

OLAS DE CALOR Y DE FRÍO EN ESPAÑA

José M. CUADRAT PRATS, Roberto SERRANO NOTIVOLI,
Ernesto TEJEDOR VARGAS

IUCA y Depto. Universidad de Zaragoza

jmquadrat@unizar.es, rsvotivoli@gmail.com, etejedor@unizar.es

RESUMEN

El presente trabajo describe los extremos de temperatura registrados en España desde el año 1900 y analiza los principales episodios climáticos de calor y frío. Se detallan, asimismo, los patrones sinópticos que originan estas oleadas cálidas y frías, con sus consecuencias más directas. Finalmente, se realiza el estudio de su tendencia a partir de la frecuencia anual de días de calor extremo y días de frío extremo, definidas respectivamente por el percentil 95% de la distribución de las temperaturas máximas diarias, y el percentil 5% de la serie de temperaturas mínimas diarias de cuatro observatorios representativos del comportamiento térmico de la península Ibérica.

Palabras clave: Extremos de temperatura, olas de calor, olas de frío, tendencias en España

1. INTRODUCCIÓN

Las olas de calor y de frío son episodios meteorológicos que con frecuencia diversa provocan una esporádica alteración del ritmo térmico normal, con efectos muy negativos en la sociedad, la agricultura, la economía y el medio natural. En España es bien conocido que el umbral de los 40° C se rebasa casi todos los veranos en muchos observatorios del sur peninsular, donde algunas jornadas llegan a ser excepcionalmente calurosas. Así, la localidad de Écija, popularmente la "sartén de Andalucía", ha registrado en diversos momentos los 47° C; Sevilla, Córdoba y Jaén han alcanzado los 46° C; y es probable que se haya llegado a los 50° C en algún lugar de la cuenca del Guadalquivir. El calor sofocante de estos 40° C no es exclusivo de las tierras andaluzas, y aunque su presencia sea menor, no es raro que se consigan y rebasen en Extremadura, Murcia y amplias zonas de la Meseta o el Valle del Ebro. Incluso la temperatura máxima absoluta de Bilbao o Santander ha superado este valor bajo situaciones atmosféricas del sur.

De igual modo, las olas de frío son otra constante del clima español. La visión turística desde Europa central o septentrional difiere sensiblemente de la realidad, y los inviernos suaves solo son ciertos en el litoral peninsular o los archipiélagos; por el contrario, la continentalidad y la altitud de las tierras interiores favorecen la existencia de registros francamente rigurosos. En la Meseta norte algunos observatorios han padecido temperaturas inferiores a los -20° C, y aún más: -22° C

en Burgos; $-20,4^{\circ}$ C en Ávila. Pero toda la Península es susceptible de padecer días intensamente fríos, como prueban los -24° C registrados en Albacete; -21° C en Vitoria; o $-28,2^{\circ}$ C en Molina de Aragón (Guadalajara); -30° C en Calamocha (Teruel). Y probablemente, en las más altas cimas del Pirineo hayan rozado alguna vez los -40° C. Por fortuna no son valores habituales, pero no tienen nada tampoco de extraordinarios.

Estos eventos extremos son causantes de cuantiosas pérdidas materiales y sobre todo tienen un impacto inmediato en los seres humanos. Estudios recientes en Estados Unidos han indicado que la mortalidad asociada a episodios de altas o bajas temperaturas puede llegar a ser mayor que la provocada por inundaciones, tornados o huracanes (Kunkel et al, 1999). Por citar un ejemplo, la ola de calor que azotó Europa en verano de 2003 causó, solo en Francia, más de 14.000 muertos, según l'Institut National de la Santé (INSERM, 2003). En España la situación fue menos alarmante, pero estas altas temperaturas son una de las causas principales de fallecimientos relacionados con fenómenos meteorológicos adversos, como han subrayado, entre otros, Linares y Díaz (2008) y García Herrera et al (2005). En el caso de las olas de frío las consecuencias pueden ser todavía más graves, aunque no es fácil establecer la relación causa-efecto debido a la acción retardada y prolongada en el tiempo del impacto del frío (Díaz et al, 2005).

