

# LA OLA DE CALOR DE 2003 EN LA CAPV: CARACTERIZACIÓN BIOCLIMÁTICA E IMPACTOS SOBRE LA MORTALIDAD HUMANA.

Domingo F. RASILLA ÁLVAREZ y Pablo FERNÁNDEZ DE ARRÓYABE HERNÁEZ  
Depto de Geografía, Urbanismo y OT, Universidad de Cantabria  
domingo.rasilla@unican.es fernandhp@unican.es

## RESUMEN

Esta comunicación muestra la relación entre las altas temperaturas ocurridas en el verano de 2003 y la mortalidad registradas en la Comunidad Autónoma del País Vasco. En la primera parte se analiza la significación climática del episodio tanto en términos de la magnitud como la persistencia del fenómeno. Posteriormente, se efectúa una aproximación a la evolución de la mortalidad en la región y sus vínculos con los episodios de altas temperaturas.

La CAPV se incluyó dentro de las regiones españolas que experimentaron una situación de mayor “anormalidad”, tanto por la magnitud de los registros como por su persistencia. No obstante, pueden identificarse tres episodios extremadamente cálidos a lo largo del verano de 2003, siendo el ocurrido en agosto el que supuso un mayor impacto en la mortalidad, consecuencia de la acumulación de calor y la ausencia de refrescamiento nocturno.

**Palabras clave.** Olas de calor, Comunidad Autónoma del País Vasco, mortalidad.

## ABSTRACT

This contribution shows the links between the hot temperatures of the 2003 summer and the human mortality in the Basque Country. The climatic relevance of the episode is analyzed highlighting the magnitude and persistence of the phenomenon. Later, the evolution of the human mortality in the region is related to the warmest episodes of that summer. The Basque Country was one of the Spanish regions where the anomalous conditions were more severe in terms of magnitude and persistence of the hot temperatures. Nevertheless, it was possible to isolate three periods of extreme high temperatures, being the occurred during the first fortnight of August the one with strongest impact on human mortality.

**Key words.** Heat wave, Basque Country, mortality.

## 1. INTRODUCCION

Las olas de calor, como se conoce popularmente a los periodos con temperaturas mucho más altas de lo habitual, es uno de los fenómenos atmosféricos que causan una mayor mortalidad. Su relevancia ha sido reconocida no hace mucho tiempo (SHERIDAN, 2002), en contraste con fenómenos tales como los huracanes o los tornados, y a diferencia de éstos, tienen un impacto espacial más amplio, ya que afectan tanto a regiones subtropicales como a latitudes medias. El interés científico en torno a las olas de calor ha sido impulsado por episodios de gran trascendencia social y mediática, como las ocurridas en Europa Occidental durante el verano de

2003. Las consecuencias de esta ola de calor han sido bien estudiadas; se calcula que entre 22000 y 35000 personas murieron a consecuencia de trastornos derivados del calor, 15000 de ellas sólo en Francia (WHO 2004; IFRCRCS, 2004), país en el que la distribución espacial de las anomalías de temperatura reprodujo casi exactamente la distribución de las tasas de mortalidad anómala (TRIGO et al, 2005). El calor también afectó a otros aspectos, desde los incendios en Portugal (TRIGO et al, 2006), fusión de glaciares alpinos, sobremortalidad en la fauna, cortes eléctricos en numerosas ciudades europeas, reducción de la producción agrícola etc... Se estima que las pérdidas económicas derivadas de esa ola de calor superaron los 13.000 millones de euros. Más aún, los escenarios de cambio climático sugieren que su frecuencia e intensidad crecerá notablemente (MEEHL et al., 2000; McGEEHIN y MIRABELLI, 2001), habiéndose estimado que de no mediar una rápida adaptación al fenómeno, por cada grado de ascenso de la temperatura media global, un total de 350000 podrían morir en todo el mundo a causa de problemas derivados del calor extremo (TOL, 2002). En este sentido, el verano de 2003, considerado el más cálido en los últimos 500 años en Europa (LUTHERBACHER et al., 2004), podría considerarse un anticipo de las condiciones “normales” a finales del s. XXI (BENISTON, 2004).

