

Identificación de olas de calor en Galicia en el periodo 1987-2006: Efectos sobre la mortalidad

P. DECASTRO¹, M. DECASTRO^{2*} y M. GOMEZ-GESTEIRA²

¹CHUVI, SERGAS, Vigo, Spain

²EPhysLab (Environmental Physics Laboratory), Universidade de Vigo, Spain

*mdecastro@uvigo.es

RESUMEN

Se identificaron dos olas de calor importantes en Galicia durante el periodo 1987-2006. La primera de ellas se detectó en Julio de 1990 y la segunda en Agosto de 2003. El principal factor desencadenante de dichas olas de calor es, posiblemente, el desplazamiento de la Alta Subtropical Atlántica hacia el noreste. El impacto de estas olas de calor sobre la mortalidad se analizó mediante el estudio de la temperatura y la mortalidad normalizada en exceso del percentil 95 de la temperatura y mortalidad máxima (T_{exc} y M_{exc}). El estudio se desglosó por provincia, género y edad considerando únicamente la población de más de 65 años. La ola de calor del 2003 fue ligeramente más intensa que la de 1990 en términos de exceso en temperatura. Sin embargo, el exceso en mortalidad fue mucho mayor en 1990, posiblemente debido a las mejoras en la calidad de vida durante las últimas décadas. El efecto producido por ambas olas de calor fue más grave en mujeres que en hombres.

Palabras Clave: olas de calor, mortalidad, Galicia.

1 Introducción

Las olas de calor (OC) son consideradas como la causa principal de mortalidad asociada al clima. En ausencia de una definición más precisa de OC, se puede adoptar una definición básica en el que una OC es un período prolongado de temperaturas inusualmente altas, que producen actividad de indicios forestales, modificaciones en el estilo de vida y que pueden tener consecuencias adversas para la salud de la población (Robinson 2001). Los estudios llevados a cabo por el Servicio Meteorológico Nacional de EE.UU. indicaron que las OC no pueden considerarse un fenómeno raro. De hecho, el verano de 1980 en San Luis y el verano de 1995 en Chicago se vieron afectados por las llamadas “olas de calor asesinas”. Europa también sufrió intensas OC a lo

largo de los últimos años. Los episodios se produjeron en Francia en 1976, Portugal en 1981 y 1991, Grecia en 1987, Reino Unido en 1995 y la mayoría del oeste de Europa central en 2003 (INVS, 2003). Estos episodios han originado un creciente número de estudios sobre la mortalidad asociada con las OC durante los últimos años (por ejemplo, Dessai 2002; Díaz et al., 2006; Davis et al., 2003; Trigo et al., 2009). Sin embargo, Trigo et al., 2009 observaron que el número de muertes en exceso asociadas a las OC de Portugal en 1981 y 1991 era menor que el atribuido a la OC ocurrida en 2003.

La temperatura mensual medida en junio y agosto de 2003 en el centro de Europa estaba más allá del área de distribución histórica (Schär et al., 2004) e incluso a escala estacional, fue considerado como el verano más

caluroso de Europa desde el siglo XVI (Luterbacher en el., 2004). En particular, según Díaz et al., (2006), durante las dos primeras semanas de agosto de 2003 varios países obtuvieron registros históricos de temperatura máxima diaria: 38.1 °C en el Reino Unido, 40.2 °C en Alemania, 41.5 °C en Suiza y 47.5 °C en Portugal. El récord absoluto español no se rompió (50 °C en Sevilla en 1981) pero de acuerdo con la Agencia Española de Meteorología (AEMET, <http://www.aemet.es>), varias estaciones Meteorológicas registraron temperaturas máximas diarias superiores o iguales a 40 °C con una frecuencia sin precedentes.

De acuerdo con García-Herrera et al., (2010), se pueden atribuir un total de 40000 muertes adicionales, en particular europeos de edad avanzada, directamente a la OC del 2003 con un total de pérdidas económicas que excede los 10 mil millones de dólares (Munich Re, 2004). Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC 2007) en el siglo XXI, la cuenca mediterránea, que incluye el sur de Europa, norte de África y Oriente Medio, será uno de los prominentes “puntos calientes” en el mundo. La cuenca del Mediterráneo será más seca y experimentará un gran número de eventos extremadamente cálidos, con un aumento de las precipitaciones intensas y un aumento en verano de la frecuencia y la duración de las OC (Della-Marta et al., 2007; Diffenbaugh et al., 2007). Estos hechos subrayan la necesidad de investigar la evolución de las OC en esta zona. Kuglistch et al., (2010) encontraron que desde 1960, la media de intensidad, duración y número de las OC aumentó en un factor 7.6 ± 1.3 , 7.5 ± 1.3 y 6.2 ± 1.1 respectivamente, en la cuenca del mediterráneo Oriental. Estos resultados sugieren que el aumento de las OC, en esta región, es mayor que el publicado. Los estudios llevados a cabo en las dos