En el contexto del actual calentamiento global se ha incrementado el esfuerzo científico por conocer las características y evolución de los extremos climáticos. A escala europea, Cony et al (2008 y 2010) analizaron 7 estaciones de temperatura españolas entre las 135 utilizadas, y observaron un descenso de los días de frío extremo desde el año 1955 y un aumento en el número de días y noches cálidas. Los resultados coinciden en buena medida con los estudios precedentes de Klein-Tank et al (2002) en el marco del proyecto ECA&D, y con los trabajos de Moberg et al (2006) dentro del proyecto EMULATE. Idénticos resultados han obtenido para la península Ibérica Miró et al (2006), Brunet et al (2007), Rodríguez Puebla et al (2008), y más recientemente Sigró et al (2012), a partir de series temporales y observatorios distintos. En todos ellos, la tendencia ascendente es clara en el caso de las olas de calor, pero el descenso de las olas de frío es menos evidente y parece observarse un repunte de las mismas en los últimos años, según señalan Yagüe et al (2006).

En el presente trabajo se hace una exposición de los extremos absolutos de temperatura en España desde el año 1900, se describen los principales oleadas de frío y calor y se valoran las tendencias seguidas por estos eventos a partir del examen de la frecuencia anual de días de frío y de calor extremo. Para ello, en primer lugar se abordan estos episodios atmosféricos, sus características y condiciones sinópticas; se analiza a continuación su evolución y tendencia; y se presentan unas conclusiones finales.

2. DATOS Y METODOLOGÍA

La información climática empleada ha sido los registros de temperatura máxima y mínima diaria de las capitales provinciales españolas disponible en la Base de Datos Climatológicos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) a partir del año 1900,

momento en el que comenzaron a normalizarse las observaciones. Con anterioridad a esta fecha distintas estaciones meteorológicas realizaron también mediciones, pero no siempre son fiables porque no se sabe con exactitud si las observaciones se efectuaban en condiciones adecuadas; por esta razón, se decidió prescindir de ellas. Siguiendo este mismo criterio, también se han rechazado los datos de algunas estaciones cuya información parecía muy dudosa. El resultado es una base de datos muy amplia y representativa del conjunto del territorio español. Sin embargo, la longitud de las series no es homogénea: por ejemplo, la serie de Zaragoza empieza en 1900, mientras la de San Sebastián se ha trabajado desde 1930; por este motivo, un episodio récord de calor o frío puede no estar registrado en todos los observatorios.

Por lo que respecta al concepto de ola de calor y ola de frío, con sus extremos térmicos, no hay un criterio uniforme para su definición y varía según autores y estudios. Con mayor frecuencia se apoya en la consideración de periodos térmicos superiores o inferiores a un determinado umbral (Prieto et al, 2004; [Díaz et al, 2005](#); [Cony et al, 2008](#) y [2010](#)), y este ha sido también el criterio que hemos seguido. Se considera un Día de Calor Extremo (DCE) aquel en el que la temperatura máxima supera el percentil 95% de la serie de temperaturas máximas diarias de los meses de junio, julio y agosto; y Día de Frío Extremo (DFE) el definido por el percentil 5% de la serie de temperaturas mínimas diarias de cada observatorio de los meses de diciembre, enero y febrero; valores que tienen un impacto intenso sobre la salud y sobre el medio, y pueden tomarse como indicadores de la tendencia del clima. Para este análisis se han utilizado los registros de temperatura máxima y mínima diaria, limitados al periodo 1950-2010 por la mayor continuidad de las medidas; y se han seleccionado cuatro observatorios que permiten una representación razonable del comportamiento térmico de la península Ibérica: Santander, Madrid, Sevilla y Barcelona. Los datos se han sometido a un control de calidad y homogeneización aplicando el Standard Normal Homogeneity Test (Alexandersson y Moberg, 1997; Toretí et al, 2011) y el análisis se desarrolló con el apoyo del software ProClim DB (www.climahom.eu/software-solution/proclimdb).