Las olas de calor y sus efectos epidemiológicos han sido estudiadas en diversas ciudades españolas (BALLESTER et al, 1997; BORRELL et al, 2006; DÍAZ et al, 2002a; DÍAZ et al, 2002b; DÍAZ et al, 2006; DÍAZ y LINARES 2008; GARCÍA HERRERA et al, 2005; MIRÓN et al, 2008; SÁEZ et al, 1995; TOBIÁS et al, 2010), la mayoría de ellas en ámbitos mediterráneos. Estos trabajos ponen de manifiesto que la población más sensible son los ancianos, y en particular las mujeres, siendo el calor el detonante de problemas cardiovasculares preexistentes. Por el contrario, apenas existen trabajos acerca de este fenómeno en las regiones de clima oceánico del N de la Península Ibérica, un área en el que las temperaturas medias estivales no alcanzan los valores extremos del resto de país. No obstante, la franja cantábrica no es ajena a episodios de calor intenso, y la concentración de la población en ámbitos urbanos, en ocasiones situados en el fondo de valles de difícil ventilación, cerca de grandes núcleos industriales, puede constituir un agravante a los efectos de este tipo de situaciones.

En consecuencia, los objetivos que dirigen este trabajo son mostrar la magnitud del impacto sobre la mortalidad de la ola de calor de 2003 en la Comunidad Autónoma del País Vasco, encuadrando este episodio en la evolución a largo plazo de las temperaturas estivales en el área que rodea el Golfo de Vizcaya. Este trabajo está enmarcado en un proyecto de mayores dimensiones financiado por la Dirección de Salud Pública de Gobierno Vasco encaminado a estudiar el efecto de los episodios cálidos en el área cantábrica, sus diferencias regionales y su impacto sobre el confort climático, el bienestar humano y las actividades económicas en la CAPV.

## **2. FUENTES Y MÉTODOS.**

En este trabajo se han utilizado únicamente los datos de mortalidad diaria causados por enfermedades relacionadas con el sistema circulatorio (Grupo IX de la CIE-10) en la población mayor de 64 años de la Comunidad Autónoma del País Vasco entre 1986 y 2006. Los datos fueron facilitados por la Dirección de Planificación y Ordenación Sanitaria de la Viceconsejería de Sanidad del Departamento de Sanidad de Gobierno Vasco. Los valores originales de mortalidad fueron transformados en anomalías de la mortalidad diaria con respecto al valor promedio de cada día del año para el periodo 1986-2006. Este valor promedio fue calculado eliminando la tendencia ascendente de la mortalidad en el periodo analizado, consecuencia del envejecimiento de la población (Tabla 1) y el ciclo anual, que determina una mayor mortalidad en invierno que en verano (Figura 1).

	1986	1991	1996	2001	2006
<b>Mayores de 64 años</b>	222.949	265.001	321.872	353.564	396.151

Tabla 1. Evolución de la población de más de 64 años en la CAPV. Fuente: EUSTAT

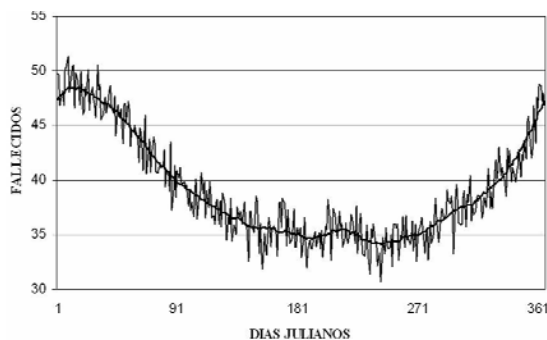


Figura 1: Evolución media diaria del número de fallecidos en la CAPV . Periodo 1986-2006

Los datos meteorológicos diarios han sido obtenidos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y de MeteoFrance. Consisten en valores diarios (temperatura máxima y mínima diaria) y horarios (temperatura, humedad relativa, nubosidad, viento) registrados en observatorios de las redes sinópticas de ambos países. También se ha utilizado una clasificación de tipos de circulación a escala diaria elaborada combinando métodos de reducción de información (Análisis en Componentes Principales) y de clasificación automática (Análisis de Conglomerados; RASILLA et al, 2009). Por último, se ha recurrido al cálculo del índice bioclimático PET (Physiological Equivalent Temperatura; MATZARAKIS et al, 1999), mediante el programa RayMan, que está siendo usado en numerosas investigaciones bioclimáticas.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Caracterización climática del verano de 2003 en la CAPV