capitales de la Península Ibérica, Madrid y Lisboa, (García-Herrera et al., 2005) mostraron que en ambas ciudades hay un efecto desencadenante de la mortalidad cuando la temperatura máxima diaria supera un determinado umbral (34 °C en Lisboa y 36 °C en Madrid). El impacto es similar en ambos casos con valores de mortalidad significativos hasta tres días después de superarse el umbral de temperatura. Lisboa muestra un mayor impacto (31%) que Madrid (21%) atribuido a factores demográficos y socioeconómicos. Además, en ambas ciudades, las mujeres son más susceptibles que los hombres a los efectos del calor con un doble impacto en la mortalidad. Estudios similares se llevaron a cabo en 18 distritos de Portugal (Trigo et al., 2009). La OC de 2003 tuvo un incremento del 58% en el número de muertes esperadas con un aumento de mortalidad femenina (79%) muy superior al registrado para los hombres (41%). Esta diferencia de género es especialmente evidente para edades superiores a los 75 años, con un aumento del 58% en la mortalidad de los varones y del 99% en el de las mujeres. Estudios anteriores demuestran que las personas mayores de 65 años son las más sensibles a las OC extremas debido a que la termorregulación disminuye con la edad. La reducción de las respuestas de termorregulación y de la percepción térmica puede agravar los riesgos de enfermedades cardiovasculares y los factores desencadenantes de eventos como la trombosis o accidentes cardiovasculares (Pan et. Al., 1995). Los estudios descritos anteriormente analizaron el impacto de las temperaturas extremas del verano en la mortalidad mediante un percentil fijo de la temperatura máxima observada y por medio del número de días con máximas diarias de temperatura por encima del umbral, teniendo en cuenta asimismo, la

intensidad, duración y el carácter local de las OC. La mortalidad se eleva considerablemente cuando la máxima diaria supera el percentil 95 de la T_{max} local (Díaz et al., 2006; Gershunov et al., 2009) que es atribuible a un fallo en los mecanismos fisiológicos de adaptación (Havenith 2001).

Algunos autores (Dessai, 2002; Díaz et al., 2004; Trigo et al., 2009) consideraron que la humedad no es realmente importante cuando se estudian los impactos de las OC en la Península Ibérica, porque generalmente es insignificante. Esta falta de un efecto importante asociado con la humedad es, probablemente, debido a que las características sinópticas típicas de los episodios de las OC se caracterizan por una intensa advección de aire caliente y muy seco desde el norte de África y por un hundimiento intenso del aire (García-Herrera et al., 2005). Por lo tanto, en la Península Ibérica, el uso de índices de humedad no mejora el modelo ajustado a partir de los índices puramente térmicos.

Hay dos aspectos importantes en una OC: el “fisiológico” relacionado con la termorregulación del cuerpo humano y el “sociológico” relacionado con la adaptación local al clima (Robinson, 2001). Hoy en día se acepta que se produce un proceso de adaptación del colectivo humano a las condiciones climáticas locales. Los condicionamientos previos conllevan que vivir en un clima particular a través del cual se está expuesto a los eventos extremos, influyen en la protección cultural a temperaturas exteriores extremas (Kalkstein, 1993). Las prácticas sociales y culturales también desempeñan un papel significativo en la percepción humana y la respuesta al calor. Esto puede implicar el dormir la siesta, o la adopción de formas de vivienda y desarrollo urbano que, por ejemplo, aumenten al máximo el movimiento del aire durante las 24h,

proporcionen suficiente sombra durante el día o incluso el uso de sistemas de aire acondicionado en los hospitales puede tener un impacto importante en la reducción de la mortalidad (INS, 2008). Sin embargo, las poblaciones se adaptan lentamente a los posibles cambios en la intensidad, frecuencia y duración de las OC. Recientemente, las principales características asociadas a las OC del 2003 en Europa, se han analizado desde una perspectiva múltiple (García-Herrera et al., 2010). Algunas de sus conclusiones son que la OC del 2003 fue causada por un desplazamiento al norte anormalmente persistente del Anticiclón Subtropical Atlántico con una temperatura anómala amplificada por un severo déficit de humedad del suelo generado como consecuencia de la precipitación por debajo del término medio en el invierno y la primavera anterior. De acuerdo con previas investigaciones (García-Herrera et al., 2010), la edad demostró que el exceso de mortalidad fue mayor para las mujeres que para los hombres, debido en parte al menor número de hombres en la población de edad avanzada y por otro lado, a que las mujeres mayores tienden a sufrir más problemas de termorregulación que los hombres. También encontraron que el estatus social de las víctimas es un factor relevante, estando los grupos de menor clase social en más riesgo. Afortunadamente, desde una perspectiva de salud pública, la OC del 2003 ha representado un verdadero hito en el contexto europeo. El exceso de mortalidad marcó un punto de inflexión en el diseño e implementación de planes de prevención europea, que hasta entonces habían estado ausentes (sólo Lisboa y Roma tenían sistemas de alerta de OC). En la actualidad, la mayoría de las ciudades europeas tienen planes de prevención y alerta de temperatura extrema.

Galicia es una región caracterizada por una población envejecida (alrededor del 13% de la población tenía más de 65 años en 1980 y alrededor del 22% en 2007) que es más sensible a las OC. Sin embargo, el efecto de la temperatura sobre la mortalidad ha recibido poca atención en esta área. Por lo que sabemos, sólo el artículo de investigación escrito por Lage et. al. (1999) se ocupó de la salud y el factor ambiental. Su objetivo era determinar la posible asociación entre el número de ingresos a través de la sala de urgencias del Hospital Juan Canalejo de A Coruña debido a problemas, circulatorios y respiratorios, y las variables Meteorológicas.

El objetivo del presente estudio es la identificación de las OC en Galicia (noroeste de la Península Ibérica) y su impacto en el exceso de mortalidad de 1987 a 2006. Este estudio se ha podido llevar a cabo gracias al desarrollo de un archivo de datos de mortalidad en los años ochenta. El impacto sobre el exceso de mortalidad ha sido calculado para aquellos días con una temperatura superior al percentil 95 de la temperatura máxima.