3. OLAS DE CALOR

Las olas de calor son fenómenos de repentino e intenso incremento de las temperaturas provocado por la invasión de una masa de aire cálido que afecta a superficies más o menos extensas durante varios días. En la península Ibérica tienen su origen en la llegada de aire tropical, cálido y seco, procedente del desierto del Sahara, razón por la cual es frecuente la expresión "invasión sahariana" para aludir a las jornadas de calor agobiante que afectan al sur de Europa. Como señalan Ayala y Olcina (2002), a quienes seguimos en este apartado, su duración es breve, puesto que no suelen exceder los 3-5 días, afectan a un territorio amplio y las altas temperaturas se acompañan de un descenso brusco de la humedad relativa.

OBSERVATORIO	T°C mín	Fecha	T°C máx	Fecha
Albacete (Los Llanos)	-24,0	03/01/1971	45,5	31/08/1903
Alicante (Ciudad Jardín)	-4,6	12/02/1956	41,4	04/07/1994
Almería Aeropuerto	0,1	27/01/2005	41,2	30/07/1981
Ávila	-20,4	17/01/1945	37,6	24/07/1995
Badajoz Aeropuerto	-7,2	28/01/2005	44,8	01/08/2003
Barcelona (Fabra)	-10,0	11/02/1956	39,8	07/07/1982
Bilbao Aeropuerto	-8,6	03/02/1963	42,0	26/07/1947
Burgos	-22,0	03/01/1971	41,8	13/08/1987
Cádiz	-1,0	11/02/1956	43,0	19/08/1982
Castellón de la Plana	-7,3	11/02/1956	40,6	23/07/2009
Ceuta (Monte Hacho)	-0,4	05/01/1941	40,2	30/07/2009
Ciudad Real	-13,8	03/01/1971	44,2	23/07/1945
Córdoba Aeropuerto	-8,2	28/01/2005	46,6	23/07/1995
Cuenca	-17,8	03/01/1971	39,7	10/08/2012
Gerona Aeropuerto	-13,0	09/01/1985	41,2	13/08/2003
Gran Canaria Aeropuerto	6,5	27/03/1954	44,2	13/07/1952
Granada Aeropuerto	-14,2	16/01/1987	42,6	22/07/1995
Guadalajara (El Serranillo)	-12,5	28/01/2009	43,5	10/08/2012
Huelva	-3,2	28/01/2005	43,8	25/07/2004
Huesca (Monflorite)	-13,2	12/02/1956	42,6	07/07/1982
Jaén	-8,0	11/02/1956	46,0	08/07/1939
León Aeropuerto	-17,4	13/01/1945	38,2	13/08/1987
Lleida	-16,0	31/01/1947	42,8	07/07/1982
Logroño	-16,0	30/12/1917	42,8	07/07/1982
Madrid Aeropuerto	-15,2	16/01/1945	42,2	24/07/1995
Málaga Aeropuerto	-3,8	04/02/1954	44,2	18/07/1978
Melilla	0,4	27/01/2005	41,8	06/07/1994
Murcia (Base Aérea)	-6,0	21/12/1941	46,1	04/07/1994
Ourense (Diputación)	-8,6	25/12/2001	42,6	20/07/1990
Oviedo (La Cadellada)	-10,0	17/01/1946	42,0	17/08/1943
Palencia	-14,8	04/01/1971	40,0	19/07/1990
Palma de Mallorca	-10,0	12/02/1956	41,4	25/07/2001
Pamplona Aeropuerto	-16,2	12/01/1985	41,4	10/08/2012
Pontevedra	-6,5	26/01/1919	40,0	14/06/1981
Salamanca Aeropuerto	-20,0	05/02/1963	41,0	10/08/2012
San Sebastián	-12,1	03/02/1956	38,6	04/08/2003
Santa Cruz de Tenerife	8,1	22/02/1926	42,6	12/07/1952
Santander	-5,4	21/01/1957	40,2	17/08/1943
Santiago de Compostela	-9,0	22/02/1948	39,4	20/07/1990
Segovia	-17,0	06/01/1938	38,6	24/07/1995
Sevilla	-5,5	12/02/1956	46,6	23/07/1995
Soria	-15,0	17/12/1963	38,0	28/07/1951
Teruel	-22,0	17/01/1945	40,2	10/08/2012
Toledo	-14,4	18/01/1945	43,2	10/08/2012
Valencia	-7,2	11/02/1956	43,0	27/08/2010
Valladolid	-18,8	03/01/1971	40,2	19/07/1995
Vitoria Aeródromo	-21,0	25/12/1962	39,8	26/07/1947
Zamora	-13,4	16/01/1945	41,0	24/07/1995
Zaragoza	-11,4	05/02/1963	43,1	22/07/2009

