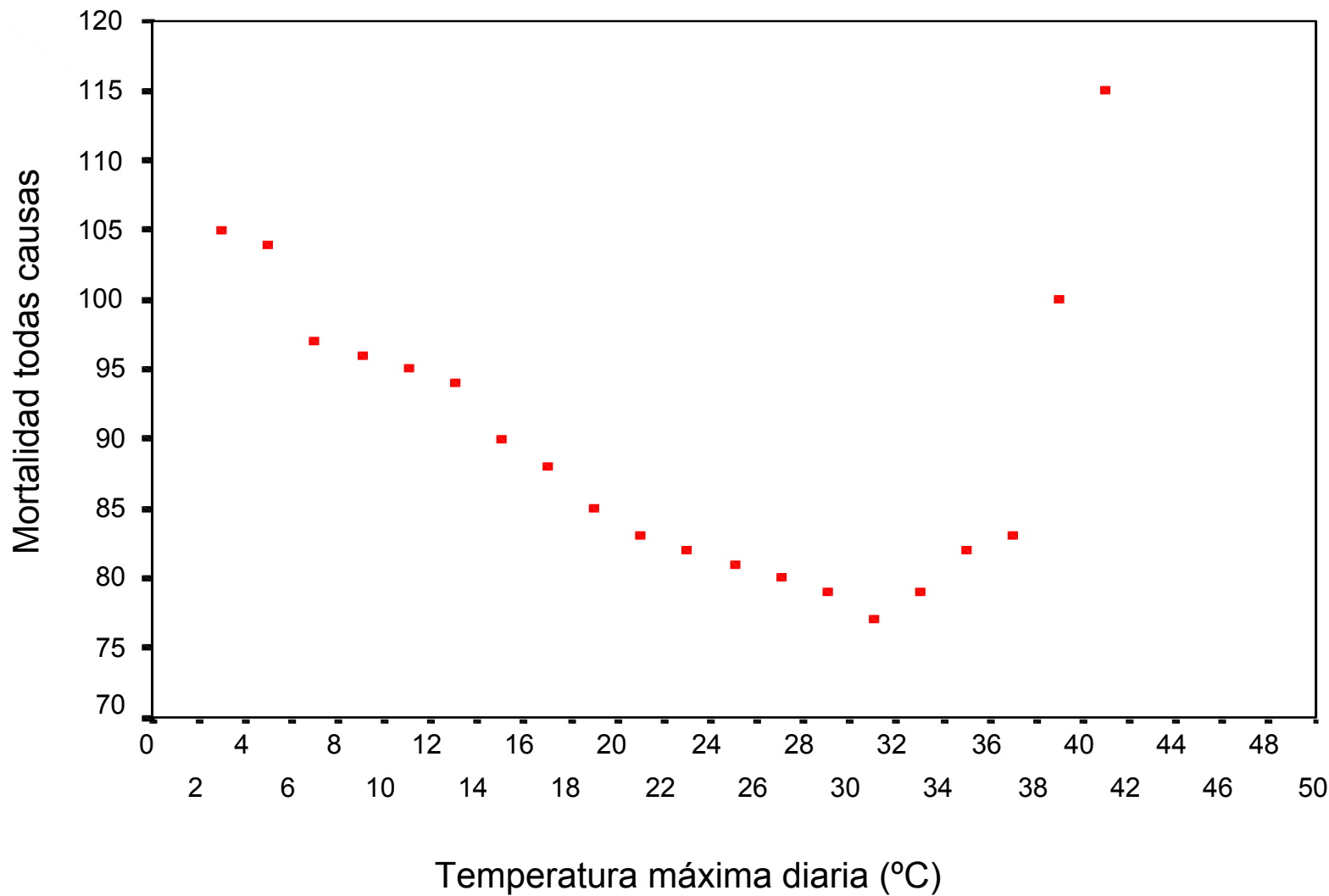
Modelos de evolución de la tasa de mortalidad en los horizontes de los años 2020-2050

Incremento de la tasa de mortalidad en función del aumento del calor
(Dessai, 2003):

. 1980-1998	5,4-6	por 100.000 habitantes.
. 2020	5,8-15,1	por 100.000 habitantes.
. 2050	7,3-35,6	por 100.000 habitantes.



Enero 1990- diciembre 1997



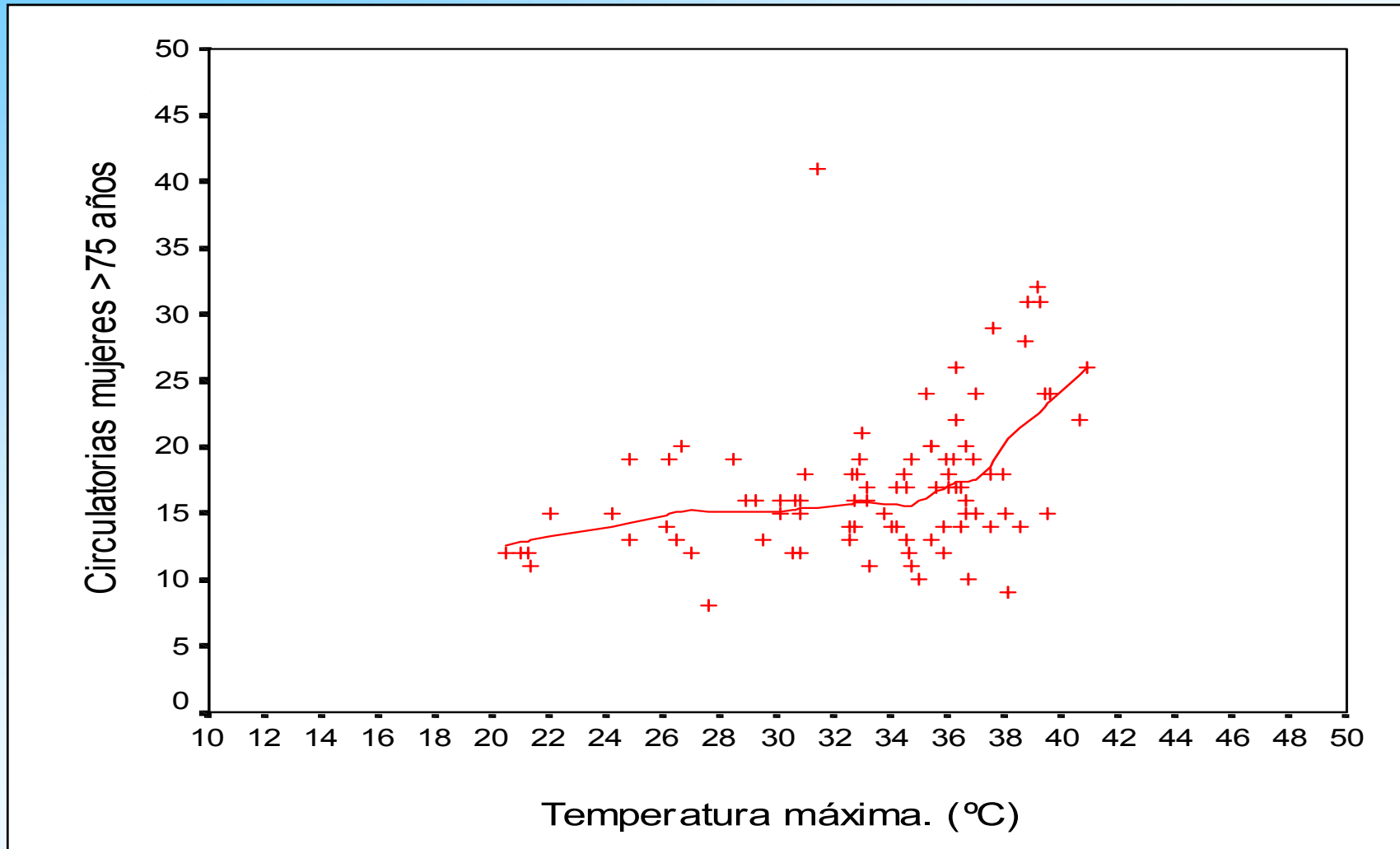
**CORRELECCIONES CON TMAX Y TMIN.
SIGNIFICATIVAS A $p < 0,05$. N = 1807**

	Not prewhitened Tmax	Not prewhitened Tmin	Prewhitened Tmax	Prewhitened Tmin
Age 65 to 75	-0.169	-0.127	-0.081	-0.070
Older 75	-0.126	-0.109	-0.083	-0.070

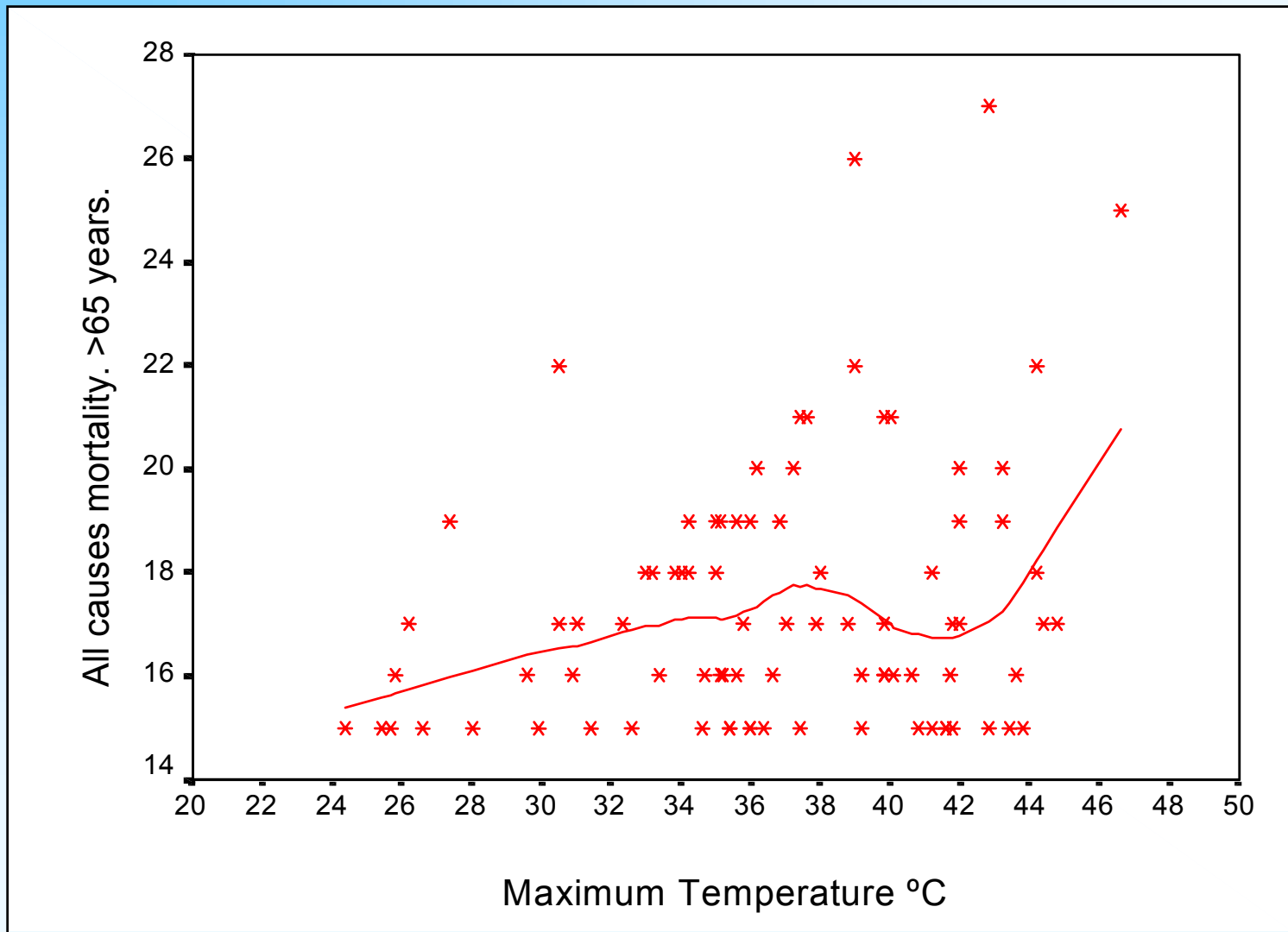
RELACIÓN DE LA MORTALIDAD DIARIA CON TEMPERATURAS EXTREMAS. EFECTO DEL CALOR

- **Día extremadamente cálido (ola de calor).**
 - **Percentil 95 de la serie de temperaturas máximas diarias 36,5 °C**
 - **Días en los que la temperatura máxima diaria supera los 36,5 °C**
 - **Sólo en dos casos desde 1955 a 1998 se superan 5 días consecutivos.**
 - **“Días extremadamente cálidos” VS “olas de calor”.**
 - **En la década de los 90 se han dado más casos pero sin significancia estadística.**

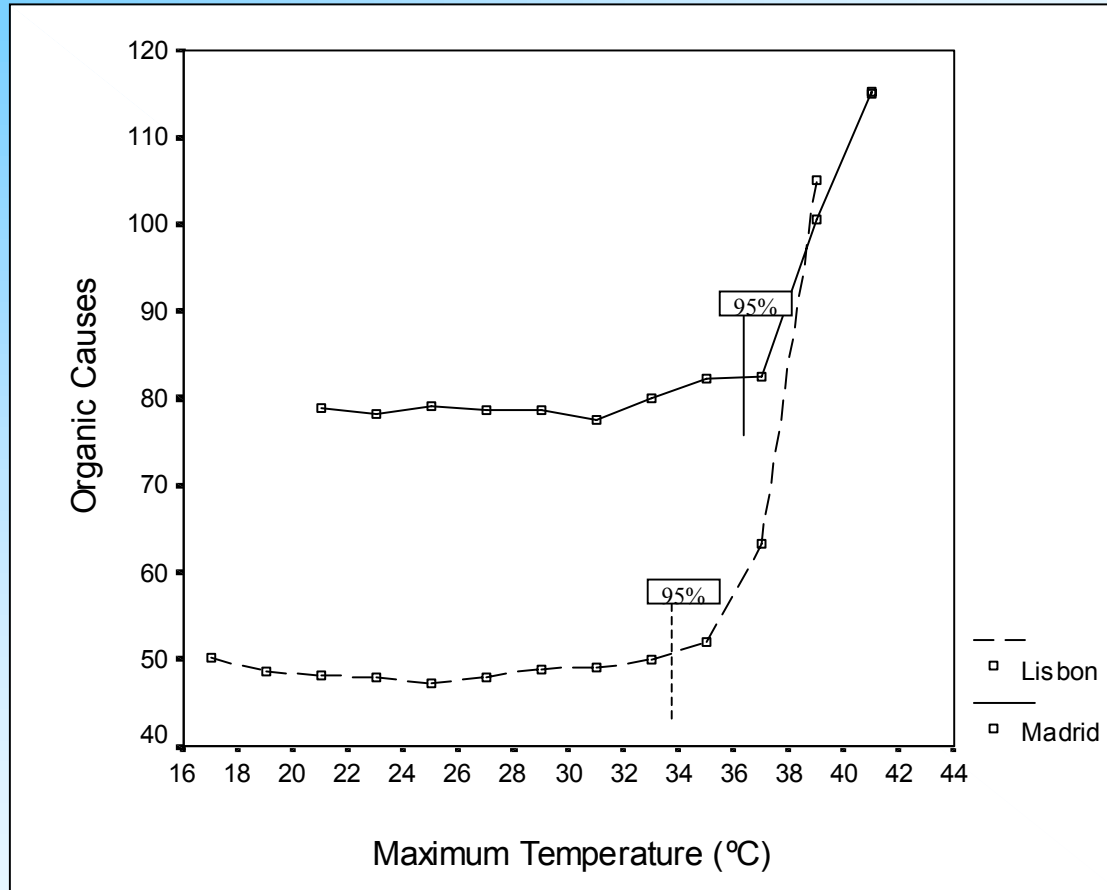
RELACIÓN DE LA MORTALIDAD DIARIA EN DÍAS EXTREMADAMENTE CÁLIDOS (Madrid)