2 Bases de Datos y Análisis

2.1 Datos

Los datos de mortalidad ordenados por provincia, día, género, y edad fueron proporcionados por el Servicio de Epidemiología, SERGAS (www.sergas.es). En estudios anteriores (Trigo et. al., 2009) el exceso de mortalidad se atribuyó principalmente a la población mayor de 65 años que es más sensible a los eventos de calor extremo. Por lo tanto, este será el único grupo poblacional analizado en el presente estudio.

Los parámetros a gran escala meteorológica ($2.5^\circ \times 2.5^\circ$) se extrajeron de los datos de reanálisis NCEP/NCAR, obtenidos del Centro de Predicción del

Clima (Kalnay et. al., 1996) (www.cdc.noaa.gov/cdc/reanalysis/reanalysis.shtml). En el presente estudio, los campos considerados son, la altura geopotencial a 500 hPa, la temperatura a 850 hPa y la presión del nivel del mar (SLP). El campo de temperatura del aire seleccionado es lo suficientemente cercano a la superficie como para representar el estado de la troposfera baja pero sin estar afectado por la topografía. Los datos diarios seleccionados en este estudio cubren el área del Atlántico Norte. El conjunto de datos de temperatura del aire medidos en las estaciones situadas en tierra en Galicia se obtuvo de la AEMET (www.aemet.es). La ubicación y la altitud de estas estaciones están resumidas en la Tabla 1.

Estación	Longitud	Latitud	Altitud (m)	%
Coruña	-8.42	43.37	58	70
Lugo	-7.55	43.01	450	75
Vigo	-8.63	42.22	255	76
Ourense	-7.86	42.33	143	85

TABLA 1. Posición y altitud de las estaciones de aire situadas en tierra a lo largo de Galicia. La columna más a la derecha representa el porcentaje de población que vive en cada provincia cerca de una estación meteorológica de referencia. El criterio de proximidad está descrito en el texto.

En el presente estudio, se consideraron los datos diarios de temperatura máxima para el periodo de 1987- 2006. Los datos de esta base se sometieron a un procedimiento de control de calidad.

2.2 Análisis

Los diferentes factores de población y su distribución deben de ser considerados antes del estudio de las OC.

2.2.1. Distribución de la población y las estaciones de muestreo Meteorológico

Los datos de mortalidad se ordenaron por provincias, edad y género, pero no por municipio. Por otro lado, las series de datos Meteorológicos largas están

disponibles principalmente cerca de las ciudades más pobladas, especialmente cerca de o en los aeropuertos. Un punto crucial es determinar si los datos de mortalidad provinciales pueden estar relacionados con los registros de temperatura en lugares específicos. En otras palabras, qué porcentaje de la población de la provincia vive cerca de la zona donde se encuentra la estación meteorológica o en áreas adyacentes con condiciones Meteorológicas similares. Galicia es una región con una alta dispersión de la población, donde un porcentaje significativo de la población vive en ciudades pequeñas de menos de 30000 habitantes. En el siguiente procedimiento se consideró: (i) la población de cada municipio según el censo de 2009 y el valor de cada provincia obtenido del Instituto Español de Estadística; (ii) se consideraron todos los municipios situados a menos de 25 km de la estación meteorológica; (iii) también se consideraron los municipios situados entre 25 y 50 km de la estación, excepto cuando están separados de la misma por abruptos cambios topográficos; (iv) la suma de la población alrededor de la estación, siguiendo el criterio anterior, se comparó con la población de la provincia.

La tabla I (último campo) muestra el porcentaje de población por provincia que viven en condiciones Meteorológicas similares a las medidas en la estación de muestreo. En todas las provincias, el porcentaje de la población afectada por las condiciones Meteorológicas medidas en la estación de referencia es superior al 70%.

2.2.2. Zonas Climáticas

Según una investigación reciente (Gómez-Gesteira et al., 2011), existe un gradiente importante entre la parte atlántica de la región y la parte interior reforzada por la presencia de cadenas montañosas con una orientación norte-

sur en la parte media. En una primera aproximación se puede considerar que las zonas más pobladas son la zona marítima de las provincias de Coruña y Pontevedra, y la región interior de las provincias de Lugo y Ourense. Esta clasificación se puede considerar muy burda debido a la existencia de cambios importantes en la latitud dentro de ambas macroáreas. De hecho, Gómez-Gesteira et al. (2011) consideró un gradiente latitudinal de 0.59 °C/deg, lo que indica que se puede realizar una segunda clasificación macroscópica entre las provincias del Norte y del Sur. Por lo tanto, para nuestros propósitos se pueden considerar cuatro áreas climáticas que coinciden con las provincias. Aunque esta clasificación se puede ver afectada por un error en términos de superficie de tierra, el error es insignificante en términos de población.

Antes del análisis es necesario definir los meses con mayor temperatura máxima. Para ello, se calculó la temperatura máxima (T_{max}) del año perpetuo para las cuatro provincias con datos diarios de 1987 a 2006 (figura. 1).

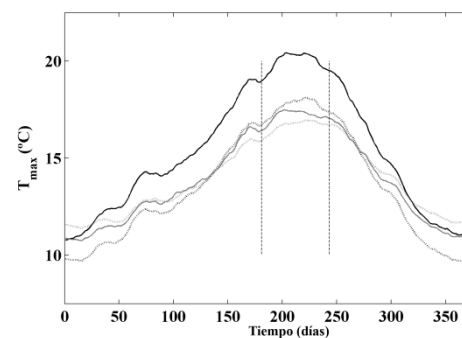


FIG. 1. T_{max} a escala diaria (el eje x representa el día del año) para las cuatro provincias gallegas. Los valores se promediaron desde 1987 al 2006. La línea gris punteada: Coruña; línea negra punteada: Lugo; línea negra continua: Ourense y línea gris continua: Pontevedra.