A pesar de su localización, la CAPV no está exenta de jornadas de calor intenso, a diferencia de lo que ocurre en otros puntos del Cantábrico (figura 2). La frecuencia media de días con temperatura superior a 30°C es similar en Bilbao a la de Vigo, aunque inferior al observatorio francés de Cazaux, (Landas). No obstante, sus valores contrastan con la práctica ausencia de estas jornadas en La Coruña y Gijón (no llegan al 0,3%). Este contraste se explica por varios factores, como son, en el caso de La Coruña, la relativa frialdad de las aguas costeras (“upwelling”), a la que se une la protección del sector más elevado del Macizo Asturiano en Gijón. Otra singularidad de Bilbao es el elevado número de jornadas muy cálidas en septiembre, momento en el que el resto de observatorios experimenta una drástica reducción; la causa son las primeras suradas.

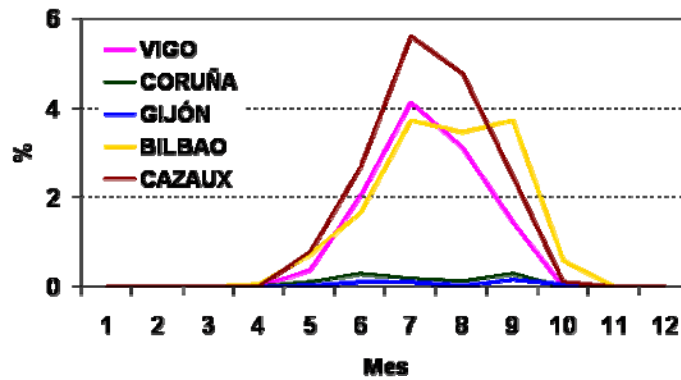


Figura 2: Frecuencia media mensual de días con  $T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$  (1971-2000).

Uno de los rasgos diferenciadores del verano de 2003 fue no sólo la elevada frecuencia de jornadas muy cálidas (temperatura máxima superior al percentil 95 del periodo junio-septiembre), sino también la magnitud del calor (figura 3). De hecho, otros veranos registraron una frecuencia similar de días cálidos (1987 y 1990), pero el valor alcanzado por la temperatura acumulada por encima del percentil 95 durante el verano de 2003 demuestra la excepcionalidad del calor.

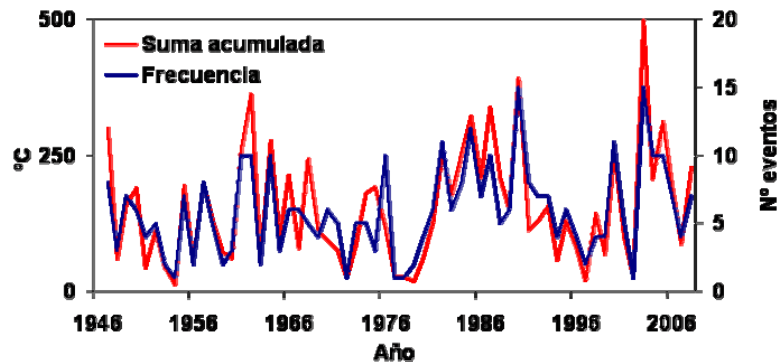


Figura 3: Evolución en el número de días con temperatura máxima superior al percentil 95 y suma acumulada (en grados día) de la temperatura por encima de dicho umbral en Bilbao.

La función de distribución de las temperaturas máximas en Bilbao muestra que el calor del verano de 2003 no debe atribuirse únicamente a desplazamiento de la temperatura media, sino que involucra también a su dispersión (SCHÄR et al, 2004). De hecho, frente a una distribución clásica gaussiana con sesgo hacia la cola superior, la distribución del 2003 mostró dos máximos (figura 4), uno similar al del verano “normal” y otro más elevado, este último, consecuencia de la llegada de masas de aire tropical muy cálidas y secas.