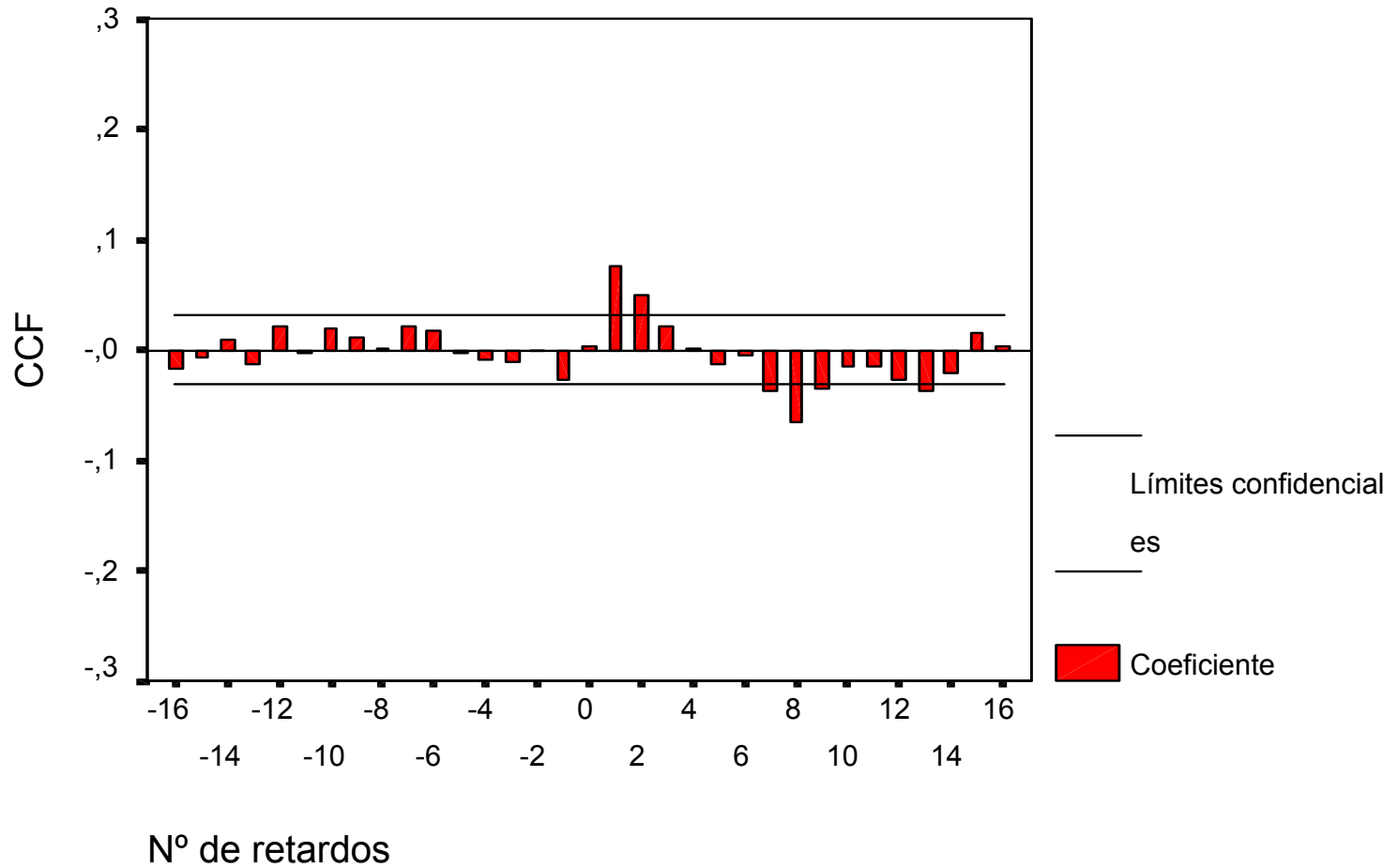
RELACIÓN DE LA MORTALIDAD DIARIA EN DÍAS EXTREMADAMENTE CÁLIDOS (Sevilla)