Tabla 1. TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS ABSOLUTAS REGISTRADAS EN LAS
CAPITALES ESPAÑOLAS DESDE 1900 (DATOS: AEMET)

Advecciones intensas de aire norteafricano pueden presentarse en cualquier momento del año, pero los meses de mayor riesgo son julio y agosto. Tampoco son desconocidas en junio y septiembre, sin embargo en ambos casos sus efectos no son los mismos pues la superficie del Sahara y la masa de aire en contacto con ella están menos calientes y las temperaturas sufren un ascenso menor. Cuando aparecen en pleno verano, las temperaturas máximas diarias sobrepasan generalmente los 35° C y alcanzan registros mucho más altos; al mismo tiempo, las temperaturas mínimas nocturnas descienden con dificultad por debajo de 20° C (el considerado "umbral del sueño", o lo que se denomina también "noches tropicales"), lo que contribuye a incrementar el ambiente sofocante. Durante estas jornadas, desde media mañana el calor es fuerte; a partir de mediodía, bochornoso; por la noche tarda en refrescar; y sólo en la madrugada las temperaturas son agradables.

Cuando dominan estas situaciones de entrada de aire tropical continental, el calor se deja sentir con fuerza en el interior peninsular, pero en particular en el valle del Guadalquivir, donde en diferentes ocasiones se han sobrepasado los 45° C, como muestran los 47,1° C registrados en Montoro (Córdoba) el 1 de agosto de 2003, o los 47,0° C medidos en Beas de Segura (Jaén), el 15 de julio de 1978, al igual que Hornachuelos (Córdoba) durante la invasión cálida de julio de 1995. Valores semejantes, pero de frecuencia menor, pueden observarse también en Extremadura, Castilla-La Mancha o Murcia, y a veces en tierras levantinas, interior de la cuenca del Ebro o algunos lugares de Galicia. Ejemplos no faltan: 47,0° C se han registrado en Bohonal de Ibor, Cáceres (24 julio de 1995); 47,0° C en Vianos, Albacete (16 julio de 1978); 46,0° C en Xátiva, en Valencia (27 julio de 2003); 45,0° C en Puigverd, Lleida (6 julio de 1982).

Aunque la situación atmosférica más general de ola de calor la origina el aire sahariano, en tierras levantinas y del sureste de España las llamadas "ponentadas" o vientos de poniente muy recalentados, afectados por un proceso foëhn, llegan a provocar durante unas horas o una jornada súbitos récords de temperatura máxima en la costa levantina. Y lo mismo ocurre en la costa vasca con vientos de componente sur y en la costa pontevedresa con advecciones de aire del este. En el caso de las Islas Canarias las situaciones de fuerte calor se conocen con el nombre popular de "tiempo sur" (por su antagonismo a los vientos dominantes del NE), cuyo origen en realidad es la llegada de vientos del este o sureste que favorecen la invasión de aire sahariano al archipiélago, alterando la habitual suavidad canaria del régimen de los alisios. Esta situación causa un ascenso generalizado de la temperatura, superior en ocasiones a 40° C, un aumento de las horas de sol en los sectores habitualmente cubiertos por el mar de nubes y la reducción de la visibilidad por el polvo sahariano en suspensión en la atmósfera. Son jornadas sofocantes, con sensación de agobio por la espesa calima, cuya duración media en verano ronda los cinco días.