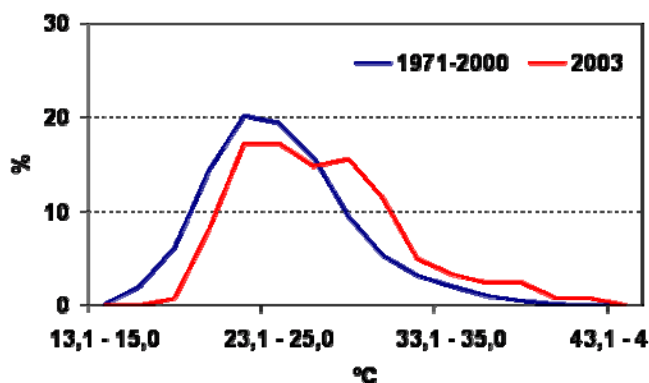
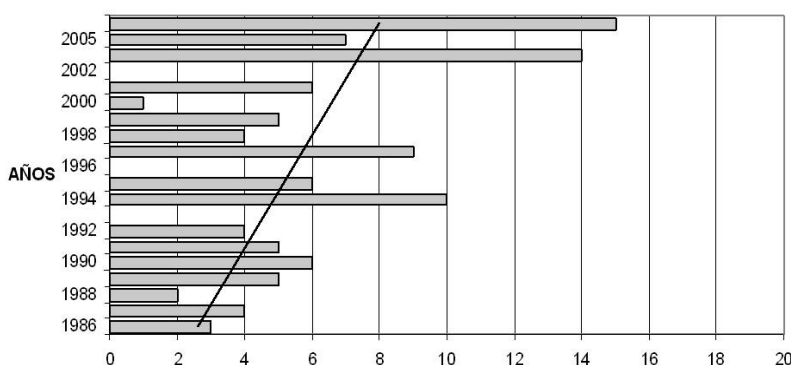


Figura 4: Función de distribución de la temperatura máxima diaria (junio-septiembre) de Bilbao (climatología 1971-2000 y 2003).

El carácter excepcional también tuvo su continuidad por las noches, ya que el número de días con temperaturas mínimas superiores al percentil 95 fue de 21 en Bilbao, muy por encima de los valores de los últimos 20 años (figura 5), en consonancia con una tendencia a su aumento. La persistencia de las noches cálidas fue superior a la de los días cálidos. Agosto de 2003 experimentó la única racha de 6 días con mínimas nocturnas superiores al percentil 99 desde 1986 (10 al 15 de Agosto de 2003), mientras que aplicando el mismo criterio sobre las temperaturas máximas sólo son atribuibles al verano de 2003 tres rachas de un solo día.



Figuras 5: Número de días con temperaturas mínimas por encima del percentil 95 en Bilbao para el periodo 1986-2006 excluido el año 2003.

El verano de 2003 no sólo destacó por sus anomalías térmicas; la insolación también aumentó considerablemente (48 % en agosto de 2003 frente a un valor habitual de 40%), alta presión de vapor y vientos suaves. Todos estos parámetros contribuyen al grado de confortabilidad, dado que los vientos mitigan la sensación de agobio que puede proporcionar una elevada humedad relativa y una radiación solar alta. El cálculo del índice PET, al incorporar dichas variables, permite una aproximación al grado de confort experimentado por la población. El verano de 2003, como señala la figura 6, produjo una elevación importante del parámetro PET con respecto a los valores normales, y no sólo a mediodía, sino también a lo largo de toda la noche, situación que impide el descanso normal y puede ayudar, en caso de persistencia, a disparar patologías preexistentes.

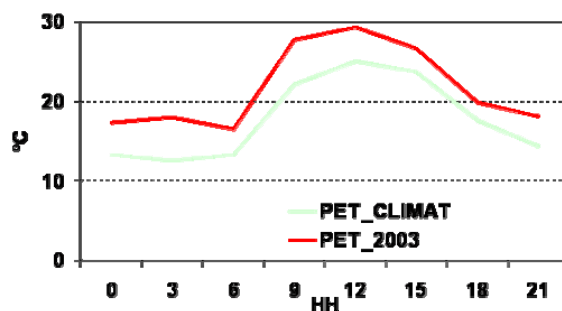


Figura 6: Promedio de la PET según horas sinópticas en el observatorio del aeropuerto de Biarrritz.

