

CARACTERIZACIÓN Y EVOLUCIÓN DE LAS OLAS DE CALOR EN ESPAÑA DURANTE EL PERIODO 1968-2010: EL EPISODIO DE 2003

Emilio MARTÍNEZ-IBARRA¹, María Belén GÓMEZ-MARTÍN²,
Xosé Antón ARMESTO-LÓPEZ², Jonatan ARIAS-GARCÍA¹

⁽¹⁾Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, Universidad de Granada, España

⁽²⁾Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional, Universitat de Barcelona

emibarra@ugr.es | bgomez@ub.edu | armesto@ub.edu | jariasgarcia@ugr.es

RESUMEN

El análisis de los extremos térmicos, su duración, intensidad y evolución, constituye un aspecto de especial trascendencia a abordar en Climatología. Ciertamente, los mismos constituyen un indicador de cambio climático y manifiestan implicaciones en el medio bio-físico, la población y las actividades que ésta desempeña. Por ello, este trabajo se centra en el estudio evolutivo de las olas de calor en España, aplicando los criterios que establece el grupo de trabajo en índices extremos CCI/CLIVAR, para distintos ámbitos geográficos. Los resultados obtenidos ponen en evidencia un incremento en el número de episodios, su intensidad y longitud, siendo el episodio más intenso de 2003 uno de los más importantes registrados en España durante el periodo analizado.

Palabras clave: España, olas de calor, caracterización, evolución, ola de calor de 2003

ABSTRACT

The analysis of temperature extremes, its duration, intensity and evolution, is an aspect of particular importance in addressing climate. Certainly, they are an indicator of climate change and manifest implications for bio-physical environment, population and the activities it performs. Therefore, this work focuses on the evolutionary study of heat waves in Spain, using the criteria established by the working group in extreme indices CCI/CLIVAR, for different geographical areas. The obtained results demonstrated an increase in the number of episodes, its intensity and length, being the most intense episode of 2003 one of the most important recorded in Spain during period considered.

Key words: Spain, heatwaves, characterization, evolution, 2003 heat wave

1. INTRODUCCIÓN

Los eventos extremos son comúnmente percibidos como episodios que se alejan significativamente de las condiciones medias (Zhao y Chu, 2010). Por ello, los ecosistemas y ciertos sectores productivos son sensibles a fenómenos climáticos extremos (Huth, Kysely y

Pokorma, 2000). Así, se entiende que éstos sean de interés tanto para científicos, políticos, planificadores y medios de comunicación (Changnon, 2003 y IPCC, 2012).

Actualmente, un evento extremo puede resultar catastrófico o no dependiendo de su magnitud, pero también de la concienciación de las autoridades públicas (Poumadere et al., 2005). Además, hay que tener en cuenta si el fenómeno extremo actúa conjuntamente con otros (ver Moriondo et al., 2006; IPCC, 2007; Good et al., 2008).

Entre los eventos climáticos extremos se encuentran las olas de calor. Las mismas durante los últimos años han recibido mayor atención, dada la mortalidad asociada a ellas y a la previsión de que se vuelvan más recurrentes, como consecuencia del cambio climático (Furrer et al., 2010). De hecho, en relación con el primer aspecto, conviene tener presente que, a menudo, las olas de calor conllevan una mayor mortalidad en la población más expuesta: niños, ancianos y personas con patologías cardiovasculares y respiratorias (Basu y Samet, 2002). Al respecto, como consecuencia del verano extremadamente cálido de 2003, la UNEP (2004) cifró un exceso de mortalidad de 14.802 personas en Francia, 7.000 en Alemania, 4.200 en España y 4.000 en Italia.

Por tanto, resulta de interés conocer cómo la tendencia alcista de las temperaturas durante los últimos años está afectando a la ocurrencia de valores térmicos extremos (Tank y Können, 2003). Aspecto que es tratado en el presente trabajo para el caso español.