Las temperaturas más altas se observan en julio y agosto. Estos serán los meses considerados en el análisis actual de OC.

2.2.3 Método de definición de OC.

En general, se pueden considerar los dos métodos que se describen en Montero et al. (2010). El primer método utiliza un criterio estadístico-meteorológico. Básicamente, los días de OC se definen como los días que superan un determinado percentil de los valores históricos. Este método se ha utilizado en trabajos recientes que tratan la OC del 2003 en la Península Ibérica (Díaz et al., 2006; Trigo et al., 2009). El segundo método define una temperatura de disparo que se calcula en términos de la relación entre temperatura y mortalidad. Este método se utiliza en diferentes países (por ejemplo Portugal (Nogueira y Paixao, 2008) o Francia (Pascal et al., 2006)) para elaborar el sistema sanitario de alerta de calor.

Montero et al. (2010) compararon ambos métodos en cinco provincias de Castilla-La Mancha. En el presente estudio se realizará un análisis similar para decidir si un simple criterio estadístico- meteorológico puede proporcionar resultados fiables. Siguiendo a Montero et al. (2010), la serie temporal de mortalidad de cada provincia fue modelada utilizando los procedimientos estocásticos Box-Jenkins (ARIMA). En el presente estudio, la serie de mortalidad abarca los meses de julio y agosto durante el periodo 1987-2006. Para cada provincia, la serie de varianzas resultantes del proceso de modelado de las series temporales de mortalidad se relacionan con la serie temporal de temperatura máxima agrupados en intervalos de 1 °C. Los resultados muestran que la asociación de temperaturas de disparo no se puede calcular de forma unívoca desde el diagrama de dispersión, por lo que la mayoría de los intervalos de los valores puntuales se proporcionan en la Tabla 2. En general, los valores van desde el 93% al 96% en la mayoría de las provincias. El promedio de los

intervalos de valor medio resulta 94.5 % que es, redondeando, el 95 % usado en estudios previos realizados en la Península Ibérica (Díaz et al., 2006; Trigo et al., 2009; García Herrera et al., 2010). Además, en el análisis previo no se observaron diferencias entre provincias. En resumen, se considerará en el análisis posterior el simple criterio estadístico- Meteorológico de asumir el percentil del 95%.

	Intervalo de Percentiles (%)	Temperatura de disparo (intervalos °C)
Coruña	93 - 96	28.4 - 30.0
Lugo	93 - 96	33.0 - 34.0
Ourense	93 - 96	37.6 - 38.6
Pontevedra	93 - 96	31.8 - 32.8

TABLA 2. Asociación de percentiles y disparo de temperaturas en las provincias de Galicia.

Es un hecho bien conocido que el impacto de la temperatura extrema de verano en la mortalidad se incrementa drásticamente cuando se supera el percentil 95 de la distribución de la T_{\max} local ($T_{\max 95}$) (Díaz et al., 2006). Aunque no existe una definición universal para cuantificar las OC, en el presente estudio una OC se considera como un período de más de tres días consecutivos de días calurosos no interrumpidos por más de un día no caluroso. Un día caluroso será un día con una temperatura máxima superior al percentil 95. Los percentiles 95 diarios, para cada día de julio y agosto, se han calculado en el periodo 1987-2006 a partir de muestras de 30 años \times 15 días (el día respectivo y siete días a ambos lados de la jornada correspondiente), lo que proporciona solidez en la estimación del percentil diario. Estas definiciones son similares a las consideradas en otros estudios (Della-Marta, et al., 2007; Kuglitsch et al., 2010). El exceso de temperatura asociada a cada OC se computará siguiendo estudios previos (Díaz et al., 2007; Trigo et al., 2009) por medio de

$$T_{exc} = \begin{cases} \sum_{i=1}^{i=3 \text{ month}} T_{max,i} - T_{max95,i} & \text{si } T_{max,i} > T_{max95,i} \\ 0 & \text{en cualquier otro caso} \end{cases} \quad (1)$$

donde el mes es julio o agosto. T_{exc} presenta la suma de los grados Celsius diarios más altos que el umbral porcentual diario, T_{max95} .

Un criterio similar se utiliza para determinar la mortalidad en exceso (M_{exc}), donde la mortalidad por provincia se normalizó por 100000 habitantes. Como se ha mencionado anteriormente, sólo se considerará la población mayor de 65 años y la normalización de la mortalidad será sólo en relación con esta población en cada provincia.

$$M_{exc} = \begin{cases} \sum_{i=1}^{i=3 \text{ month}} M_{max,i} - M_{max95,i} & \text{si } M_{max,i} > M_{max95,i} \\ 0 & \text{en cualquier otro caso} \end{cases} \quad (2)$$

Por lo tanto, el exceso de mortalidad se analizará en las fechas en las que se ha observado OC de acuerdo con T_{exc} .

3 Resultados

Las principales OC observadas en el periodo de 1987-2006 para las provincias gallegas se resumen en la Tabla 3.

Provincia	Periodo	T_{exc} (°C)
A Coruña	Julio 18-24, 1990*	9.3
	Agosto 18-20, 1993	15.7
	Julio 10-13, 2005	6.8
Lugo	Agosto 12-15, 1987	12.0
	Julio 18-24, 1990*	16.0
	Agosto 1-4, 1990	10.0
	Agosto 7-10, 1998	9.0
	Agosto 3-12, 2003*	16.6
Ourense	Julio 16-21, 1990*	14.0
	Agosto 1-4, 1990	4.6
	Agosto 8-11, 1998	2.6
	Agosto 3-12, 2003*	9.4
Pontevedra	Julio 17-23, 1990*	6.0
	Agosto 22-28, 1995	5.3
	Agosto 21-24, 1998	2.9
	Agosto 6-12, 2003*	17.5

TABLA 3. Olas de calor observadas en el periodo 1987- 2006. Las OC marcadas con un asterisco corresponden a episodios observados en la mayoría de las provincias con un elevado impacto en T_{exc} (suma de los grados Celsius

diarios más altos que el umbral porcentual diario, T_{max95}).