Finalmente, la excepcionalidad de este episodio en el norte de la Península Ibérica queda claramente puesta de manifiesto cuando se comparan los valores normales de PET con los del verano de 2003. Durante este episodio, el patrón espacial de anomalías invirtió su disposición latitudinal, siendo el área cantábrica, especialmente su zona oriental, el valle del Ebro y Cataluña las regiones más afectadas, junto con el sur de Francia (figura 7).

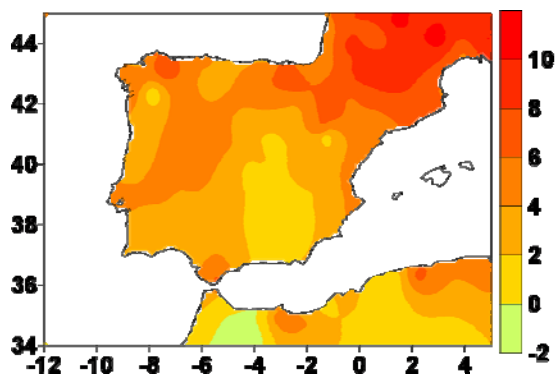


Figura 7: Anomalías de la PET (°C) correspondientes al mes de agosto 2003.

### 3.2. Características de la circulación atmosférica.

La mayor parte de jornadas estivales muy cálidas que afectan a la CAPV se producen, al igual que en las regiones vecinas, debido a la instalación de una dorsal anticiclónica (tipo 4) que promueve la llegada de masas de aire cálido (41 % de los días); no obstante, también se producen por bloqueos atlánticos (tipo sinóptico 2) o situaciones del SW (tipo 6), si bien ésta última es excepcional en julio y agosto. Entre las tres situaciones acumulan el 96 % de los días muy cálidos estivales.

Las altas temperaturas medias del verano de 2003 tienen una clara correspondencia con la alta frecuencia y persistencia de los tipos de circulación específicos (figura 8). El más propenso a jornadas muy cálidas, el 4, experimentó un claro aumento de frecuencia, particularmente en junio y agosto, suponiendo más del 50 % de los días. Esta configuración sinóptica explica que la ola de calor estuvo vinculada a un desplazamiento hacia latitudes más septentrionales de las altas presiones subtropicales, más que de una situación de bloqueo clásica (GARCÍA-HERRERA et

al, 2010). Por el contrario, las circulaciones más “frescas”, particularmente el tipo 5 (advecciones atlánticas) estuvieron prácticamente ausentes, salvo en julio, lo que explicaría la mayor “normalidad” térmica de dicho mes. Con todo, ciertos rasgos diferencian la dinámica regional en junio y agosto de 2003, ya que durante el primero de los meses hubo una mayor frecuencia de situaciones del SW (tipo 6), reemplazadas por las del tipo 1 (vaguada al W con episodios cálidos a veces acompañados de tormentas vespertinas).

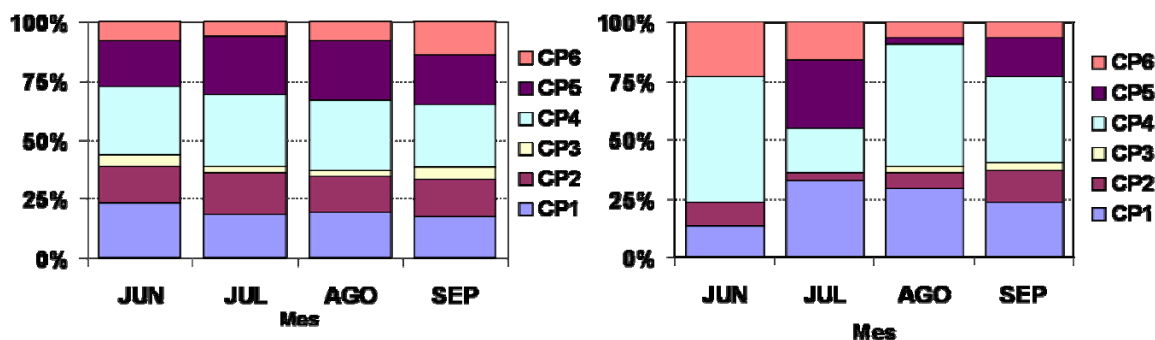


Figura 8: Frecuencia de tipos de circulación para el periodo 1971-2000 (izquierda) y para el verano del año 2003 (derecha).