DEFINICIÓN DE OLA DE CALOR

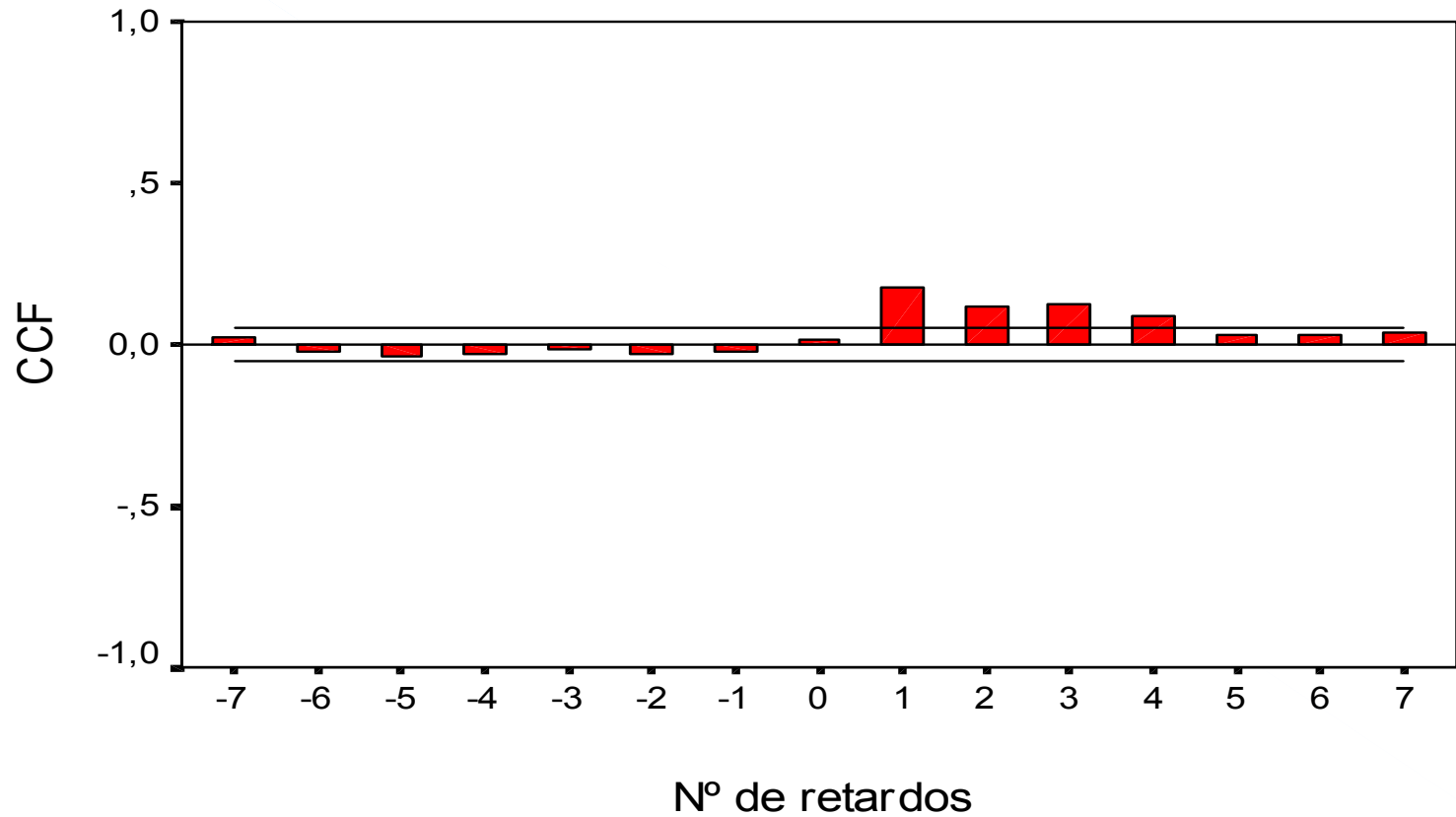


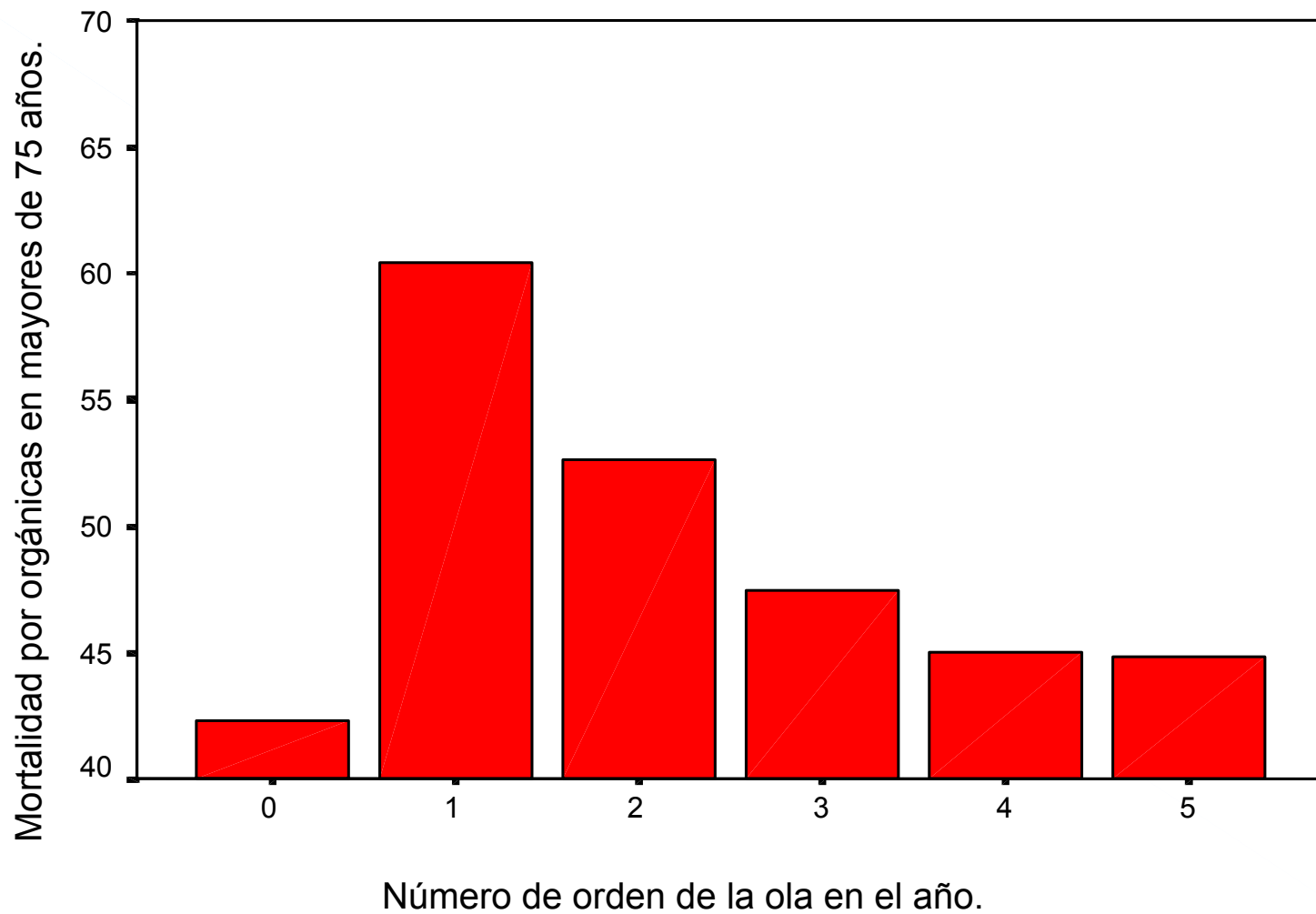
Tmax VS Circulatorias

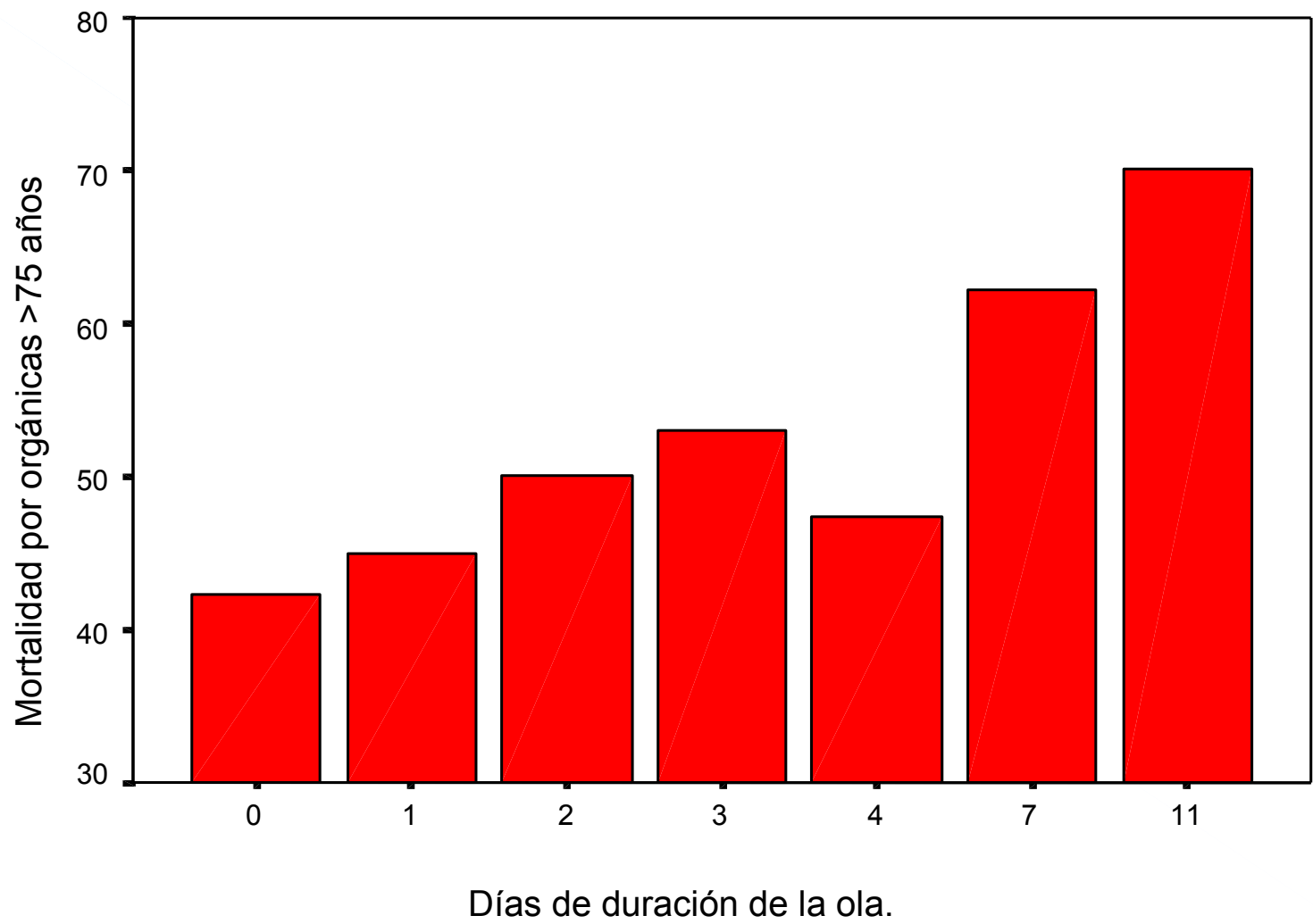


Tmxima Vs Mortalidad por circulatorias

Mujeres mayores de 75 años







RELACIÓN DE LA MORTALIDAD DIARIA CON TEMPERATURAS EXTREMAS. EFECTO DEL CALOR.

- **$T_{cola} = T_{max} - 36,5$ si $T_{max} > 36,5$**
- **$T_{frola} = 36,5 - T_{max}$ si $T_{max} < 36,5$**
- **La T_{max} media en verano del percentil 95 de la serie de mortalidad (100 muertos/día) todas las causas coincide con 36,5 °C.**
- **En el grupo de >75 años cuando hay “Día extremadamente cálido” media muertes diarias es de 58 muertes/día frente a los 42 muertes/día cuando no la hay.**

	Orgánicas	Circulatorias	Respiratorias
Hombres	Tcola (1,2) = 2.51** Tfrola (13) = 0.09** Hr (4) = -0.02* PST (0) = 0.02* Lso2 (1) = 0.96 *	Tcola (1) = 0.71*** Tfrola (13) = 0.05** Hr (2) = -0.01** PST (0) = 0.01*	Tcola (1,4) = 0.81** Hr (9) = 0.01* NO2 (0) = 0.01***
Mujeres	Tcola (1,3,4) = 8.15*** PST (0) = 0.15*** Lso2 (1) = 1.52* NO2 (3) = 0.03**	Tcola (1,3,4) = 4.85*** PST (0) = 0.06*** NO2 (2) = 0.02**	Tcola (1) = 0.51*** Hr (3) = -0.01* PST(0) = 0.01***

Modelos ARIMA multivariados con variables exógenas para el grupo de mayores de 75 años.

*** p<0,05; ** p<0,01; ***p<0,001**

Modelo ARIMA mortalidad diaria total en Madrid. Efecto calor 1986-1997.

Mortalidad total.

Number of residuals	1464
Standard error	10,162319
Log likelihood	-5468,0653
AIC	10952,131
SBC	10994,442

Analysis of Variance:

	DF	Adj. Sum of Squares	Residual Variance
Residuals	1456	150402,69	103,27272

Variables in the Model:

	B	SEB	T-RATIO	APPROX. PROB.
AR1	,932953	,0169829	54,934686	,00000000
MA1	,784497	,0291585	26,904564	,00000000
N1	,009153	,0019787	4,625726	,00000406
TCOLA	4,695215	,9311468	5,042401	,00000052
TCOLA1	7,428986	,9848239	7,543467	,00000000
TCOLA2	2,590191	,9848242	2,630105	,00862584
TCOLA3	3,513068	,9311502	3,772827	,00016788
CONSTANT	71,457483	1,6793996	42,549424	,00000000

PRINCIPALES IMPACTOS DE LOS EXTREMOS TÉRMICOS

Modelos predictivos para la mortalidad en función de la temperatura.

	Orgánicas (%)	Circulatorias (%)	Respiratorias (%)
Hombres 65-74	14,7	9,4	17,2
Mujeres 65-74	16,2	11,7	23
Hombres >75	12,6	9,3	26,1
Mujeres > 75	28,4	34,1	17,6

Porcentaje de incremento de la mortalidad por diversas causas por cada grado en el que la temperatura máxima diaria supera los 36,5 °C.

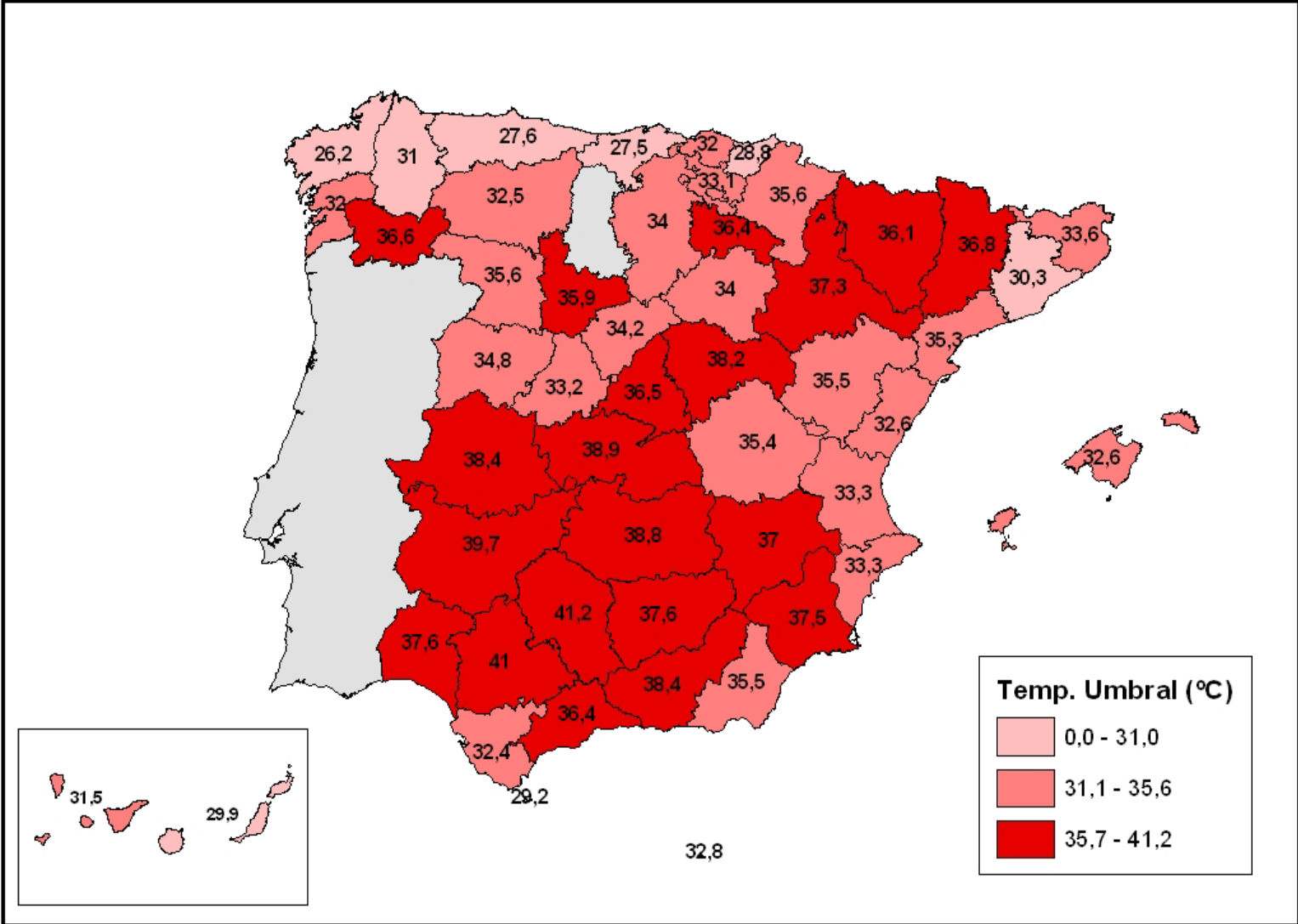
	Orgánicas	Circulatorias	Respiratorias
Mayores 65	38 %	49 %	29 %
Mujeres >65	46 %		
Hombres >65	29 %		
Mayores 75	51%		

Porcentaje de incremento de la mortalidad diaria respecto a la media de muertes en el periodo considerado por cada grado en el que la temperatura máxima diaria supera los 41 °C. Sevilla.

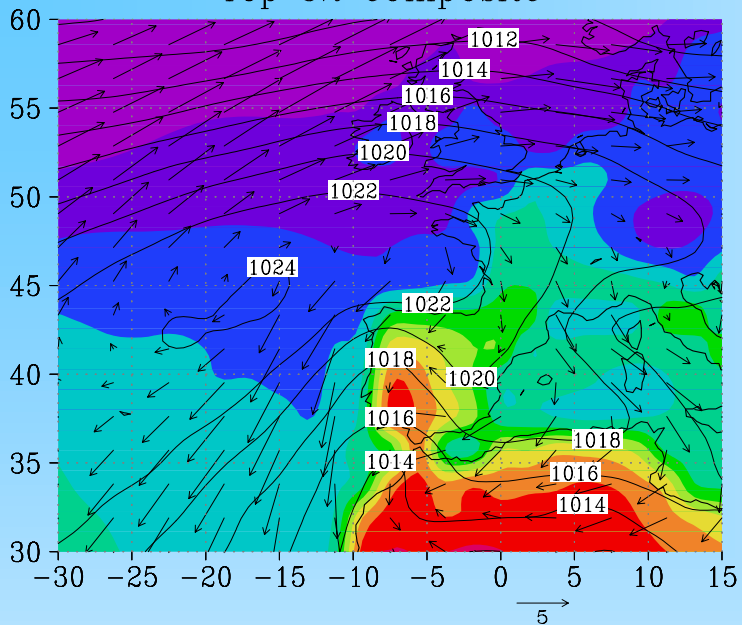
RESUMEN PRINCIPALES RESULTADOS

	<i>Madrid</i>	<i>Lisbon</i>
Population considered (Census of 1991)	3.0 Million people	2.0 Million people
Short Period	1986-1997	1980-1998
Temperature Threshold (95 percentile for short period)	36.4	33.5
Most frequent duration (Maximum duration)	1-2days 11 days	1-2 days 6 days
Lags with significant correlations	Both genders: 0,1,2,3 maximum effect 1 Males: 0,1,3 maximum effect 1 Females: 0,1,2,3 maximum effect 1	Both genders: 0,1,2,3 maximum effect 1 Males: 0,1,2 maximum effect 1 Females: 0,1,2,3 maximum effect 1
Percentage of increase of mortality for 1C increase above temperature threshold	Both genders: 21,5 % Males: 15.9 % Females: 27.6 %	Both genders: 31,3 % Males: 21.7 % Females: 40.9 %

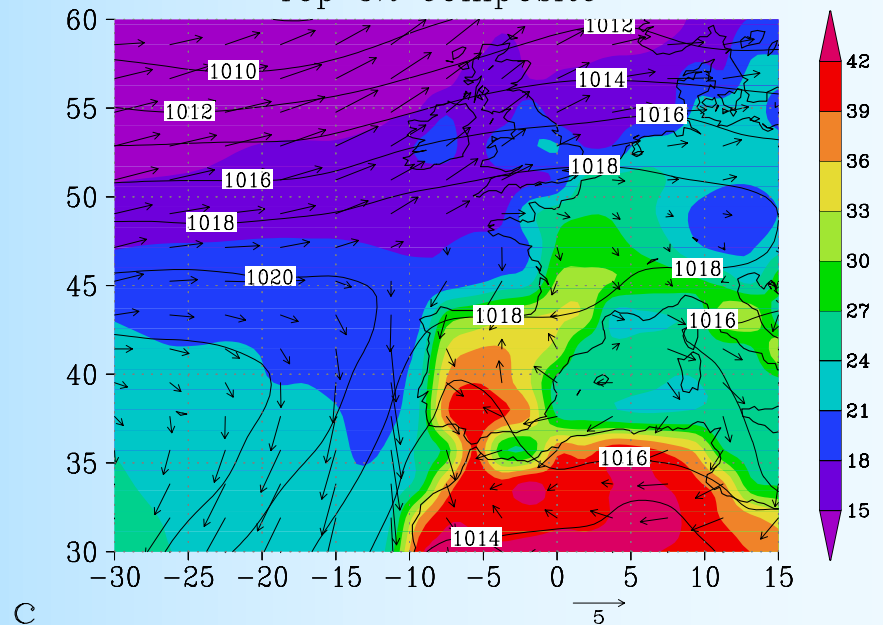
TEMPERATURA UMBRAL OLA DE CALOR (°C)