2. FUENTES Y METODOLOGÍA

El concepto de ola de calor no es inequívoco. Así se explica que existan múltiples definiciones (Kalkstein y Valimont 1986). Con todo, las olas de calor se caracterizan por unos patrones comunes. A menudo se definen como eventos extremos marcados por altas temperaturas que persisten durante varios días (WMO, 1999). Por ello, las olas de calor quedarán restringidas a dos condicionantes registrados al unísono: (1) la superación de un determinado umbral térmico, ello determinará el que un día se considere cálido o no; y (2) el alcance de un determinado grado de persistencia de los días cálidos (Folland et al. 1999). Desde un punto de vista atmosférico, se asocian a mecanismos que operan a escala sinóptica, relacionados habitualmente con altas presiones estacionarias o cuasi-estacionarias, de origen subtropical (Koffi y Koffi 2008).

En la presente investigación hemos tomado en consideración las propuestas del grupo de trabajo en índices extremos CC1/CLIVAR (ver Pongrácz y Bartholy 2006). De este modo, una jornada se ha considerado cálida cuando se ha superado el percentil 90 en la temperatura máxima diaria. Dicho percentil se ha calculado teniendo en cuenta todos los valores de las temperaturas máximas diarias del periodo tomado como referencia, en este caso, 1968-1996. A partir del día cálido hemos concretado las olas de calor. Su definición implica un periodo de al menos 6 días cálidos consecutivos, según las propuestas de Koffi y Koffi (2008).

Siguiendo las indicaciones de estos dos últimos autores hemos planteado: (1) dos índices de frecuencia, (2) uno de duración y (3) dos de intensidad. Los de frecuencia representan, por un lado, el número de días con ola de calor y, por otro, el número de episodios de ola de calor; mientras que la duración caracteriza la longitud del episodio. Por último, la intensidad se ha analizado a partir de cálculos diarios. Ésta es resultado de la diferencia entre la temperatura anotada y el percentil 90. Su valor acumulado (suma de la intensidad diaria a lo largo del episodio) también ha sido tomado en consideración.

Teniendo en cuenta los anteriores preceptos hemos caracterizado las olas de calor en la España peninsular, a lo largo del periodo 1968-2010, haciendo especial hincapié en el año 2003.

En el estudio se han seleccionado varios observatorios gestionados por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), representativos de grandes unidades geográfico-climáticas del ámbito español: la costa Atlántico-Cantábrica, la costa Mediterránea y el interior (ver figura 1).



Figura 1: CONTEXTUALIZACIÓN FISIOGRAFICA DE LOS OBSERVATORIOS ANALIZADOS

Para el caso de la costa Atlántico-Cantábrica hemos tomado en cuenta tres observatorios, dos de ellos septentrionales y uno meridional: A Coruña, para la costa Atlántica septentrional, San Sebastián como ejemplo de la costa cantábrica, y Tarifa como representante de la costa Atlántica meridional. Este último observatorio presenta un clima local-regional muy característico, marcado por el efecto Venturi (ver Scorer 1952). De la costa mediterránea hemos considerado dos estaciones, una septentrional, Barcelona, y otra meridional, Almería. Para el interior hemos escogido dos observatorios representativos de depresiones interiores (Zaragoza y Sevilla), dos de grandes llanuras (Burgos y Madrid) y uno de montaña (Navacerrada).

La elección de los observatorios responde a varias presunciones: (1) Por un lado, hemos distinguido entre costa e interior, ya que el poder termo-regulador de la costa debe implicar una menor impronta de las olas de calor en la costa que en el interior; (2) También hemos diferenciado entre la costa atlántica y la mediterránea, ya que la segunda es más cálida y su