Solo la OC observada en julio de 1990 se detectó de forma simultánea en las cuatro provincias, aunque con diferentes intensidades. La temperatura máxima en exceso se observó en Lugo ($T_{exc}= 16.0$ °C) y la mínima en Pontevedra ($T_{exc}= 6.0$ °C). En las provincias del interior esta OC mostró un segundo pico corto aproximadamente una semana después.

La OC de agosto de 2003 se observó en todas las provincias, a excepción de A Coruña, siendo la temperatura máxima en exceso medida en Pontevedra ($T_{exc}=17.5$ °C) y la mínima en Ourense ($T_{exc}=9.4$ °C). En el caso particular de A Coruña, no se puede definir una verdadera OC a partir de la T_{max95} , ya que únicamente se supera el 3 de agosto y el 12 de agosto. También es necesario tener en cuenta que el promedio de T_{exc} de las provincias donde se detectó la OC es más alto en agosto de 2003 que en julio de 1990. El resto de las OC, sólo se observaron en una provincia, con excepción de la de agosto de 1998 que se detectó de forma simultánea en Lugo, Ourense y Pontevedra, aunque con un exceso de temperatura media baja (~ 3 °C). A partir de ahora, el análisis se centrará en las dos OC principales (julio de 1990 y agosto de 2003).

Las condiciones atmosféricas observadas durante estas OC se caracterizaron mediante la composición de la temperatura del aire a 850 hPa y de la altura geopotencial a 500 hPa calculados a lo largo de la duración de los eventos (figura 2). La figura 2a corresponde a los días más calurosos del verano de 1990 (del 16 al 24 de julio, de acuerdo a la Tabla 3). Esta figura muestra el patrón habitual de las OC de verano para el suroeste de Europa. Esta OC no afectó al resto de Europa en la misma medida que la OC del año 2003 (figura 2b) (Trigo et al., 2005; García-Herrera et al., 2010). La combinación

de temperatura y altura geopotenciales medidos del 3 al 14 de agosto del 2003 (de acuerdo a la Tabla 3) son muy similares.

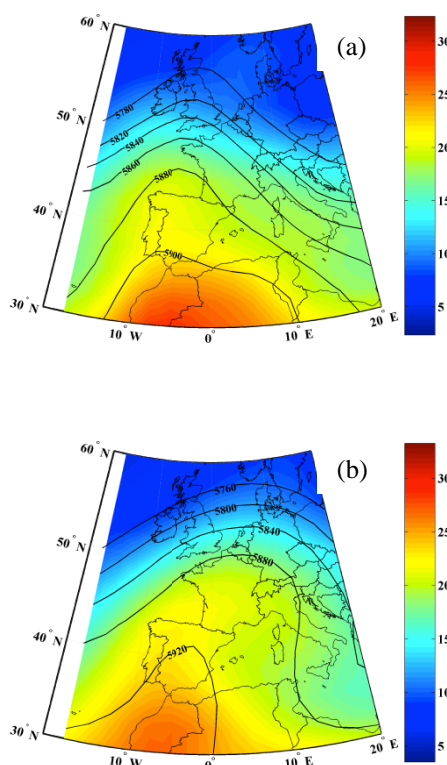


FIG. 2. Composición de la temperatura del aire (mapas de color, °C) a una altura de 850 hPa y la altura geopotencial a 500 hPa (mapa de contornos) para los periodos (a) 16- 24 de julio de 1990 y (b) 3- 14 de agosto de 2003.

Las anomalías de la temperatura y de la altura geopotencial resaltan la amplitud de ambos eventos extremos que muestran un patrón similar de temperatura del aire aunque centrado en el Golfo de Vizcaya en 1990 (figura 3a) y al oeste de Francia en 2003 (figura 3b).

La anomalía se calcula como la diferencia entre la temperatura del aire (la altura geopotencial) para el periodo de interés (por ejemplo, del 16 al 24 de julio de 1990) y la temperatura media (altura geopotencial) de los cinco años consecutivos para el periodo bajo estudio (por ejemplo, del 16 al 24 de julio de 1985 a 1995) con el fin de evitar variaciones a largo plazo.

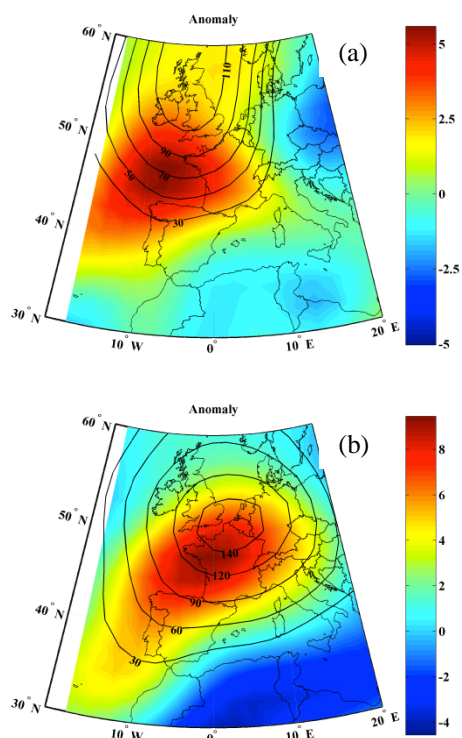


FIG. 3. Composición de las anomalías de la temperatura del aire (mapas de color, °C) a una altura de 850 hPa y de la altura geopotencial a 500 hPa (mapa de contornos) para los periodos: (a) 16- 24 de julio de 1990 y (b) 3- 14 de agosto de 2003.