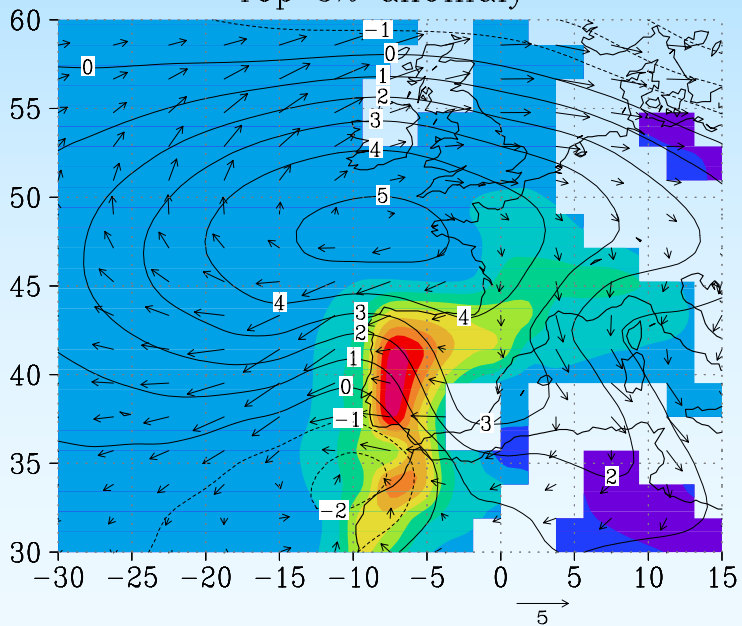
Top 5% composite



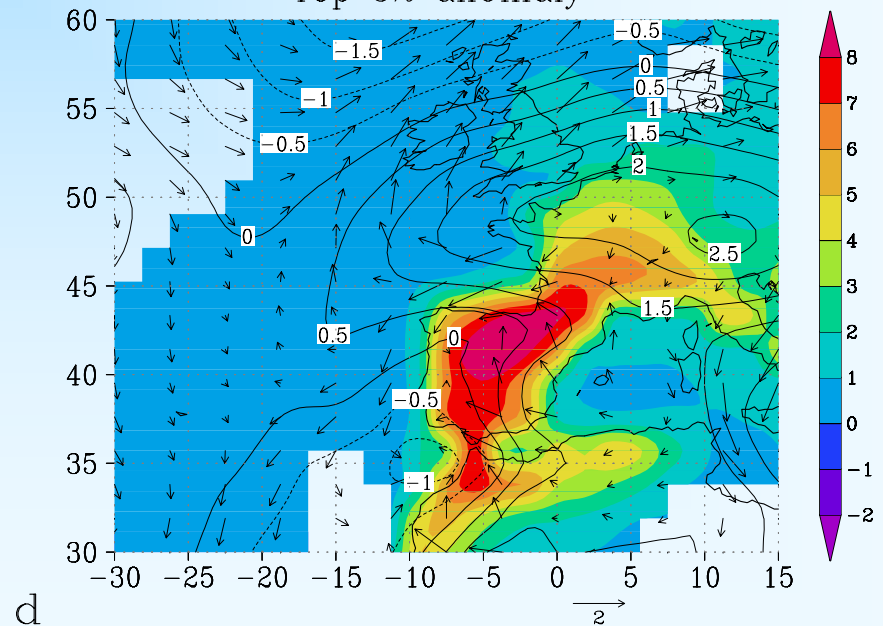
Top 5% composite



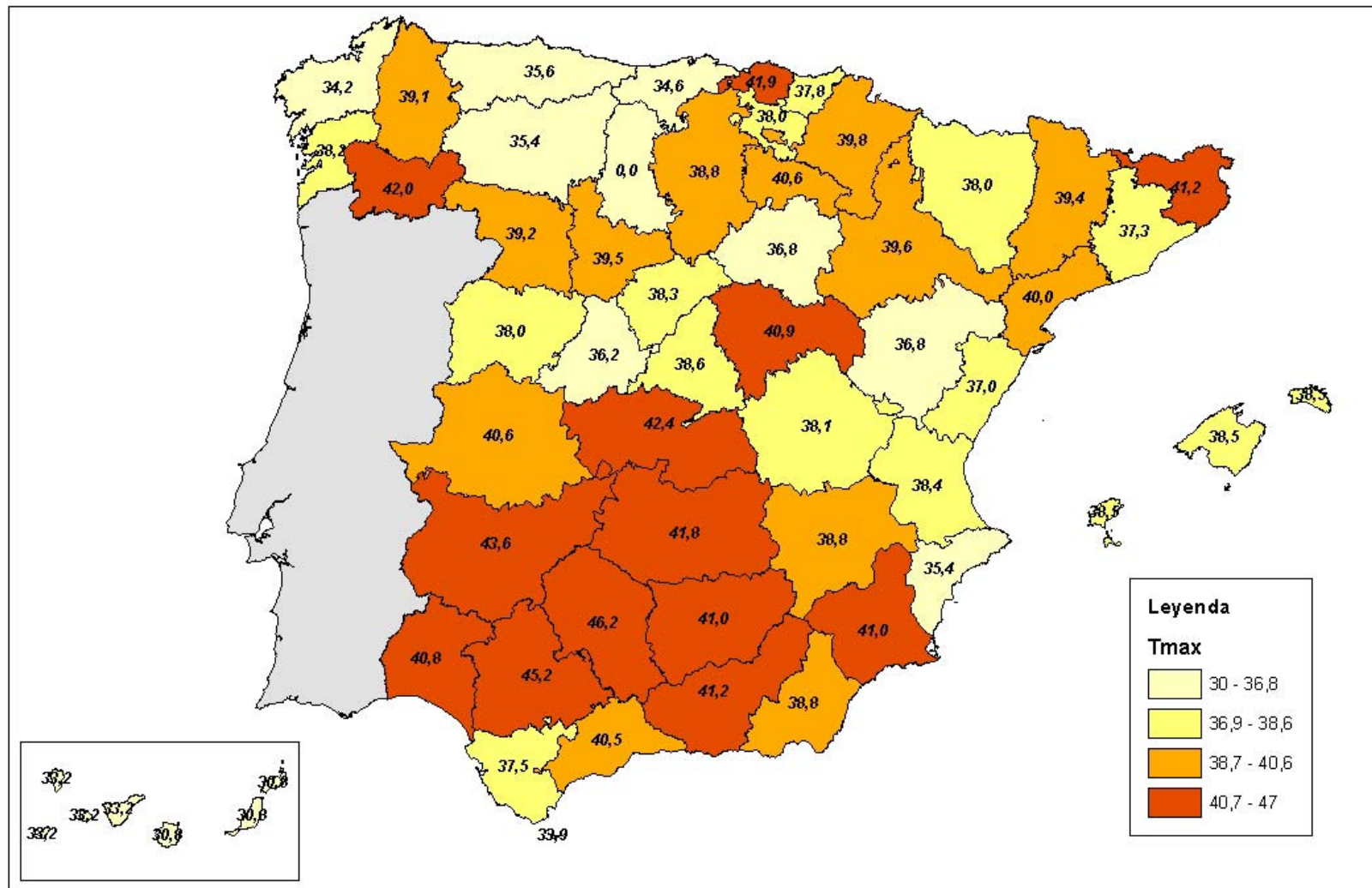
Top 5% anomaly



Top 5% anomaly



TEMPERATURA MÁXIMA (°C) (julio - agosto de 2003)



SENSIBILIDAD AL CLIMA ACTUAL

Indice para caracterizar la intensidad para las olas de calor y frío.

Calor:

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

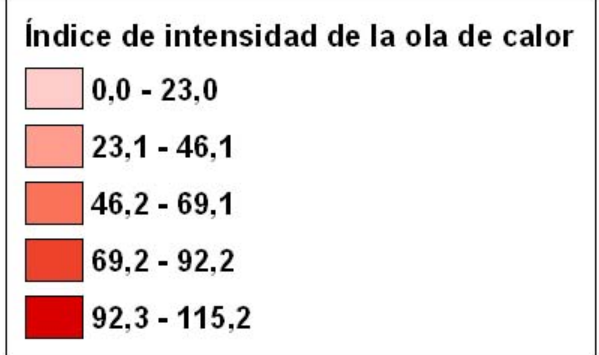
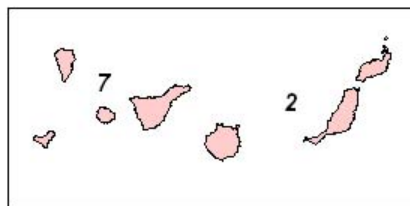
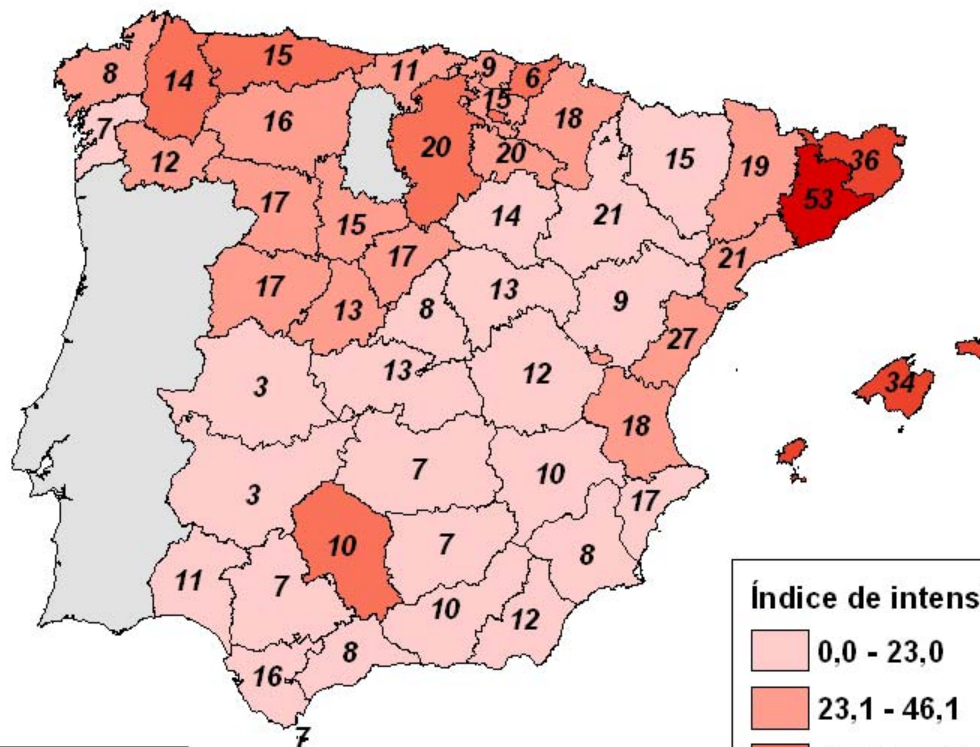
$$IOC = 0 \quad \text{si } T_{\max} < T_{\text{umbral}}$$

Frío:

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

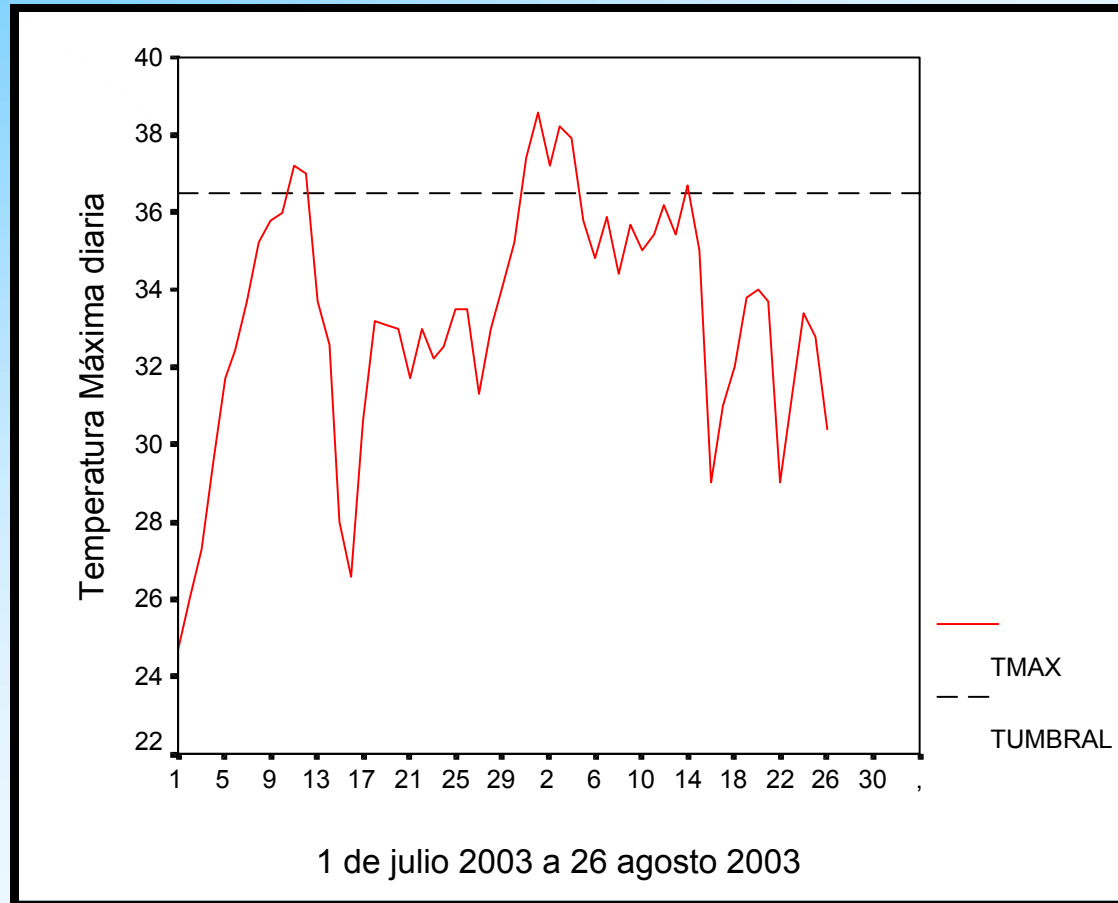
$$IOF = 0 \quad \text{si } T_{\max} > T_{\text{umbral}}$$

ÍNDICE DE INTENSIDAD DE LA OLA DE CALOR (julio - agosto de 2003)
 (dentro de la provincia aparece el número de días de superación de T^a Umbral)