poder termo-regulador debe ser inferior; (3) Para el ámbito costero meridional atlántico sólo contábamos con una estación completa en Tarifa, por ello hemos elegido dicho observatorio. Además, hemos considerado interesante analizar el comportamiento de las olas de calor en un entorno con un clima local tan marcado; (4) Para el caso de la zona interior hemos elegido observatorios de valle y meseta, y uno de montaña. La diferenciación entre mesetas y valles responde a la apertura de estos últimos hacia el mar, lo que puede implicar una mayor influencia marina en estas zonas y, en teoría, una menor impronta de las olas de calor en los valles que en las mesetas. Por otro lado, hemos incluido un observatorio de montaña de interior (el de Navacerrada), para ver si en la montaña la respuesta era diferente que en el resto de la zona interior; (5) Asimismo, en cualquiera de los casos, hemos querido poner de relieve la influencia de la latitud, pues las zonas septentrionales están menos expuestas a las invasiones de aire cálido, por su mayor lejanía a los manantiales de las masas de aire de origen tropical.

Además, conviene señalar que estudiamos el verano meteorológico, comprendido en este ámbito (templado) entre junio, julio y agosto, según se advierte en el Glossary of Meteorology de la American Meteorological Society. Se ha trabajado con datos diarios, como se plantean en otros trabajos que analizan olas de calor (ver Pongrácz and Bartholy 2006; Koffi and Koffi 2008; Zhao and Chu 2010; Frich 2002; D'Ippoliti, et al. 2010) y ninguna de las series analizadas, todas de observatorios completos, presenta vacíos superiores al 0,05%.

3. RESULTADOS

Durante el periodo analizado (1968-2010) las olas de calor se han presentado con relativa frecuencia en el ámbito peninsular español, especialmente en la zona interior (73-97 casos), y más aún en la zona interior meridional (82-97 casos) (ver Tabla 1). Con relación al ámbito costero, la zona atlántico-cantábrica (12-30 casos) se ha mostrado menos propicia que la mediterránea (34-70 casos).

Para el ámbito costero, dos casos han resultado llamativos: Tarifa y Barcelona. El primero de ellos por el escaso número de olas de calor, ya que únicamente hemos contabilizado 12 en este sector, el valor más bajo de todos los observatorios analizados. Con respecto al segundo, ha destacado la elevada frecuencia de eventos de olas de calor, 70 episodios en total, a pesar de su condición marítima y septentrional. En el caso de Tarifa la causa del bajo número de episodios es clara, un clima local-regional marcado por el efecto Venturi, mientras que en el segundo la incógnita no está resuelta.

De otro lado, se ha comprobado una tendencia positiva en el número de episodios en todos los observatorios, de nuevo con mayor impronta en el interior, con un incremento de algo más de un caso por década. El caso de Barcelona es el único de costa que de nuevo ha vuelto a tener un comportamiento similar al del interior, con un incremento de 1,2 días/década. La costa atlántico-cantábrica es la que ha experimentado una tendencia de incremento más suave, no superando los 0,5 días/década.

La intensidad media de los episodios no ha mostrado un patrón espacial claro, quedando comprendida entre 2-4°C, si bien la tendencia ha vuelto a manifestar un incremento mucho

Área Geográfica	Nº episodios/Tendencia	Intensidad media episodio/Tendencia	Intensidad acumulada episodio/Tendencia	Duración media episodio/Tendencia
A) Costa atlántico-cantábrica				
Norte (atlántica)	30; +0,5/década	2,8°C; +0,9/década	24,9°C; +6,1/década	9,2 días; +2,1/década
Norte (cantábrica)	25; +0,3/década	3,3°C; +0,9/década	26,6°C; +6,5/década	7,8 días; +1,9/década
Sur (Clima local ventoso muy marcado)	12; +0,2/década	1,9°C; +0,2/década	16,4°C; +1,5/década	8,7 días; +0,9/década
B) Costa mediterránea				
Norte	70; +1,2/década	1,78°C; +1,1/década	28,72°C; +12,5/década	13,9 días; +7,6/década
Sur	34; +0,6/década	3,2°C; +1,23/década	26,1°C; +8,8/década	7,8 días; +3,2/década
C) Interior				
C.1) Grandes Valles				
Ebro (Norte, apertura mediterránea)	77; +1,2/década	3,7°C; +3,0/década	32,0°C; +23,9/década	8,8 días; +2,7/década
Guadalquivir (Sur, apertura atlántica)	82; +1,4/década	2,9°C; +2,2/década	28,1°C; +20,0/década	9,4 días; +7,2/década
C.2) Grandes Llanuras				
Meseta Norte	73; +1,5/década	4,1°C; +3,9/década	35,8°C; +32,8/década	8,6 días; +8,3/década
Meseta Sur	97; +1,5/década	2,8°C; +2,5/década	28,2°C; +24,2/década	9,8 días; +8,8/década
C.3. Montaña	97; +1,4/década	3,2°C; +2,2/década	29,2°C; +19,6/década	9,3 días; +7,3/década