La anomalía del campo de la temperatura del aire de la baja-troposfera muestra valores entorno a 4 °C (7 °C) en julio de 1990 (agosto de 2003) en Galicia. La anomalía del patrón de altura geopotencial a 500 hPa muestra una anomalía positiva máxima (>110 gpm) centrada en Gran Bretaña en julio de 1990 (Figura 3a) y una anomalía positiva máxima (>140 gpm) centrada en el norte de Francia en agosto de 2003 (Figura. 3b).

Estudios previos basados en la OC de 2003 (Trigo et al., 2005; Ogi et al., 2005) definieron estos patrones sinópticos como eventos de bloqueo. García-Herrera et al., (2010) concluyeron que el bloqueo anómalo observado durante la primera mitad de agosto de 2003 se encontraba más al este que en anteriores estudios sobre el impacto climático de episodios de bloqueo en Europa los cuales se encontraban centrados o bien sobre el

Atlántico o sobre Europa Occidental (p.ej. Rex., 1950; Trigo et al., 2004). En consecuencia, los bloqueos no fueron los principales responsables de la OC de 2003. Por el contrario, en concordancia con otros estudios previos (p.ej. Black et al., 2004), el desplazamiento hacia el norte del Anticiclón Subtropical Atlántico demostró ser el mecanismo responsable más probable de la OC de 2003. En este sentido, la posición del Anticiclón Subtropical Atlántico se calculó a partir de los datos de SLP analizados en el periodo de 1987 a 2006 (Figura 4).

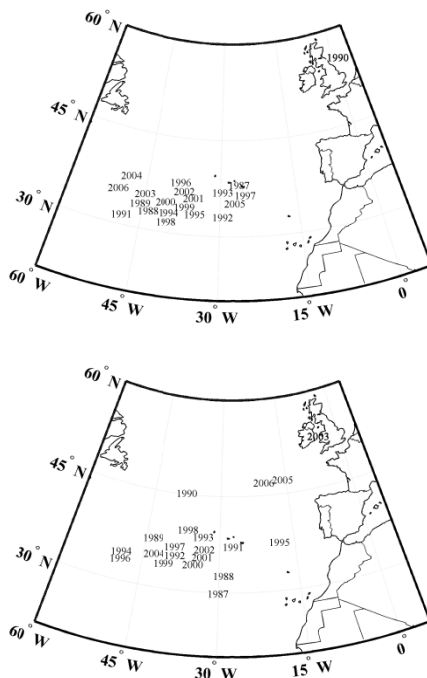


FIG. 4. Posición de la Alta Subtropical Atlántica a lo largo del periodo 1987-2006 (a) 16-24 de Julio; (b) 3-13 de Agosto.

Para cada año, se promediaron los campos SLP durante los dos periodos de OC (16-24 de julio y 3-14 de agosto). Posteriormente, se determinó, la posición de la presión máxima en el área comprendida entre 0-60 °W y 25-60 °N. En ambas figuras, es posible observar la inusual posición del anticiclón en julio de 1990 (Figura 4 (a)) y en agosto de 2003 (Figura 4b) que excepcionalmente esta desplazado hacia el noroeste durante las dos OC.

La evaluación del impacto de las OC en la salud humana se realiza normalmente por medio del análisis de la evolución simultánea de la temperatura máxima local (regional) y las tasas de mortalidad. De acuerdo con García-Herrera et al. (2005), los valores significativos de la mortalidad pueden ocurrir hasta 3 días después del final de la OC. En este sentido, se calcula M_{exc} sobre la duración de las OC y los siguientes tres días. Téngase en cuenta que el criterio utilizado para calcular el impacto de la OC sobre la mortalidad es muy restrictivo porque, durante la OC, el M_{exc} se calcula solo cuando la mortalidad excede el percentil 95th de forma continuada todos los días, en una población de más de 65 años. Además, el M_{exc} fue desglosado por provincia y género. En primer lugar, los días con valores anómalos en la temperatura (Tabla 3) se observó que dan lugar a valores anómalos en la mortalidad durante las OC (Tabla 4).

	Julio 1990			Agosto 2003		
	H	M	T	H	M	T
Coruña	20	23	22	-	-	-
Lugo	20	28	25	2	6	4
Ourense	18	28	24	4	6	5
Pontevedra	9	26	19	3	10	7

TABLA 4. Exceso de mortalidad correspondiente a las OC detectadas en julio de 1990 y agosto 2003. M_{exc} se calculó como el número de muertos por 10^5 habitantes de población mayor de 65 años. Los datos se clasificaron por género (H y M). Los valores totales se señalan con T.