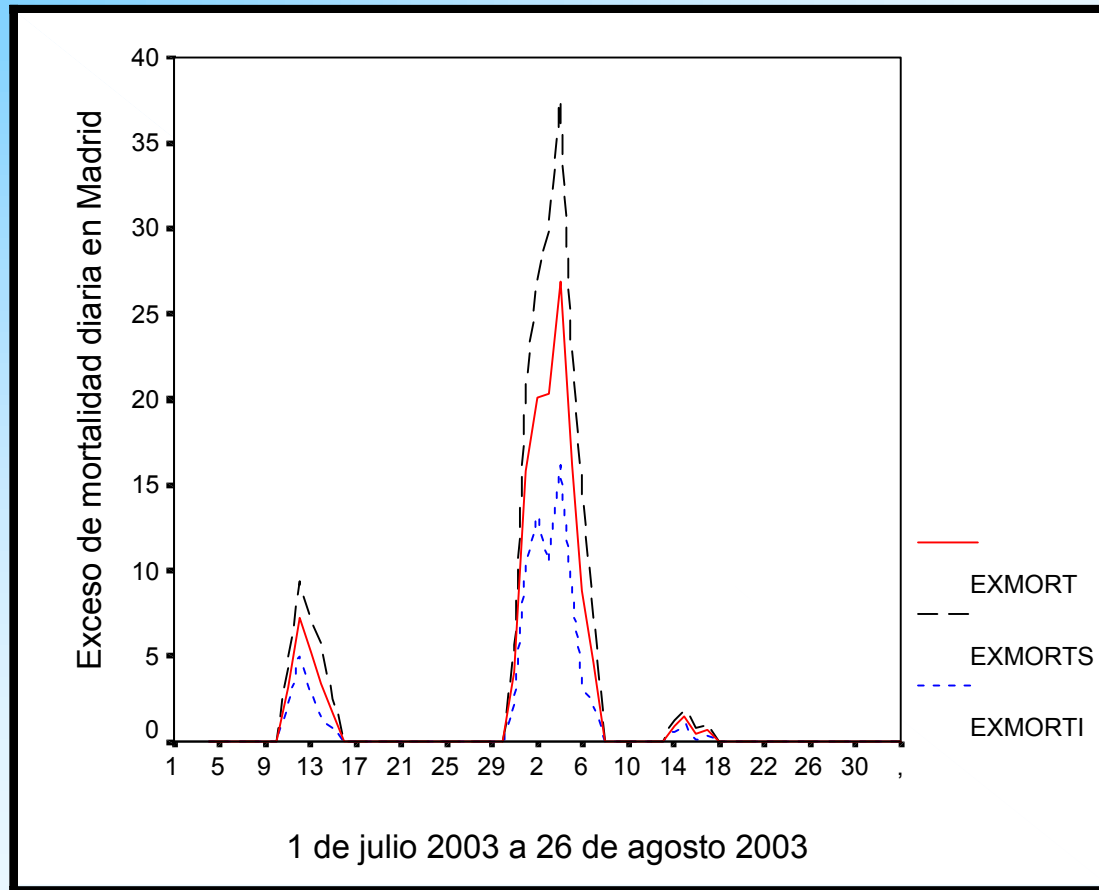


10

TEMPERATURAS MÁXIMAS EN MADRID JULIO-AGOSTO 2003



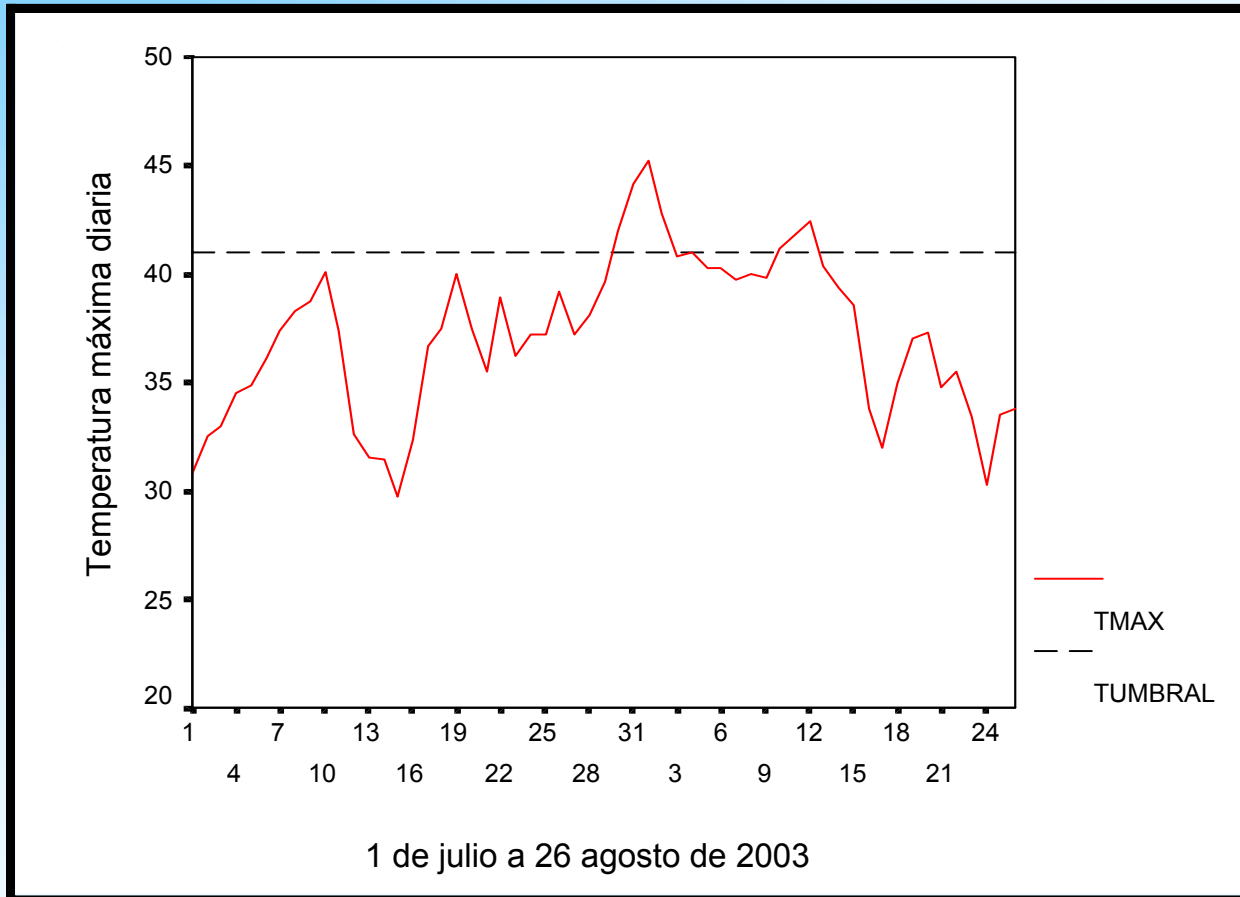
EXCESO DE MORTALIDAD EN MADRID SEGÚN MODELOS ARIMA



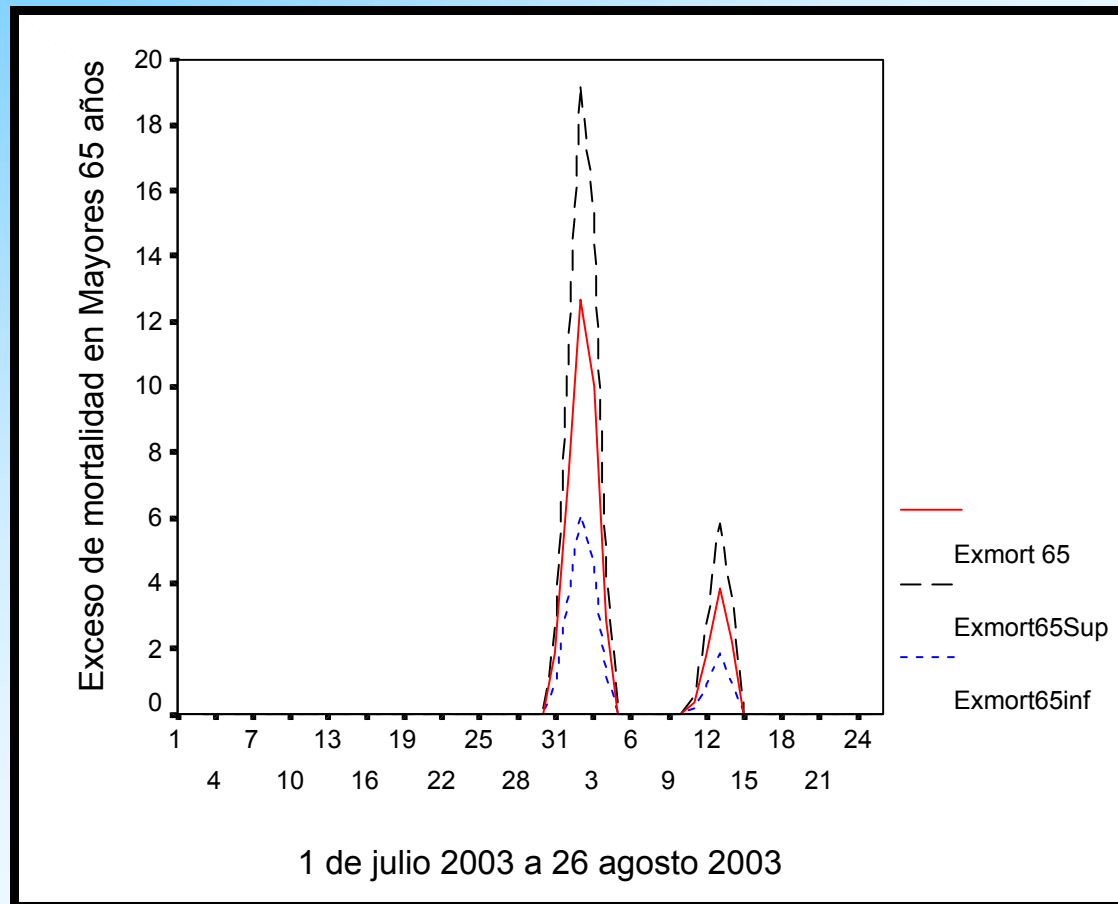
INDICE DE OLA DE CALOR Y MORTALIDAD ATRIBUIBLE EN MADRID 1991, 1995, 2003.

	Julio-agosto 1991	Julio-agosto 1995	Julio-agosto 2003
Exceso de temperatura	23,8 ° C	22,7 ° C	8,2 ° C
Exceso mortalidad (IC95%)	408,9 (234,9 579,7).	400,0 (230,0 567,6)	140,9 (80,8 199,6).

TEMPERATURAS MÁXIMAS EN SEVILLA JULIO-AGOSTO 2003.



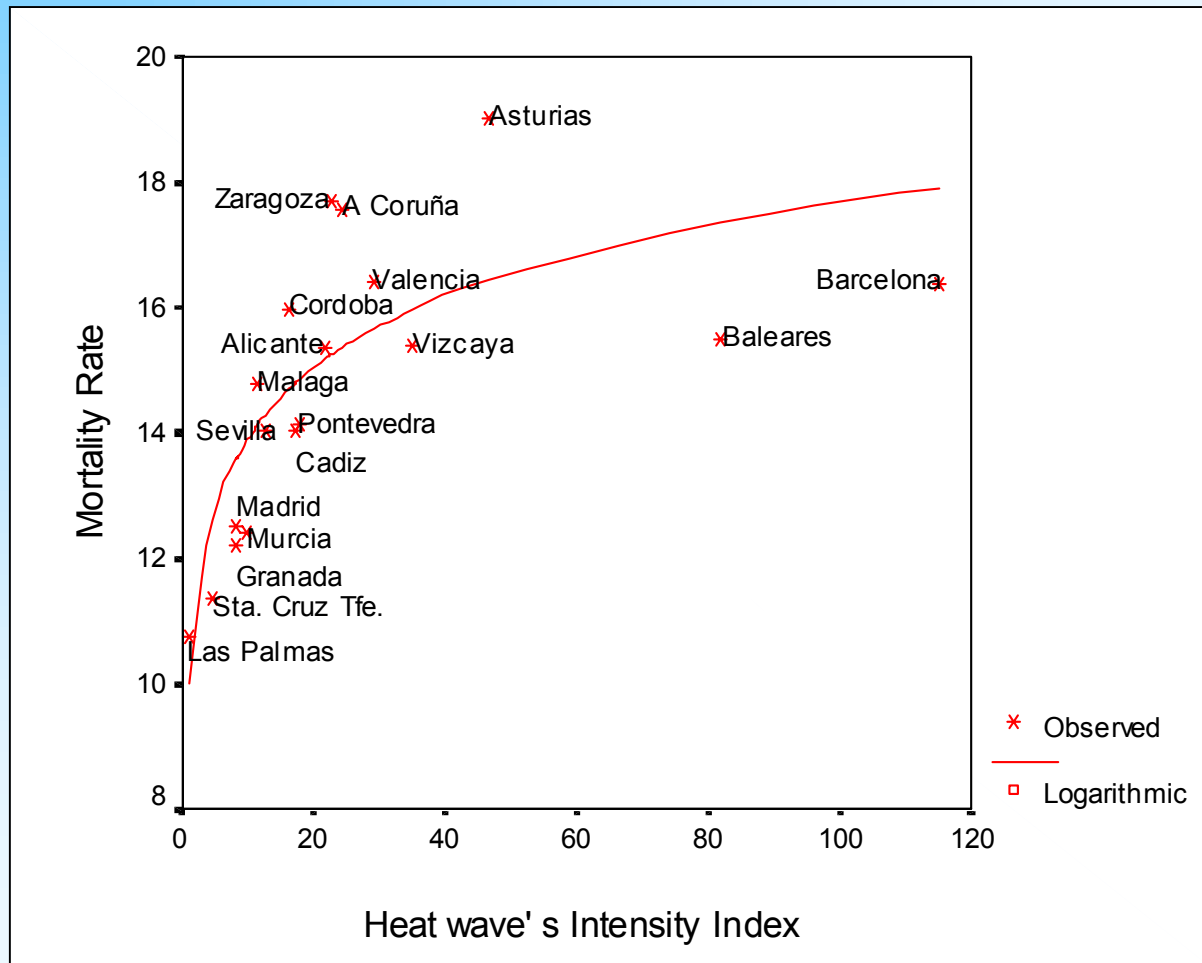
EXCESO DE MORTALIDAD EN SEVILLA SEGÚN MODELOS ARIMA



INDICE DE OLA DE CALOR Y MORTALIDAD ATRIBUIBLE EN SEVILLA 1991, 1995, 2003.