Tabla 1: CARACTERIZACIÓN Y EVOLUCIÓN DE LAS OLAS DE CALOR REGISTRADAS EN DISTINTOS OBSERVATORIOS ESPAÑOLES DE LA PENÍNSULA IBÉRICA (1968-2010)

más evidente en el interior, de 2-3°C/década, siendo muy escasa en el caso tan singular de Tarifa, 0,2°C/década. Mientras que la intensidad media acumulada vuelve a manifestar la mayor impronta del fenómeno en la zona interior frente a la costa, salvo en el caso de Barcelona, con una tendencia que reproduce de forma evidente la dualidad costa-interior, con un incremento de 1,5-12,5°C/década frente a 19,6-32,8°C/década, respectivamente.

De otro lado, la duración media de los episodios de ola de calor ha quedado comprendida entre los 7-10 días, salvo en Barcelona (13,9 días/episodio). La tendencia en todos los casos ha sido positiva, especialmente en el interior, con la única excepción de Zaragoza, situada en un valle septentrional en el interior de la península ibérica, donde la evolución del fenómeno ha resultado más moderada.

3.1. La ola de calor de 2003 en España

El verano de 2003 se caracterizó por su carácter extremo en Europa (ver Schär et al. 2004; Kovats et al., 2004; Levinson and Waple 2004; Campbell 2009; Schär et al. 2004; Luterbacher et al. 2004; D'Ippoliti et al. 2010) y en España (ver Díaz et al. 2006; Martínez et al. 2004). De hecho, el episodio de ola de calor más importante del 2003 ha resultado ser uno de los más significativos en el sector peninsular de España en la serie analizada, 1968-2010. Concretamente, en los observatorios costeros, salvo en el caso tan particular de Tarifa, la ola de calor más importante de 2003 ha sido la de mayor calado del periodo estudiado, mostrándose especialmente extraordinaria en San Sebastián y Barcelona. De acuerdo con los datos manejados, en San Sebastián la ola de calor más importante de 2003 con respecto a las anteriores marcó un hito en duración (18 días) y, consecuentemente, en intensidad acumulada, 93°C. En Barcelona también determinó récords en duración, 59 días, e intensidad acumulada, 250,2°C, para el periodo 1968-2010. En la figura 2 se contextualiza gráficamente los resultados. Para la lectura de la misma se ha de tener en cuenta: (1) Los tamaños de los círculos son proporcionales a la intensidad acumulada; (2) La ola de calor más importante del verano de 2003 aparece resaltada en color más oscuro.

De acuerdo con los resultados obtenidos, en líneas generales, durante el verano de 2003 España estuvo sumida en una ola de calor, con la salvedad de su costa (si exceptuamos el caso de Barcelona). En general, el periodo más intenso tuvo lugar durante la primera quincena de agosto. Si realizamos un análisis detallado, en la zona interior de la península ibérica es factible señalar que durante el verano de 2003 se registraron 5 olas de calor: (1) del 6 al 16 de junio; (2) del 17 al 28 de junio; (3) del 5 al 15 de julio; (4) del 17 de julio al 15 de agosto; y (5) del 17 al 28 de agosto.