En el caso de A Coruña en agosto de 2003, el evento no se puede considerar correctamente como una OC de acuerdo con el criterio anteriormente descrito. En las dos OC, el M_{exc} total fue mayor en las provincias del interior que en las costeras. Al comparar las dos OC, la de 1990 provocó un aumento mucho mayor de la mortalidad (de 3 a 5 veces) que la observada en 2003, a pesar de que el valor medio de T_{exc} fue ligeramente superior en 2003, como se muestra en la Tabla 3. Posiblemente, las

mejoras innegables en términos de bienestar han proporcionado una adaptación sociológica al clima. Según el Instituto Nacional de Estadística, el Producto Interior Bruto (PIB) de Galicia en el año 2003 fue de 2.4 veces el PIB de 1990. Así, por ejemplo, el número de coches y casas con aire acondicionado, ha crecido exponencialmente en las últimas décadas. Algunos autores, Miron et al. (2008), consideraron este desarrollo socio-económico como una causa posible para evitar un aumento más pronunciado de la mortalidad por el incremento porcentual de la población anciana. Posiblemente, también se han producido durante las últimas décadas, cambios fisiológicos relacionados con la termorregulación general del cuerpo humano y la población actualmente está acostumbrada a temperaturas superiores a lo que se consideraba normal en el pasado. Así, aunque T_{exc} fue similar en ambas OC, la temperatura media de 1990 fue considerablemente menor que la de 2003. Por lo tanto, el incremento relativo a la “costumbre” de la temperatura fue mucho mayor en 1990 que en 2003. Desafortunadamente, es extremadamente difícil distinguir entre el papel desempeñado por las adaptaciones fisiológicas y sociológicas. Cuando se desagrega M_{exc} por género, las mujeres demostraron ser más susceptibles que los hombres a las OC. En promedio, los valores de M_{exc} fueron del orden de 1.5 veces mayor para las mujeres. Este hecho ya fue mencionado por García-Herrera et al. (2005) y Trigo et al. (2009). Según Shapiro et al. (1980), las diferencias de regulación térmica entre mujeres y hombres son mínimas y específicas del clima, las mujeres se desenvuelven mejor (peor) en climas caliente/húmedo (caliente/seco). Posiblemente, las principales diferencias en mortalidad se deban a las diferencias sociales entre ambos géneros.

4 Conclusiones

Se han identificado las OC que afectaron a Galicia durante el periodo 1987-2006 mediante el estudio de los días en los que la temperatura superó el percentil 95 de la temperatura máxima para las cuatro provincias de Galicia. Se detectaron dos importantes OC en Galicia durante este periodo, la primera en julio de 1990 y la segunda en agosto de 2003. Además, también se analizó el impacto de ambas olas de calor en el exceso en mortalidad.

Los resultados más importantes son los siguientes:

1. La temperatura en exceso en Galicia fue similar en ambos eventos, pero sólo el segundo había sido identificado hasta ahora en Galicia, posiblemente debido al hecho de que la OC en agosto de 2003 afectó a varios países europeos y la de julio de 1990 fue un evento más local.

2. La OC de 1990 tuvo un mayor impacto en la mortalidad de la población mayor de 65 años que se puede atribuir a la adaptación sociológica y fisiológica existente en la población de mujeres, más afectadas en ambas OC. Una vez más, esto posiblemente puede ser atribuido a varios factores como las diferencias de termorregulación entre mujeres y varones o incluso a las prácticas sociales.

3. También se estudió la posición de la Alta Subtropical Atlántica durante las dos OC. Ambas presentan similares situaciones sinópticas, que se caracterizaron por un desplazamiento hacia el noreste de la Alta Subtropical Atlántica, aunque la anomalía de temperatura en 1990 tuvo su epicentro en el Golfo de Vizcaya y la de agosto de 2003 se localizó en el continente europeo.

En resumen, la falta de estudios integrados sobre OC en Galicia fue la principal motivación para este estudio.,

el cual proporciona una nueva visión acerca de la mortalidad en Galicia durante la OC de 2003 y detecta una nueva OC que afectó a la región y no había sido estudiada previamente, la OC de julio de 1990.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por la “Xunta de Galicia” bajo el proyecto 10PXIB383169PR.

Referencias

- Black E., M. Blackburn, G. Harrison, B. Hoskins, J. Methven, 2004: Factors contributing to the summer 2003 European heat wave, *Weather* 59, 217- 223.
- Davis R. E., P. C. Knappenberger, P. J. Michaels, W. M. Novicoff *et al.* 2003: Changing Heat-related Mortality in the United States, *Environmental Health Perspective*, 111, 1712–1718.
- Della- Marta P. M., M. R. Haylock, J. Luterbacher, H. Wanner, 2007: Double length of weastern European summer heat waves since 1880, *Journal of Geophysical Research* 112, D15103, doi: 10.1029/2007JD008510.
- Dessai S. 2002: Heat stress and mortality in Lisbon. Part I: model construction and validation. *International J. of Biometeorology* 47, 6–12.
- Díaz J., C. Linares, R. García- Herrera, C. López, R. Trigo, 2004: Impact of Temperature ans air Pollution on the Mortality of children in Madrid. *JOEM* 46 (8), 1- 7, doi: 10.1097/01.jom.0000135542.12974. 49
- Díaz J., R. Garcia-Herrera, R. M. Trigo, C. Linares, M. A. Valente, J. M. De Miguel, E. Hernandez, 2006: The impact of summer 2003 heat wave in Iberia: how should we measure it? *International J. of Biometeorology*, doi: 10.1007/s00484-005-0005-8.
- Diffenbaugh N. S., J. S. Pal, F. Giorgi, G. Xuejie, 2007: Heat stress intensification in the Mediterranean climate change hotspot, *Geophysical Research Letters* 34, L11706, doi: 10.1029/2007GL030000.
- García-Herrera R., J. Diaz, R. M. Trigo, E. Hernandez, 2005: Extreme summer temperatures in Iberia: health impacts and associated synoptic conditions. *Annals in Geophysics* 23, 239–251.
- García-Herrera R., J. Diaz, R. M. Trigo, J. Luterbacher, E. M. Fischer, 2010: A review of the European Summer Heat Wave of 2003. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 40: 267- 306. TJ Logan (ed.), Taylor & Francis Essex UK.
- Gershunov A., D. R. Cayan, S. F. Iacobellis, 2009: The great 2006 heat wave over California and Nevada: Signal of an increasing trend. *Journal of Climate* 22, 6181-6203, doi: 10.1175/2009JCLI2465.1.
- Gómez-Gesteira M., L. Gimeno, M. de Castro, M. N. Lorenzo, I. Alvarez, R. Nieto, J. J. Taboada, A. J. C. Crespo, A. M. Ramos, I. Iglesias, J. L. Gómez-Gesteira, F. E. Santo, D. Barriopedro, I. F. Trigo 2011: The state of climate in NW Iberia. *Climate Research* 48 (2 and 3) 333-341.
- Havenith G. 2001: Individualized model of human thermoregulation for the simulation of heat stress response. *Journal of Applied Physiology* 90, 1943–1954.
- INS, 2008: The impact of air conditioning in hospital mortality during the 2003 heatwave. Instituto Nacional de Saude, Dr. Ricardo Jorge, Lisbon, Portugal, 40 pp.
- INVS, 2003: Impact sanitaire de la vague de chaleur en France survenue en aout 2003 Rapport d’etape—29