	Julio-agosto 1991	Julio-agosto 1995	Julio-agosto 2003
Exceso acumulado de T^a	26,9 ° C	26,2 °	12,5 ° C
Exceso mortalidad (IC95%)	92,4 (43,8 141,0)	90,1 (42,7 137,3)	43,0 (20,4 65,5).

INDICE DE OLA DE CALOR Y MORTALIDAD EN ESPAÑA. JULIO-AGOSTO 2003.



EXCESO DE MORTALIDAD EN VERANO DE 2003

EN FRANCIA : 11.435 MUERTOS

EN ESPAÑA: 6.112 MUERTOS

EN REINO UNIDO: 907 MUERTOS

EN PORTUGAL: 1.440 MUERTOS

EN ITALIA: APROX. 4.000 MUERTOS

RELACIÓN DE LA MORTALIDAD DIARIA CON TEMPERATURAS EXTREMADAMENTE CÁLIDAS.

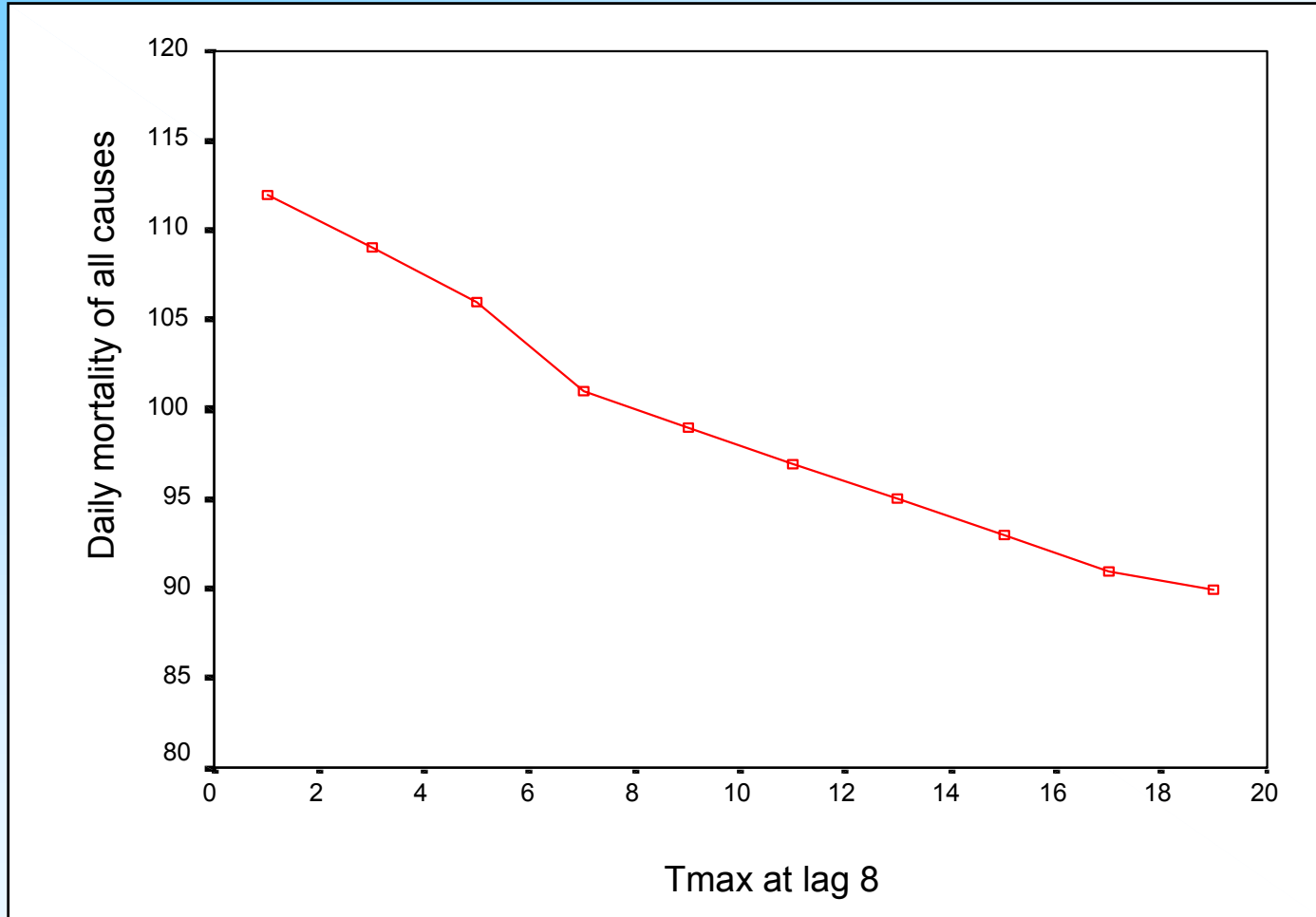
BIBLIOGRAFÍA

- *Heat waves in Madrid, 1986-1997: effects on the health of the elderly.* J Díaz, C López, A Jordán, JC Alberdi, R García, E Hernández, A Otero. International Archives Occupational and Environmental Health. 2002; 75:163-170.
- *Effects of Extremely Hot Days on People older than 65 in Seville (Spain) from 1986 to 1997.* J Díaz, R García, F Velázquez, C López, E Hernández, A Otero. International Journal of Biometeorology, 2002; 46: 145-149.
- *Synoptic conditions leading to extremely high temperatures in Madrid.* R García, L Prieto, J Díaz, E Hernández, T del Teso. Annales Geophysicae 2002; 20:237-245.

RELACIÓN DE LA MORTALIDAD DIARIA EN DÍAS CON TEMPERATURAS EXTREMADAMENTE FRÍOS

- **Día extremadamente frío (ola de frío):**
 - **Percentil 5 de la serie de temperaturas máximas diarias 6,2 °C**
 - **Días en los que la temperatura máxima diaria no supera los 6,2 °C**
 - **En la mayoría de las ocasiones en el periodo 1966 a 1992 la duración es menor de 5 días.**
 - **Días extremadamente fríos VS olas de frío.**
 - **Aunque se ha detectado una tendencia decreciente de pendiente de -0,16 DEF/año no es significativa estadísticamente.**

DIAGRAMA DE DISPERSIÓN. INVIERNO.



TEMPERATURA UMBRAL OLA DE FRÍO (°C)

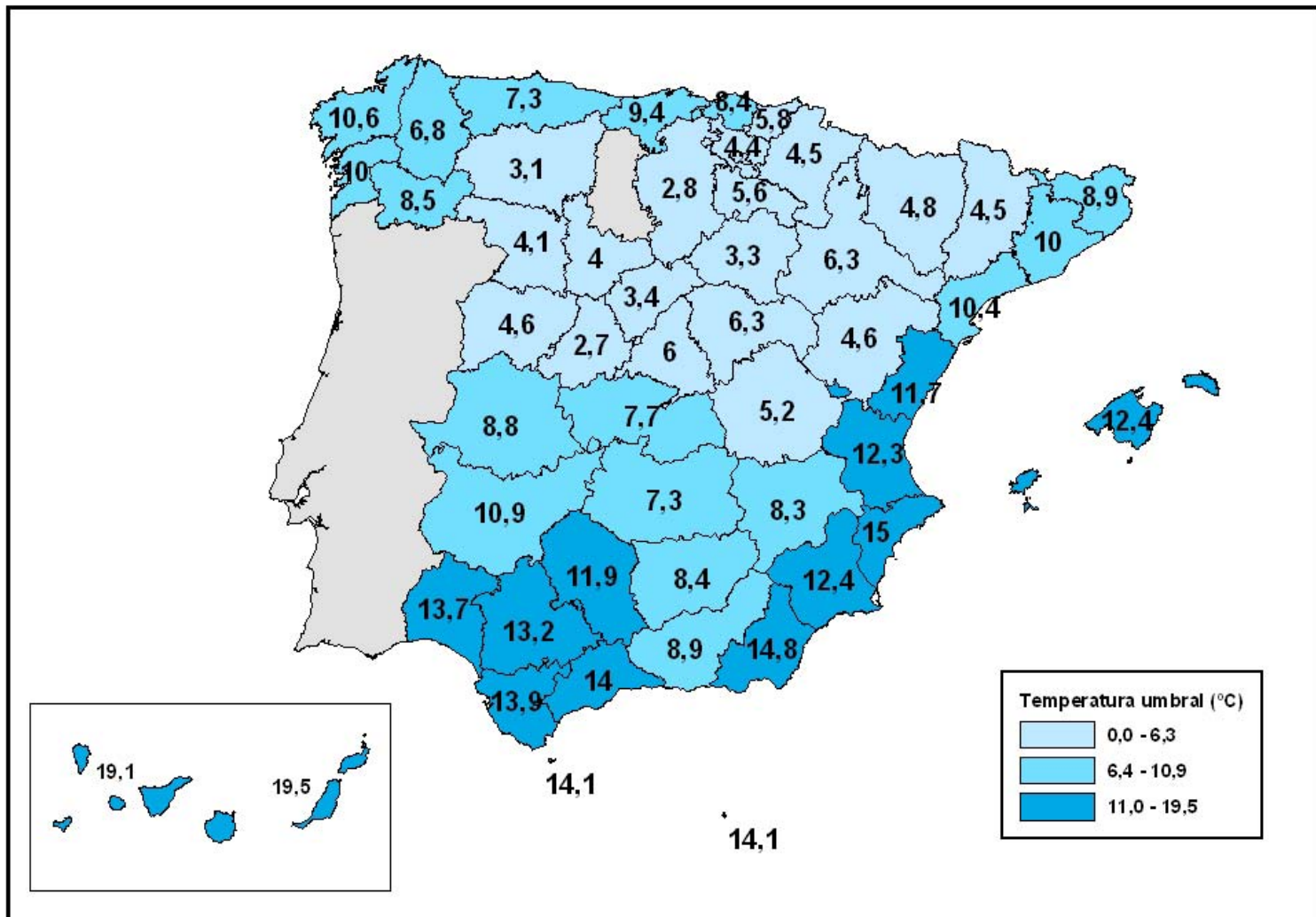
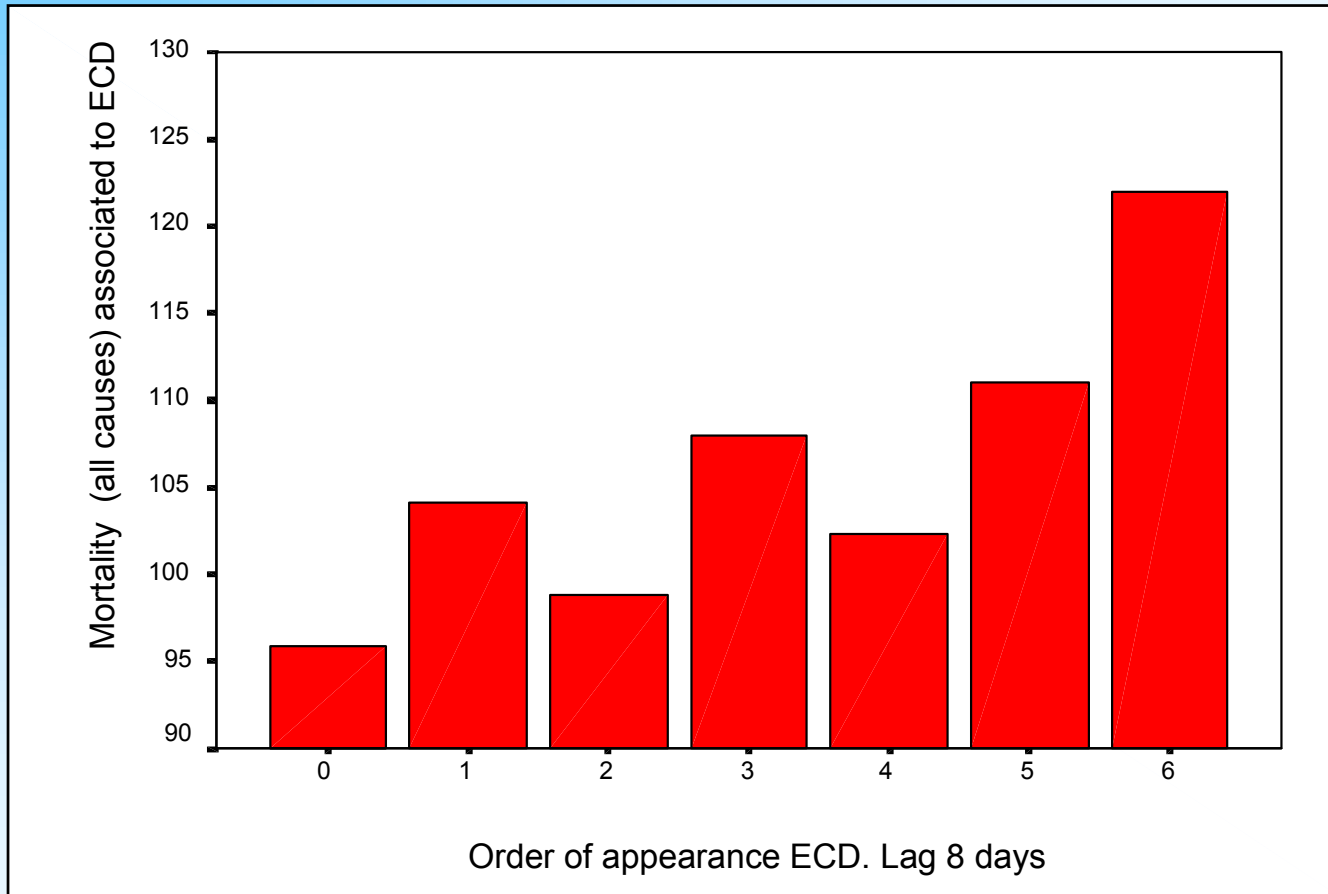
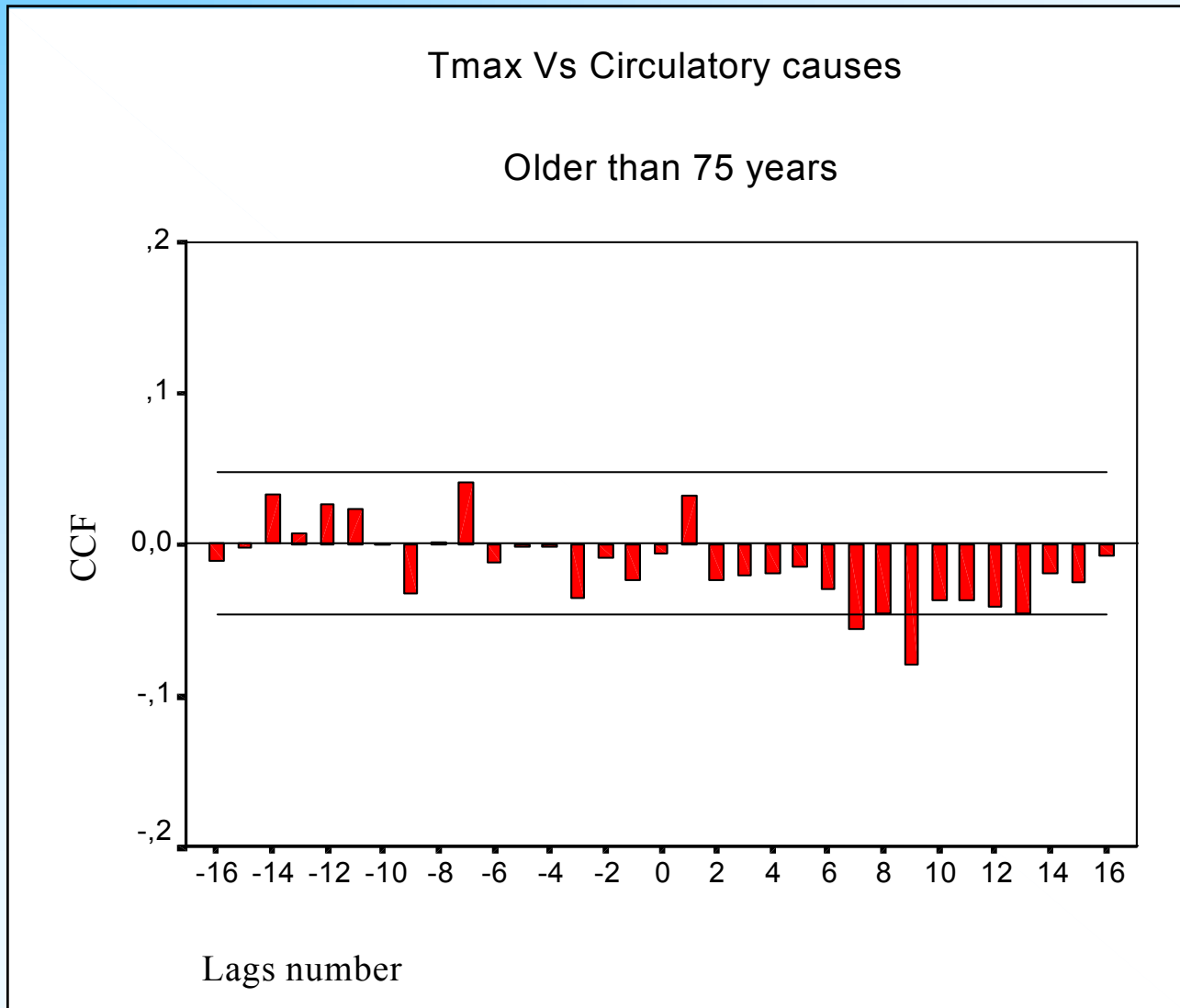