En el mediterráneo, concretamente en el observatorio de Barcelona, se produjeron dos episodios: (1) del 9 de junio al 2 de julio y (2) del 4 de julio al 31 de agosto; mientras que en el de Almería los dos episodios registrados fueron mucho más cortos, y únicamente se presentaron en agosto: (1) del 1 al 13 de agosto y (2) del 19 al 24 de agosto. En la costa atlántico-cantábrica se puede hablar de una ola de calor, comprendida entre el 29 de julio y el 27 de agosto.

Por otro lado, estudios recientes han demostrado que las temperaturas estivales en Europa son muy sensibles al Cambio Climático, por ello, como ya se ha indicado, la frecuencia como la duración de las olas de calor se han incrementado en el periodo reciente. Al respecto, para el caso concreto de España, de acuerdo con las proyecciones realizadas por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), las temperaturas medias se incrementarán, respecto al periodo de

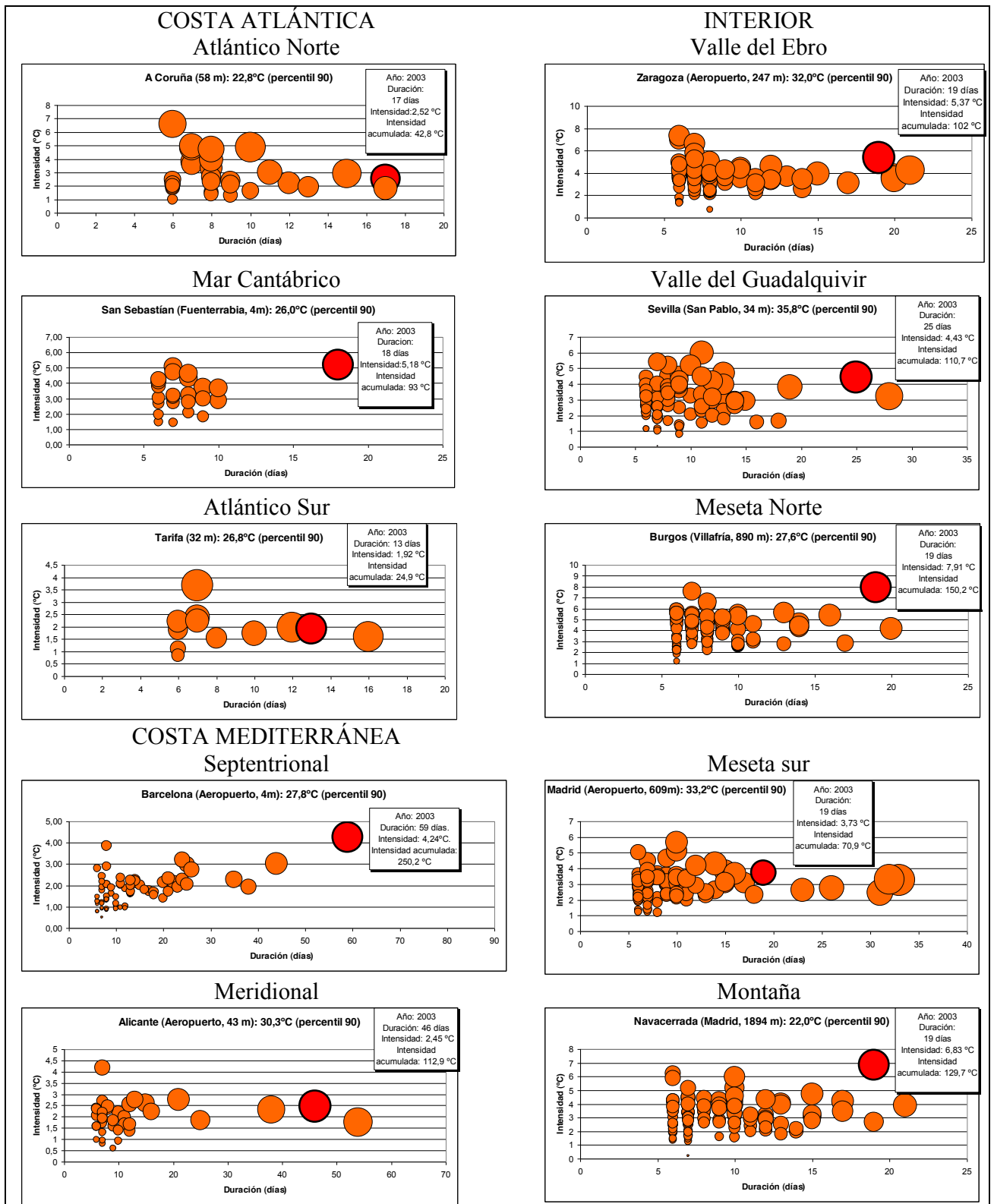


Figura 2: OLAS DE CALOR REGISTRADAS EN EL PERIODO DE ANÁLISIS (1968-2010).

*Los tamaños de los círculos son proporcionales a la intensidad acumulada. La ola de calor más importante del verano de 2003 aparece resaltada en color más oscuro.

referencia 1961-1990, alrededor de 1°C durante 2011-2040. Este calentamiento se acentuará durante 2041-2070, estimándose entonces unas temperaturas entre 1,9°C y 2,6°C más elevadas que durante el periodo de control (1961-1990). En verano se estima que este incremento sea más acusado. Así, para el periodo 2011-2040, el pronóstico prevé un incremento comprendido entre 1,3 y 1,8°C, que se situará en torno a 2,2-3,2°C para el 2041-2070.