### 3.3 Consecuencias sobre la mortalidad.

La evolución de las anomalías medias de mortalidad estival durante el periodo 1986-2006 ha alternado en la CAPV episodios con anomalías de magnitud y signo diverso, si bien destaca claramente el efecto de agosto de 2003 (Figura 9).

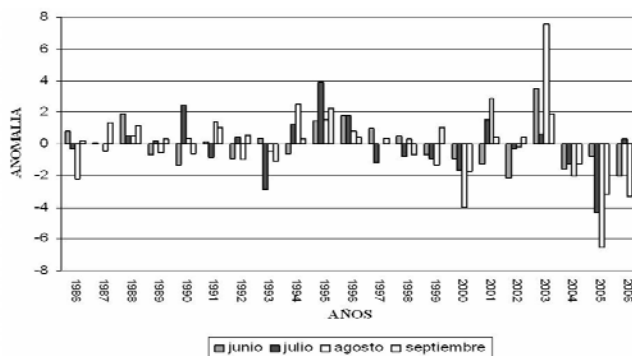


Figura 9: Evolución anual de las anomalías medias de mortalidad por meses de verano (1986-2006).

El análisis de la evolución de las temperaturas (máxima y mínima) y de la PET a las 12 UTC en Bilbao-Sondica resalta la singularidad del episodio de agosto de 2003. En primer lugar, y a pesar de su magnitud (máximas próximas a los 40°C), los eventos cálidos de junio no tuvieron un efecto relevante sobre la mortalidad (60 y 62 fallecidos los días 24 y 28 de junio), por su escasa duración y mínimas moderadas (inferiores a 20°C). Más impacto tuvo el episodio cálido de la segunda mitad de septiembre (máximo de 63 fallecidos los días 18 y 20 de septiembre), por la

mayor persistencia. Fue, sin embargo, el de la primera quincena de agosto el que pone de manifiesto la excepcionalidad del verano de 2003 y su incidencia sobre la mortalidad: no sólo se rebasaron los 35°C, sino que las máximas se mantuvieron por encima de los 30°C prácticamente durante todas las jornadas. Pero además, excepcionalidad y persistencia afectaron con especial intensidad a las mínimas, que no descendieron de los 20°C (llegando a alcanzar los 24°C). Es esta combinación de registros excepcionales, tanto diurnos como nocturnos, y persistencia lo que explica un aumento de la mortalidad, que alcanzó su momento álgido el 12 de agosto de 2003, con 84 fallecidos (figura 10).

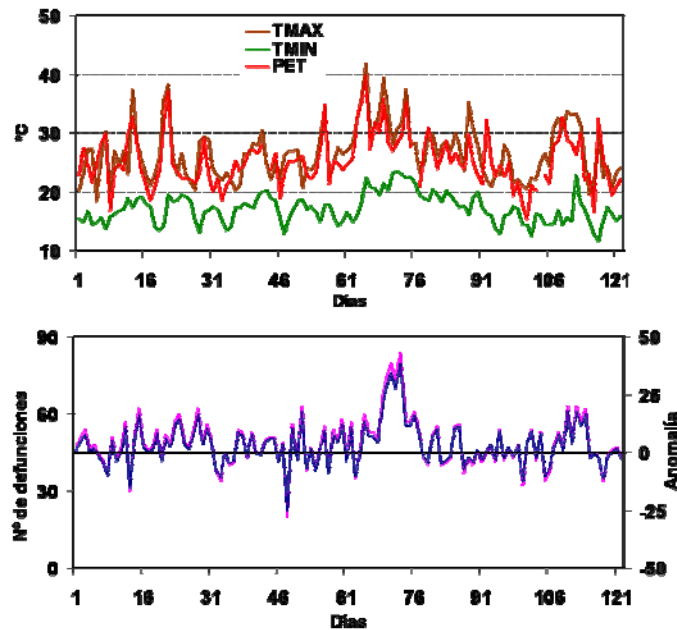


Figura 10: Evolución de las temperaturas (máxima y mínima), de la PET a mediodía (observatorio de Bilbao-Sondica; izquierda) y de la mortalidad diaria en la CAPV a lo largo del verano de 2003.