DIAGRAMA DE BARRAS OLAS DE FRIO



CCF. OLAS DE FRÍO.



Modelo ARIMA mortalidad diaria en Madrid. Mujeres 65-75. Efecto frío 1986-1997.

Orgánicas mujeres 65-74.
 Number of residuals 1806
 Standard error 2.7557317
 Log likelihood -4389.8146
 AIC 8793.6293
 SBC 8832.1213

Analysis of Variance:

	DF	Adj. Sum of Squares	Residual Variance
Residuals	1799	13661.712	7.5940573

Variables in the Model:

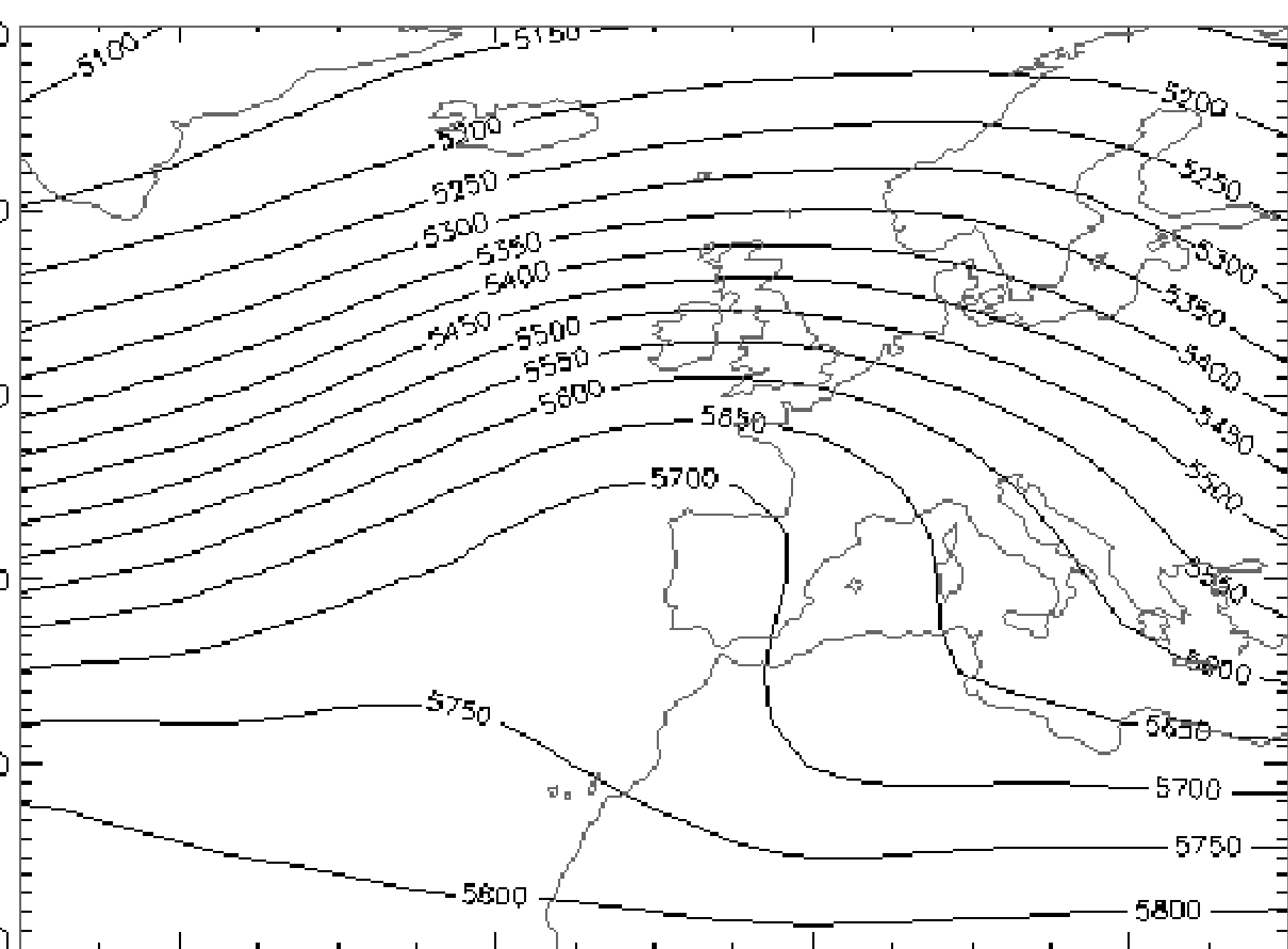
	B	SEB	T-RATIO	APPROX. PROB.
AR1	-.0572003	1.2132627	-.047146	.96240221
MA1	-.0766162	1.2116891	-.063231	.94958963
N1	-.0001171	.0000523	-2.237886	.02535048
G1	.7009582	.1379859	5.079928	.00000042
TFOLA06	.2968271	.1424492	2.083740	.03732462
TFOLA09	.2734591	.1424983	1.919034	.05513813
CONSTANT	7.1003160	.1430162	49.646923	.00000000

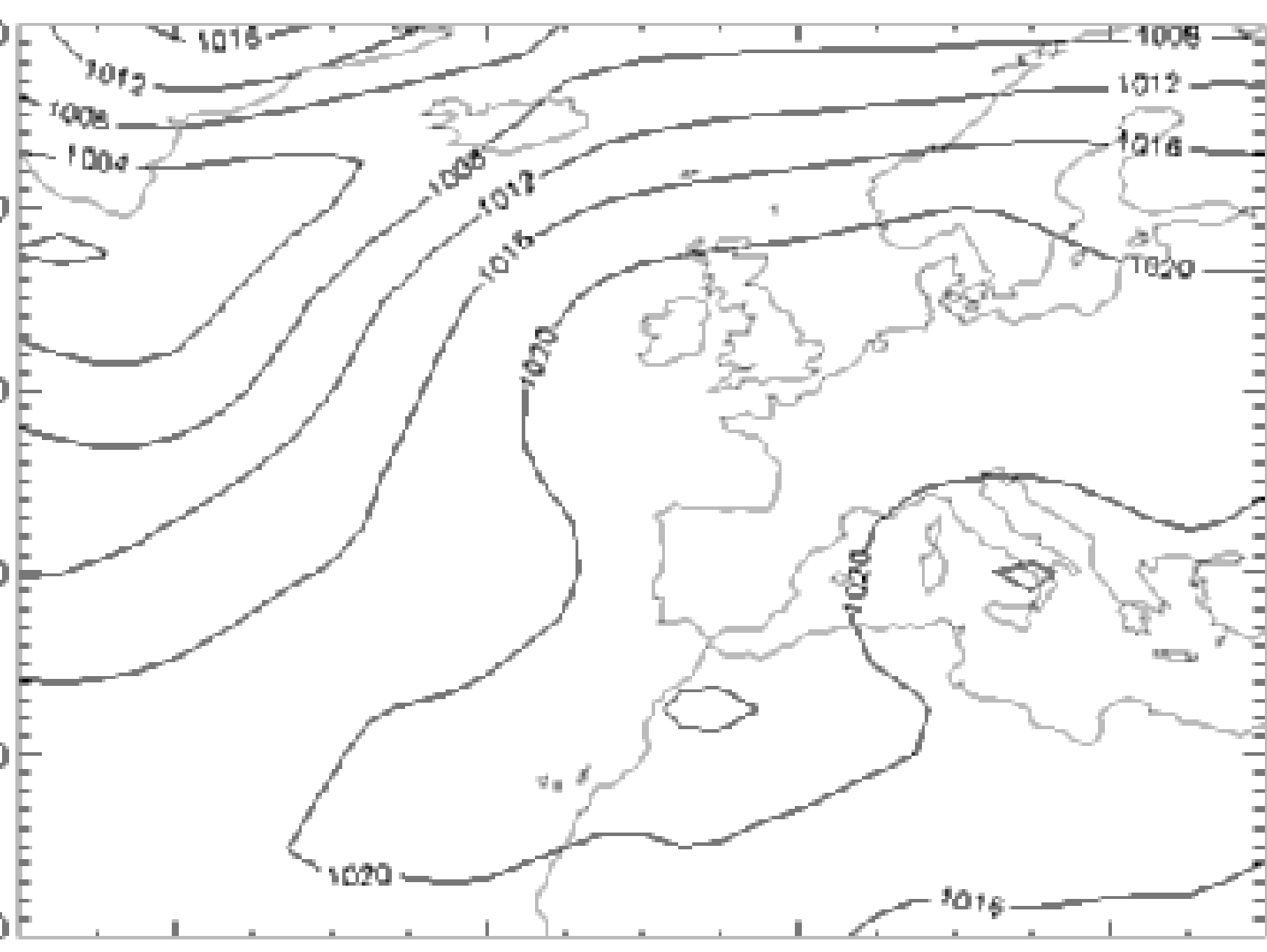
**Porcentaje incremento mortalidad por grado.
Tmax menor de 6°C**

Mortality causes	Age 65 to 75	Older than 75
Organic	5.1	27
Circulatory	6.1	28
Respiratory	9.1	9.6

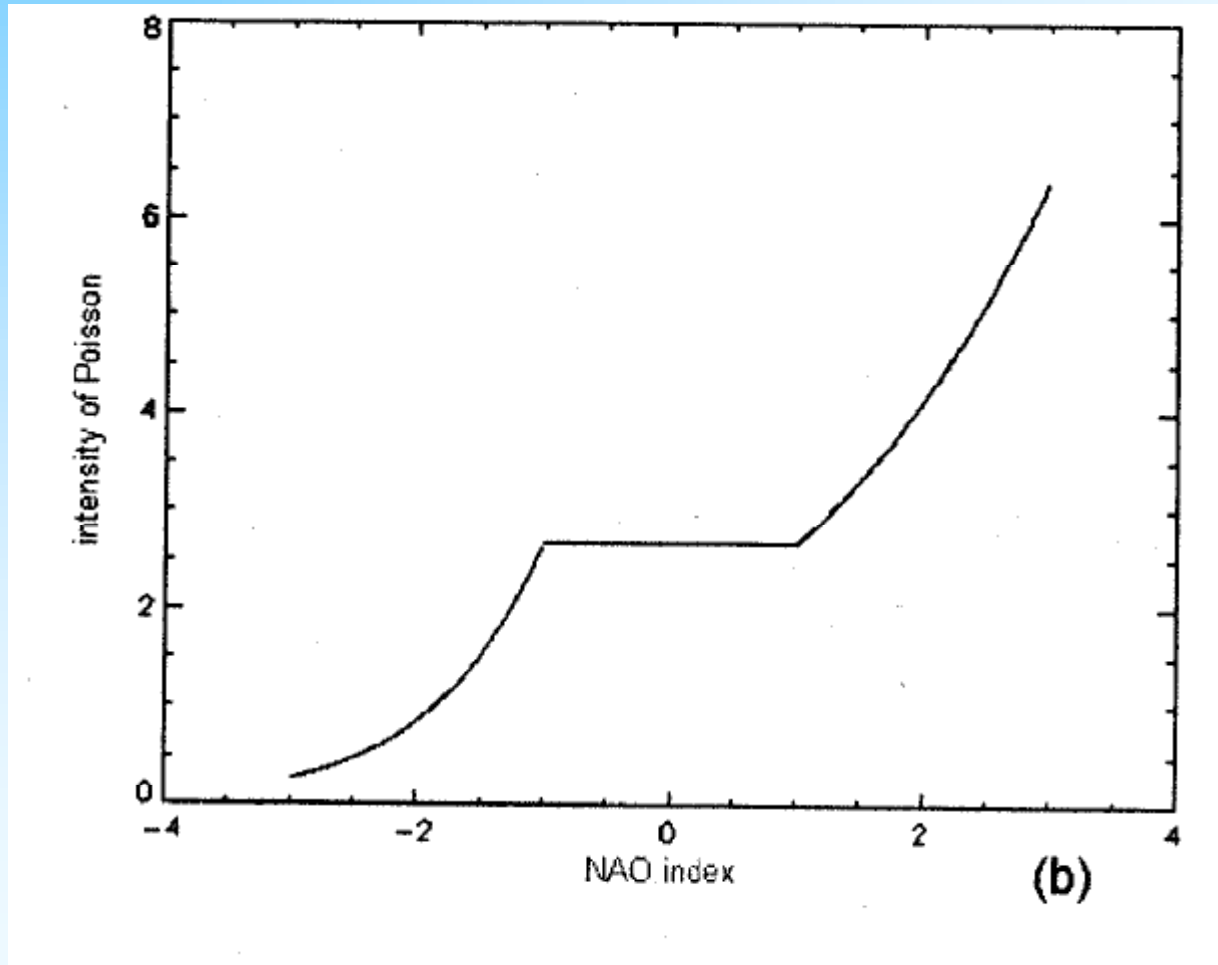
RELACIÓN ENTRE LA OSCILACIÓN DEL ATLÁNTICO NORTE Y LAS TEMPERATURAS EXTREMAS EN MADRID