En este contexto, las olas de calor también se pronostican que sean más intensas y más duraderas. En relación a este último aspecto, conviene tener en cuenta los datos obtenidos por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Para el periodo 2011-2040 la duración se incrementará entre 4,8-5,81 días, y entre 8,4-13,3 para el periodo 2041-2070. A este respecto, podemos decir que la duración de la ola de calor de 2003, en la mayor parte de los observatorios analizados (7 de 10), se ajusta a la duración media prevista para el periodo 2041-2070, para los escenarios B1 y E1. Efectivamente, en España en la mayor parte de los casos la duración del episodio más largo de 2003 quedó entre 5-10 días por encima del valor medio.

4. CONCLUSIONES

Las olas de calor constituyen un rasgo identitario de los climas regionales presentes en la España peninsular, especialmente en los ámbitos continentales (mesetas, relieves y valles interiores). Únicamente en zonas muy concretas, como el caso de Tarifa, el viento parece actuar como un factor limitante de las mismas.

Como se ha comprobado en otros trabajos (ver Frich et al., 2002; Schär et al., 2004; Nogaj et al., 2006; Della-Marta, 2007; Brönnimann, et al., 2008), la recurrencia y la intensidad de las olas de calor se ha ido incrementando durante los últimos años. En el caso español, según el periodo analizado, y los observatorios tomados en cuenta, se ha vislumbrado una mayor sensibilidad al fenómeno y al incremento de su agudeza en las zonas de interior que en las costeras.

En relación con el episodio de ola de calor más intenso de 2003, cabe subrayar que ha sido uno de los más importantes del periodo analizado (1968-2010) en España. Como ha demostrado Beniston (2004) y hemos podido comprobar para el caso del ámbito analizado, este evento puede servir como referencia para lo que pueda ocurrir de forma habitual en el futuro por el cambio climático.

Los resultados ponen de manifiesto la necesidad de aplicar indicadores de extremos térmicos para llevar a cabo un seguimiento de los mismos en España, con el objeto de implantar las medidas de adaptación y mitigación pertinentes, para reducir sus efectos en los ecosistemas, el ser humano y las actividades que éste desarrolla.

5. AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se llevó a cabo gracias al proyecto de investigación concedido por el Ministerio de Ciencia e Innovación con referencia CSO2011-23404.

6. REFERENCIAS

Basu, R. y Samet, J.M. (2002). "Relation between elevated ambient temperature and mortality: A review of the epidemiologic evidence". *Epidemiology Review*, 24, pp. 190-202.

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. Geophysical Research Climatological data and model simulations". *Geophysical Research Letters*, 31-2, doi: 10.1029/2003GL018857.

Brönnimann, S., Lutherbacher, J., Even, T., Diaz, H.F., Stolarski, R.S., Neu, U. (2008). *Climate variability and Extremes during the Past 100 years*. Springer.

Campbell S (2009). 2003 European heat wave. On-Line: <http://www.atmos.washington.edu/2009Q1/111/ATMS111%20Presentations/Folder%201/CampbellS.pdf>. Accessed 01 August 2011

Changnon, S.A. (2003). "Measures of economic impacts of weather extremes". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 84, pp. 1231-1235.

Della-Marta, P. M., Haylock, M. R., Luterbacher, J. and Wanner, H. (2007). Doubled length of western European summer heat waves since 1880, *Journal of Geophysical Research*, 112, D15103, doi:10.1029/2007jd008510.

Della-Marta, P.M., Haylock, M.R., Luterbacher, J. and Wanner, H. (2007). "Doubled length of western European heat waves since 1880". *Journal of Geophysical Research*, 112, D15103. doi:10.1029/2007JD008510.

Díaz J, García-Herrera R, Trigo RM, Linares C, Valente MA, De Miguel JM, Hernández E (2006). "The impact of summer 2003 heat wave in Iberia: how should we measure it?". *International Journal of Biometeorology*, 50, pp. 159-166.

D'Ippoliti D, Michelozzi P, Marino C., de'Donato F., Menne B, Katsouyanni K, Kirchmayer U, Analitis A, Medina-Ramón M, Paldy A, Atkinson R, Kovats S, Bisanti L, Schneider A, Lefranc A, Iñiguez C and A Perucci C (2010). "The impact of heat waves on mortality in 9 European cities: results from the EuroHEAT project". *Environmental Health*, 9:37, doi:10.1186/1476-069X-9-37

Folland, C. K., Miller, C., Bader, D., Crowe, M., Jones, P., Plummer, N., Richman, M., Parker, D.E., Rogers, J. & Scholefield, P. (1999). "Breakout group C: Temperature indices for climate extremes". *Climatic Change*, 4, pp. 31-43.

Founda, D. and Giannakopoulos, C. (2009). "The exceptionally hot summer of 2007 in Athens, Greece-A typical summer in the future climate?". *Global and Planetary Change*, 67, pp. 227-236.

Frich P, Alexander LV, Della-Marta P, Gleason B, Haylock M, Tank AMG and Peterson T. (2002). "Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century". *Climate Research*, 19, pp. 193-212.

Furrer, E.M., Katz, R.W., Walter, M.D., Furrer, R. (2010). "Statistical modeling of hot spells and heat waves". *Climate Research*, 43, pp. 191-205.

Glossary of Meteorology de la American Meteorological Society. On-Line: <http://amsglossary.allenpress.com/glossary/search?id=summer1>. Accessed 01 August 2011

Good, P., Moriondo, M., Giannakopoulos, C., Bindi, M. (2008). "The meteorological conditions associated with extreme fire risk in Italy and Greece: relevance to climate models studies". *International Journal of Windland Fire*, 17, pp. 1-11.

Huth, R., Kyselý, J. y Pokorná, L. (2000). "A GCM simulation of the heats waves, dry spells, and their relationships to circulation". *Climatic Change*, 46, pp. 29-60.

IPCC (2007). *Climate Change 2007: impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.

IPCC (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge and New York.