En función de su intensidad y permanencia, los efectos de estos extremos de calor pueden ser catastróficos. Algunas producciones agrarias, como los frutales o el viñedo, que no soportan las altas temperaturas y la deshidratación prolongada, padecen mermas considerables. Los cultivos no llegan a extraer del suelo el agua que necesitan para restituir las pérdidas por evapotranspiración, y los frutos por su

alto contenido en agua resultan literalmente quemados; y si están en periodo de floración, el trauma fisiológico que soportan impide la adecuada polinización y fructificación. Al igual que los cultivos, la ganadería estabulada o la silvicultura llegan a sufrir pérdidas irreparables. El bosque se debilita y es más vulnerable a las enfermedades y ataques de insectos. La falta de agua favorece igualmente los incendios forestales, que llegan a ser particularmente violentos, con graves consecuencias también para los ecosistemas. El daño económico que se deriva del fenómeno puede ser muy elevado. A modo de ejemplo, en la ola de calor de 2003, según la Confederación de Cooperativas Agrarias de la Unión Europea, COPA-COGECA, los daños a la agricultura y a los bosques en España ascendieron ese año a 810 millones de euros.

En el organismo humano los efectos de la canícula son variados y de diversa naturaleza; los más importantes son las hipertermias y deshidrataciones, que pueden provocar la muerte si no se tratan a tiempo. Es cierto que la relación clima-mortalidad varía en función de la localización geográfica (existe una temperatura máxima diaria a partir de la cual se observa un incremento acusado de la mortalidad: para el caso de Madrid, por ejemplo, la temperatura umbral es de 36,5° C; 41° C para Sevilla) y el impacto está a la vez condicionado por factores demográficos y socioculturales que pueden ampliar o minimizar sus secuelas; pero es evidente el daño de las elevadas temperaturas en la salud, sobre todo en las regiones templadas, donde el organismo debe forzar su capacidad termorreguladora. En el caso de la catastrófica ola de calor que afectó a Europa el verano de 2003, las consecuencias fueron fatales, especialmente para la población de más edad. En España ocasionó 5.440 fallecimientos (García Palomares y Alberdi, 2005); en Madrid hubo 1.273 muertos más que en 2002; en Barcelona aumentaron un 60% los fallecimientos entre el 1 de julio y el 15 de agosto, y en Sevilla el 100% entre el 8 y el 18 de agosto en comparación al año anterior ([Trejo et al, 2005](#)).

3.1. Olas de calor extraordinarias

Desde que se efectúan observaciones sistemáticas, España ha registrado buen número de olas de calor, algunas de ellas de intensidad e impacto excepcionales. En el siglo XIX hay anotaciones de temperaturas muy altas cuya fiabilidad es dudosa; a partir de 1900, con datos más normalizados y progresivo incremento de observatorios, se tiene constancia de episodios cálidos notables los años 1933, 1935, 1943, 1947, 1957, 1982, 1995, 2003, 2009 y 2012. De varios de ellos, repasamos sus características.

3.1.a. Episodio cálido de 1982

En julio y agosto de este año la llegada de aire cálido africano dio lugar a fuertes ascensos térmicos, con varios momentos de calor agobiante que fueron especialmente intensos en el norte peninsular. Durante los días 6, 7, 8 y 9 de julio en la depresión del Ebro, meseta septentrional y área mediterránea se batieron records de temperatura máxima y se superaron los 40° C en buen número de observatorios: 42° C en Logroño; 41° C en Zaragoza; 39,8° C en Barcelona. El calor sofocante, con valores récord de temperatura máxima, muchos de ellos aún vigentes, fue la nota destacable del verano.

3.1.b. Episodio cálido de 1995

La ola de calor se concentró entre los días 18 al 25 de julio y afectó a buena parte de la Península y las Islas Canarias. En el interior de Andalucía, sur de Castilla-La Mancha y Extremadura se alcanzaron los 45° C en muchos observatorios (46,6° C en Sevilla; 44,6° C en Badajoz; 42,2° C en Madrid). En la costa mediterránea no se llegó a estos valores, pero el ambiente también fue abrasador por la situación de bochorno y las temperaturas mínimas superiores a 20° C.