- **Situaciones sinópticas días de temperaturas extremas en verano:**
 - **Flujos del Sur**
 - **Situaciones de estancamiento.**
- **Situaciones sinópticas días de temperaturas extremas en invierno:**
 - **Pantano barométrico.**
 - **Situaciones de estancamiento.**





RELACIÓN ENTRE LA OSCILACIÓN DEL ATLÁNTICO NORTE Y LAS TEMPERATURAS EXTREMAS EN MADRID



RELACIÓN ENTRE LA OSCILACIÓN DEL ATLÁNTICO NORTE Y LAS TEMPERATURAS EXTREMAS EN MADRID

- Situaciones de pantano barométrico y estancamiento relacionadas significativamente con valores de NAO positiva.**
- La media de años en los que predomina la NAO positiva son mas frecuentes los días de temperaturas extremas en invierno**
 - 9,4 DEF años NAO +**
 - 5,2 DEF años NAO -**
- Relación no lineal entre DEF y NAO**
- Mediante modelos log-lineales se puede establecer relación entre DEF y NAO.**
- Varianza explicada 19,3 %NAO- y 13,9 % NAO +**

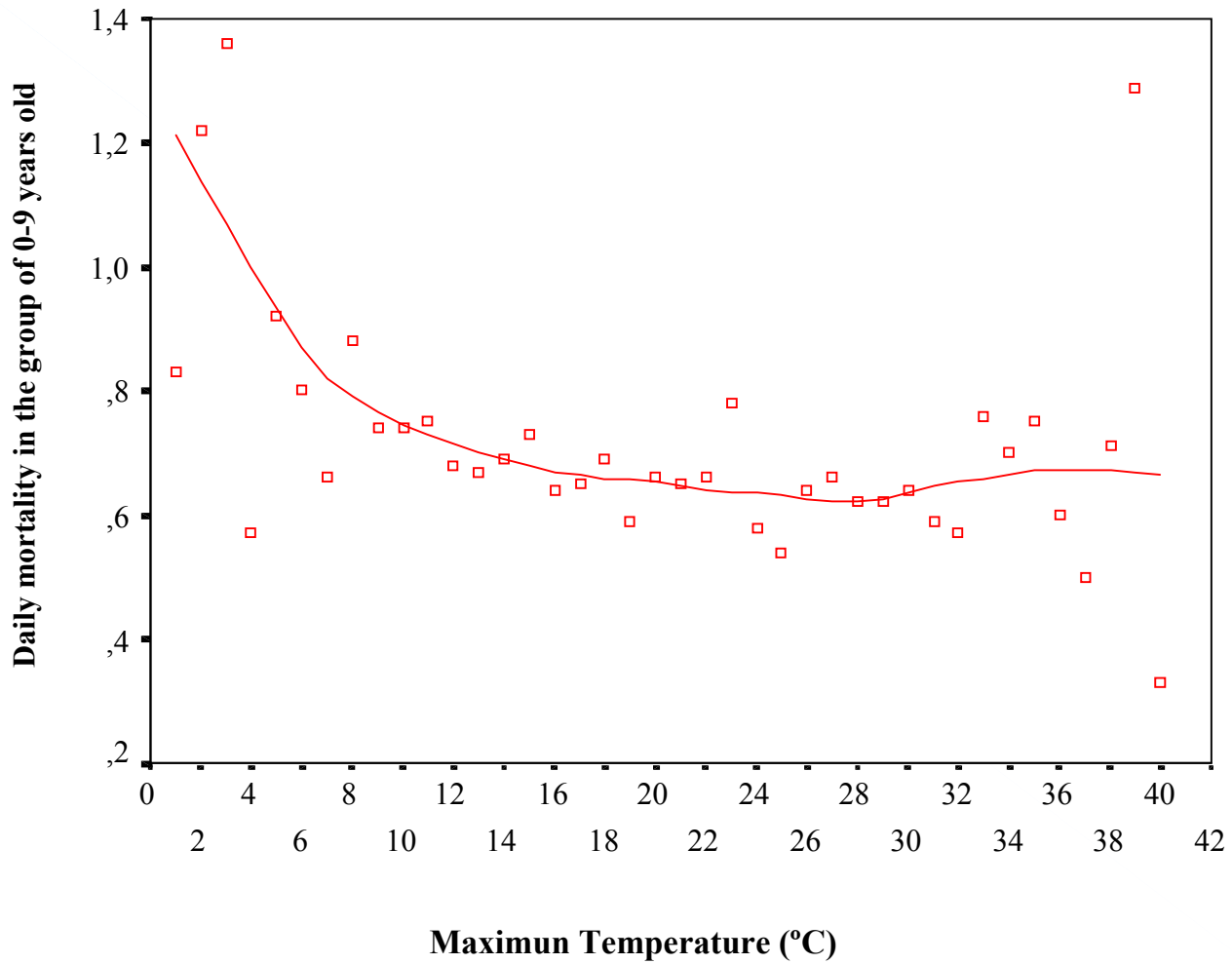
RELACIÓN DE LA MORTALIDAD DIARIA EN DÍAS CON TEMPERATURAS EXTREMADAMENTE FRÍOS.

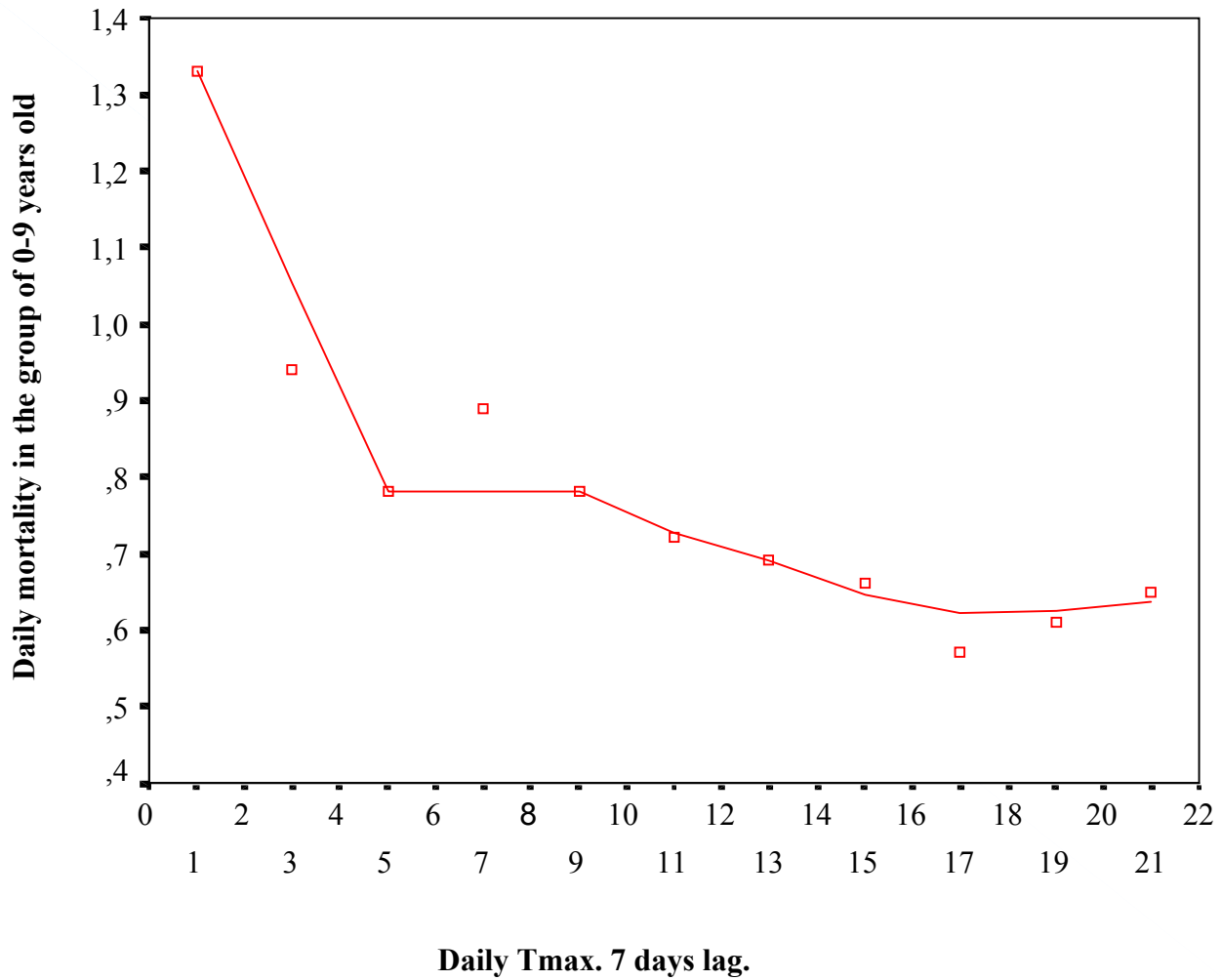
BIBLIOGRAFÍA.

- *NAO influence on extreme winter temperatures in Madrid (Spain).* L Prieto, R García, J Díaz, E Hernández, T del Teso. *Annales Geophysicae*, 2002; 20:1-9.
- **Mortality Impact of extreme winter temperatures.** J Díaz, R García, L Prieto, C López, C Linares, A Tobías. *International Journal of Biometeorology*. In press.

Lags with significant pre-whitened CCF values between total children mortality (0-9 years old) and predictants.

Variables	Lags
Tmax	7, 12
Tmin	Without relation
TSP	0, 1
SO ₂	1,2
O ₃	Without relation
NO _x	1, 2





EFECTO DE CONTAMINACIÓN Y FRÍO POBLACIÓN INFANTIL.

	Todo el año	Invierno	Verano
0-9 años	PST(0)* RR: 1,095 (1,052 1,138) AR: 8,69% HR(0) RR:1,003 (1,001 1,006) AR:0,33 %	PST(0)* RR: 1,095 (1,041 1,148) AR: 8,67% Tfrola(12)** RR:1,021 (1,007 1,034) AR:2,04 %	NOx(0)* RR: 1,057 (1,029 1,085) AR: 5,40% PST(2)* RR: 1,461 (1,268 1,654) AR: 31,56% HR(9) RR:1,006 (1,002 1,011) AR:0,64 %
0-1 años	PST(0)* RR: 1,056 (1,026 1,086) AR: 5,32% HR(0) RR:1,002 (1,000 1,003) AR:0,18 %	PST(0)* RR: 1,061 (1,023 1,100) AR: 5,82% Tfrola(12) ** RR:1,012 (1,003 1,020) AR:1,15 %	NOx(0)* RR: 1,067 (1,036 1,098) AR: 6,29% PST(2)* RR: 1,460 (1,243 1,677) AR: 31,51% HR(7) RR:1,008 (1,003 1,013) AR:0,80 %
1-5 años	PST(0)* RR: 1,284 (1,175 1,392) AR: 22,11% Tfrola(7)** RR:1,036 (1,017 1,056) AR:3,50 %	PST(0)* RR: 1,285 (1,162 1,408) AR: 22,18%	PST(3)* RR: 1,531 (1,292 1,771) AR: 34,70%

* Incremento por cada 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

**Incremento por cada grado en el que la Tmax está por debajo de 6,2°C

RELACIÓN DE LA MORTALIDAD INFANTIL CON TEMPERATURAS EXTREMAS.

BIBLIOGRAFÍA.

- **Temperature and air pollution on the mortality of children in Madrid.** J Díaz, C Linares, R Garcia-Herrera, C López, R Trigo. *Journal Occupational Environmental Medicine*, 2004; 46: 1-7.

CONCLUSIONES

- Los diferentes umbrales a partir de los cuáles se produce el máximo impacto sobre la mortalidad están relacionados con las propias características climáticas de cada lugar.
- La magnitud del impacto depende de factores sociodemográficos y del exceso de temperatura sobre el umbral de temperatura de cada lugar.
- Las condiciones meteorológicas asociadas a estos días extremadamente cálidos varían de un lugar a otro pese a su proximidad geográfica.
- Los planes de prevención de efectos de extremos térmicos sobre la población han de realizarse para cada lugar según sus características.
- Las conclusiones anteriores podrían cuestionar las predicciones realizadas a escalas superiores a la aquí tratada sobre los posibles efectos futuros del cambio climático.

Table 1. The world's major vector-borne diseases ranked by population currently at risk

Disease	Causative agents	Vectors	Population at risk (millions)	Population infected (millions)	Likelihood of altered distribution with climate change
Dengue fever	Viruses	Mosquitoes	2,500	50/year	++
Malaria	Protozoa	Mosquitoes	2,400	300–500/year	+++
Lymphatic filariasis	Nematodes	Mosquitoes	1,094	117	+
Schistosomiasis	Flatworms	Water snails	600	200	++
Leishmaniasis	Protozoa	Sandflies	350	12	+
River blindness	Nematodes	Blackflies	123	17.5	++
Trypanosomiasis (sleeping sickness)	Protozoa	Tsetse flies	55	0.25–0.3/year	+

Abbreviations: +, likely; ++, very likely; +++, highly likely. Data from the World Health Organization [from McMichael et al. (4)].