Kalkstein L.S. y Valimont K.M. (1986). "An evaluation of summer discomfort in the United States using a relative climatological index". *Bulletin American Meteorological Society*, 67, pp. 842-848.

Koffi, B. y Koffi, E. (2008). "Heat waves across Europe by the end of the 21st century: multiregional climate simulations". *Climate Research*, 36, pp. 153-168.

Kovats, S., Wolf, T. y Menne, B. (2004). "Heatwave of August 2003 in Europe: provisional estimates of the impact on mortality". *Eurosurveill*, 8:11. On-Line: <http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=2409>

Levinson, D. H., and Waple, A. M. (2004). "State of the climate in 2003". *Bulletin American Meteorological Society*, 85, S1-S72.

Luterbacher, J., Dietrich, D., Xoplaki, E., Grosjean, M., and Wanner, H. (2004). "European seasonal and annual temperature variability, trends, and extremes since 1500". *Science*, 303, 1499-1503.

Martínez, F., Simón-Soria, F., López-Abente, G. (2004). "Valoración del impacto de la ola de calor del verano de 2003 sobre la mortalidad". *Gaceta Sanitaria*, 18, 250-258.

- Meehl, G.A. and Tebaldi, C. (2004). "More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st Century". *Science*, 305, pp. 994-997.
- Moriondo, M., Good, P., Durao, R., Bindi, M., Giannakopoulos, C., Corte-Real, J. (2006). "Potential impact of climate change on fire risk in the Mediterranean area". *Climate Research*, 31, pp. 85-95.
- Nogaj, M., Yion, P., Parey, S., Malek, F., Naveau, P. (2006). "Amplitude and frequency of temperature extremes over the North Atlantic region". *Geophysical Research Letters*, 33, L10801, doi:10.1029/2005GL02425.
- Nogaj, M., Yiou, P., Parey, S., Malek, F. and Naveau, P. (2006). "Amplitude and frequency of temperature extremes over the North Atlantic region". *Geophysical Research Letters*, 33, L10801. doi:10.1029/2005GL024251.
- Pongrácz R., Bartholy J. (2006). Tendency analysis of extreme climate indices with special emphasis on agricultural impacts. En: Lapin, M. y Matejka, F. (Eds.). *Bioclimatology and water in the land CD-ROM*. FMFI Comenius University, 19 p.
- Poumadere, M., Mays, C., Le Mers., S., Blong, R. (2005). "The 2003 heat wave in France: dangerous climate change here and now". *Risk Analysis*, 6, pp. 1483-1493.
- Schär, C., and G. Jendritzky, 2004. "Hot news from summer 2003". *Nature*, 432, pp. 559-560.
- Schär, C., Vidale, P., Lüthi, D., Frei, C., Haberli, C., Liniger, M.A., Appenzeller, C. (2004). "The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves". *Nature*, 427, pp. 332-336.
- Schär, C., Vidale, P.L., Lüthi, D., Frei, C., Häberli, C., Liniger, M., Appenzeller, C. (2004). "The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves". *Nature*, 427, pp. 332-336.
- Scorer, R.S., (1952). "Mountain-gap winds; a study of the surface wind in Gibraltar". *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 78, pp. 53-59.
- Tank, A.M.G.K. y Können, G.P. (2003). "Trends in Indices of Daily Temperature and Precipitation Extremes in Europe, 1946-1999". *Journal of Climate*, 16, pp. 3665-3680.
- UNEP (2004). *Impacts of summer 2003 Heat Wave in Europe*. UNEP, Geneva.
- WMO (1999). *Meeting of the Joint CCI/CLIVAR task group on climate indices*. World Climate Data and Monitoring Programme, WCDMP No. 37, WMO-TD No. 930, WMO, Bracknell
- Zhao, X. y Chu, P.S. (2010). "Bayesian Change-point Analysis for Extreme Events (Typhoons, Heavy Rainfall, and Heat Waves): An RJMCMC Approach". *Journal of Climate*, 23, pp. 1034-1046.