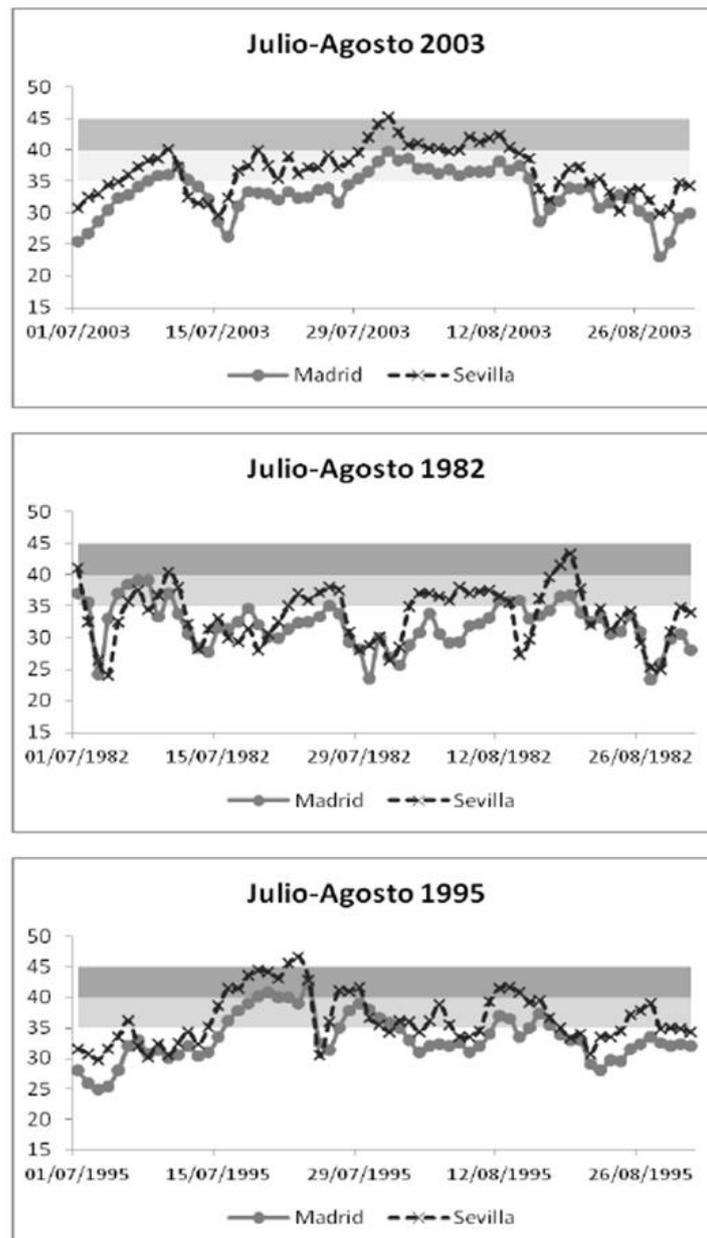


Figura 1. TEMPERATURA MÁXIMA DIARIA DURANTE TRES OLEADAS CÁLIDAS EN MADRID Y SEVILLA

3.1.c. Episodio cálido de 2003

La ola de calor del verano de 2003 fue en muchas regiones una de los más cálidas y secas desde que se tienen registros climáticos. Afectó ampliamente a España y buena parte de Europa, donde por su impacto negativo ha sido considerada una de las diez catástrofes naturales más graves de los últimos cien años. El calor fue excepcional no sólo por sus temperaturas superiores a lo normal, tanto máximas como mínimas, sino también por su persistencia, prácticamente sin solución de continuidad desde primeros de junio hasta finales de agosto.