- about 2003 (Progress report on the heat wave 2003 in France). Institut De Veille Sanitaire—InVS (National Institute of Public Health Surveillance), Saint Maurice, France.
- IPCC 2007: Climate Change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL (eds) Cambridge University Press, UK.
- Kalkstein LS, 1993: Health and climate change—direct impacts in cities. *The Lancet*, 342, 1397–1399.
- Kalnay et al. 1996: The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77, 437-470.
- Kuglitsch F. G., A. Toreti, E. Xoplaki, P. M. Della-Marta, C. S. Zeferos, M. Turkes, J. Luterbacher, 2010: Heat wave changes in the eastern Mediterranean since 1960. *Geophysic Research Letter* 37, L04802, doi: 10.1029/2009GL041841.
- Lage M. B., J. Díaz, J. J. Gestal, M. S. Pajares, J. C. Alberdi, 1999: The influence of environmental factor on the number of emergency room admissions at the Juan canalejo medical center complex in Coruña: drafting a prediction model, *Revista Española de Salud Pública* 73, 45-60.
- Luterbacher J., D. Dietrich, E. Xoplaki, M. Grosjean, H. Wanner, 2004: European seasonal and annual temperature variability, trends and extremes since 1500. *Science* 303, 1499–1503.
- Miron J. I., J. J. Criado-Alvarez, J. Diaz, C. Linares, S. Mayoral, J. C. Montero, 2008: Time trends in minimum mortality temperatures in Castile- La Mancha (Central Spain), 1975- 2003.
- Montero J. C., I. J. Miron, J. J. Criado, C. Linares, J. Diaz, 2010: Comparison between two methods of defining heat waves: A retrospective study in Castile- La Mancha(Spain). *Science of the Total Environment*. 408, 1444-1550.
- Munich Re 2004: TOPICS Geo 2003. Munchener Ruckversicherungs-Gesellschaft, Munich.
- Nogueira P. J., E. Paixao, 2008: Models for mortality associated with heatwaves.update of the Portuguese heat health warning system. *International J. of Climatology* 28, 645-562.
- Ogi M., K. Yamazaki, Z. Tachibana, 2005: The summer northern annular mode and abnormal summer weather in 2003. *Geophysical Research Letter* 32, L04706.
- Pan W. H., L. A. Li, M. J. Tsai, 1995: Temperature extremes and mortality from coronary heart disease and cerebral infarction in elderly Chinese. *Lancet* 345, 353- 355.
- Pascal M., K. Laaidi, M. Ledrans, *et al.* France's heat health watch warning system 2006: *International Journal of Biometeorology* 50, 144–153.
- Peterson Th. C., R. Vose, R. Schmoyer, V. Razuvaev, 1998: Global historical climatology network (GHCN) quality control of monthly temperature data. *International Journal of Climatology* 18, 1169-1179.
- Rex D. F., 1950: Blocking action in the middle troposphere and its effect upon regional climate, part I: An aerological study of blocking action. *Tellus* 2, 196-211.
- Robinson, P. J., 2001: On the definition of a heat wave. *Journal of Applied Meteorology* 40, 762–775.
- Schär C., P. L. Vidale, D. Luthi, C. Frei, C. Haberli, M. A. Liniger, C. Appenzeller, 2004: The role of increasing temperature variability in

- European summer heat waves. *Nature* 427, 332–336.
- Shapiro Y., K. B. Pandolf, B. A. Avellini, N. A. Pimental, R. F. Goldman, 1980: Physiological responses of men and women to humid and dry heat. *Journal of Applied Physiology* 49, 1-8.
- Trigo, R. M., I. M. Trigo, C. C. DaCamara, T. J. Osborn, 2004: Winter blocking episodes in the European- Atlantic sector: Climate impacts and associated mechanism in the reanalysis. *Climate Dynamics* 23, 17- 28.
- Trigo, R. M., R. García-Herrera, J. Díaz, I. Franco Trigo, M. A. Valente, 2005: How exceptional was the early August 2003 heatwave in France? *Geophysical Research Letters* 32, L10701. Doi: 10.1029/2005GL022410.
- Trigo R. M., A. M. Ramos, P. J. Nogueira, F. D. Santos, R. Garcia-Herrera, C. Gouveia, F. E. Santo, 2009: Evaluating the impact of extreme temperature based indices in the 2003 heatwave excessive mortality in Portugal. *Environmental Science & Policy* 12, 844-854.