Es un hecho también conocido que los máximos de mortalidad no suelen ser simultáneos a los máximos térmicos, sino que existe cierto desfase entre unos y otros. En nuestro caso, hemos detectado que dicho desfase se situó en 2 días aproximadamente, cifra que se encuentran dentro de los umbrales señalados por la literatura (figura 11).

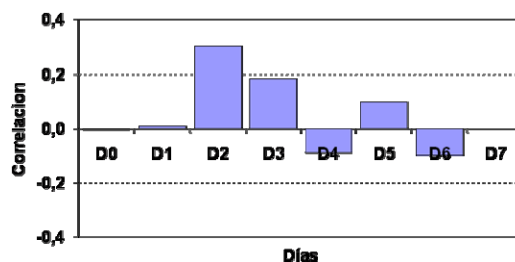


Figura 11: Desfase entre temperatura máxima en Bilbao-Sondica y mortalidad diaria en toda la CAPV durante el verano de 2003.



#### 4. DISCUSION Y CONCLUSIONES

El verano de 2003 fue excepcional en la CAPV ya que no sólo las temperaturas fueron muy altas sino también muy persistentes, en especial por las noches, y vinieron acompañadas de otras condiciones atmosféricas (alta radiación, vientos flojos, masas de aire con elevadas presiones de vapor de agua) que agravaron las condiciones de discomfort. Esto supuso un aumento de la mortalidad que ocurrió casi de manera simultánea al episodio más cálido.

Tras esta primera aproximación al fenómeno de la relación entre olas de calor y mortalidad en una región de clima oceánico de la Península Ibérica, futuras investigaciones, amén de un desglose por sexos, incorporarán otros factores que contribuyen al agravamiento de los efectos de mortalidad, como es la contaminación atmosférica, en especial los niveles elevados de ozono y Pm10, o un desarrollo regional, en especial teniendo en cuenta el efecto urbano sobre las temperaturas en grandes aglomeraciones, como Bilbao.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

Es necesario agradecer a la Dirección de Salud Pública de Gobierno Vasco la ayuda prestada para la elaboración del proyecto “Estudio de los efectos del calor extremo sobre la mortalidad humana en la Comunidad Autónoma del País Vasco 1986-2006” dentro del cual se enmarca el presente artículo.

#### 6. BIBLIOGRAFÍA

- Ballester F, Corella D, Pérez-Hoyos S, Sáez M y Hervás A. (1997). “Mortality as a function of temperature. A study in Valencia, Spain, 1991-1993”. *Int J Epidemiol*, 26(3), pp 551-61.
- Beniston M. (2004). “The 2003 heat wave in Europe: A shape of things to come? An analysis based on Swiss climatological data and model simulations”. *Geophys. Res. Lett.*, 31, 2022-2026.
- Borrell C, Marí-Dell’Olmo M, Rodríguez-Sanz M, Garcia-Olalla P, Caylà JA y Benach J (2006). “Socioeconomic position and excess mortality during the heat wave of 2003 in Barcelona”. *Eur J Epidemiol*, 21(9), pp 633-640.
- Díaz J, García R, Velázquez de Castro F, Hernandez E and Otero A (2002). “Effects of extremely hot days on people older than 65 years old in Seville (Spain) from 1986–1997”. *Int. J. Biometeorol*, 46, pp 145– 151.
- Díaz J, García-Herrera R, Trigo RM, Linares C, Valente MA y Hernandez E (2006). “The impact of summer 2003 heat wave in Iberia: how should we measure it?”. *Int. J. Biometeorol*, 50, pp 159-166.
- Díaz J, Jordán A, García R, López C, Alberdi JC, Hernandez E y Otero A (2002b). “Heat waves in Madrid 1986-1997: effects on the health of the elderly”. *Int Arch Occup Environ Health. Mar*, 75(3), pp. 163-70.
- Díaz J y Linares C (2008). “Impact of high temperatures on hospital admissions in Madrid (Spain): a comparative analysis with mortality in heat waves”. *The European Journal of Public Health*, 18(3), pp 317-322.
- Díaz J, Linares C y Tobías A (2006). “Impact of extreme temperatures on daily mortality in Madrid (Spain) among the 45–64 age-group”. *Int J Biometeorol*, 6, pp 342-348.
- García-Herrera R, Díaz J, Trigo RM y Hernandez E (2005). “Extreme summer temperatures in Iberia: health impacts and associated synoptic conditions”. *Ann Geophys*, 23, pp. 239-251.

- García-Herrera R, Díaz J, Trigo RM, Luterbacher J y Fischer EM (2010). “A Review of the European Summer Heat Wave of 2003”. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 40 (4): 267 – 306.
- International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (2004). *World Disasters Report 2004* (available from Kumarian Press Inc., 1294 Blue Hills Ave, Bloomfield CT 06002).
- Luterbacher JD, Dietrich E, Xoplaki M, Grosjean J y Wanner H (2004). “European Seasonal and Annual Temperature Variability, Trends, and Extremes since 1500”. *Science*, 303, pp 1499-1503.
- Matzarakis A, Mayer H y Iziomon M (1999). “Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature”. *Int. J. Biometeor* 43, pp 76-84.
- McGeehin MA y Mirabelli M (2001). “The potential impacts of climate variability and change on temperature related morbidity and mortality in the United States”. *Environ Health Persp*, 109, pp 185–89.
- Meehl GA y Tebaldi C (2004). “More intense, more frequent and longer lasting heat waves in the 21st Century”. *Science*, 305, pp 994-997.
- Mirón IJ, Criado-Álvarez JJ, Diaz J, Linares C, Mayoral S y Montero JC (2008). “Time trends in minimum mortality temperatures in Castile-La Mancha (Central Spain): 1975–2003”. *Int J Biometeorol*, 52: 291–299.
- Rasilla DF, García-Codron JA, Carracedo V y Diego C (2009). “Circulation patterns, wildfire risk and wildfire occurrence at continental Spain”. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, publicado online doi:10.1016/j.pce.2009.09.003.
- Saez M, Sunyer J, Castellsaguè J, Murillo C y Antò JM (1995). “Relationship between weather temperature and mortality: a time series analysis approach in Barcellona”. *Int J Epidemiol* 24, pp. 576–582.
- Schär C, Vidale PL, Lüthi D, Frei C, Häberli C, Liniger MA y Appenzeller C (2004). “The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves”. *Nature* 427, pp 332-336.
- Sheridan S (2002). “Developing heat-warning systems for cities worldwide”. En Janelle DG, Warf B y Hansen K (eds) *WorldMinds: geographical perspectives on 100 problems*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers: 487–92.
- Tobías A, García de Olalla P, Linares C, Bleda MJ Caylà L y Díaz J (2010). “Short-term effects of extreme hot summer temperatures on total daily mortality in Barcelona, Spain”. *Int J Biometeorol* 54, pp 115–117.
- Tol RS (2002). “Estimates of the damage cost of climate change. Part I: benchmark estimates”. *Environmental and Resource Economics* 21, pp. 42–73.
- Trigo RM, Pereira JM, Pereira MG, Mota B, Calado MT, DaCamara CC y Santo FE (2006). “The exceptional fire season of summer 2003 in Portugal”. *Int J Climatol*, 26, pp 1741-1757.
- Trigo RM., García-Herrera R, Díaz J, Trigo IF y Valente MA (2005). “How exceptional was the early August 2003 heatwave in France?”. *Geophys Res Lett*, 32, L10701, doi:10.1029/2005GL022410.
- WHO (2004). *Heat-Waves: Risks and Responses*. World Health Organization, Regional Office for Europe, 123 pp.