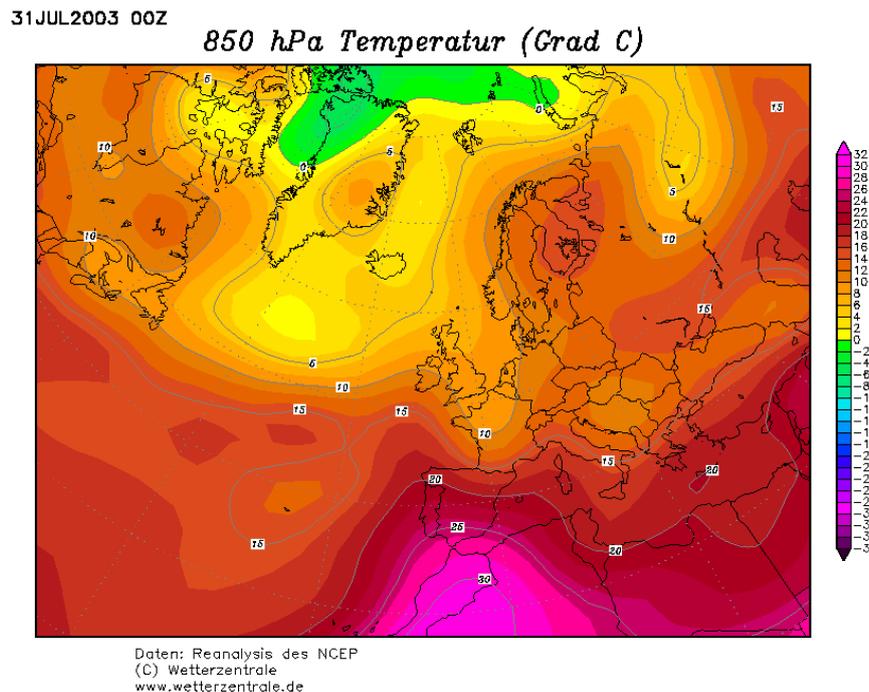


Figura 2. TEMPERATURA (°C) EN EL NIVEL DE 850 HPA DEL DÍA 31 DE JULIO DE 2003. NCEP/NCAR REANÁLISIS

Casi desde mayo, una potente dorsal del anticiclón de las Azores se desplazó hacia el norte y una masa de aire cálido y seco, tanto en superficie como en altura, ocupó gran parte de Europa y el Mediterráneo. La situación anticiclónica persistente hizo que las temperaturas máximas diurnas alcanzaran récords sin precedentes en las series históricas europeas (43° C registró Lisboa; 39,3° C París; 37,2° C Viena), las mínimas nocturnas llegaron a valores insospechados (27,6° C en Weinbiet, Alemania), las condiciones de sequedad fomentaron los incendios forestales y en los centros hospitalarios se dispararon los ingresos de población enferma.

En España el periodo de calor más intenso se dio entre el 27 de julio y el 14 de agosto, durante el cual la temperatura media de las máximas se mantuvo entre 35 y 36° C. En Montoro (Córdoba) se midieron 47,1° C y valores por encima de 45° C se alcanzaron en gran número de localidades. Las consecuencias son conocidas: supuso la caída de la producción agrícola más importante desde que el Ministerio tiene

estadísticas fiables y, sobre todo, afectó a la salud de las personas incrementado notablemente la mortalidad.

4. OLAS DE FRÍO

En definición de la Organización Meteorológica Mundial, la ola de frío es un fuerte enfriamiento del aire (helada de irradiación) o una invasión de aire muy frío (helada de advección), con frecuencia acompañada de nevadas abundantes, que se extiende sobre un amplio territorio.

Acompañando a las bajas temperaturas de invierno, muchos años, principalmente de diciembre a febrero, varias oleadas de aire frío procedentes de las regiones árticas y polares alcanzan con mayor o menor extensión la península Ibérica y hacen descender el termómetro muy por debajo de 0° C. Estas invasiones, de honda trascendencia para la vida y las actividades económicas, están asociadas a los grandes anticiclones fríos y secos del norte de Europa y a la presencia de bajas presiones en el Mediterráneo occidental que voltean masas de aire heladas, de naturaleza y propiedades distintas según la posición relativa de estos anticiclones.

El frío riguroso que provocan tales situaciones afecta con similares características a casi toda la Península y Baleares, pero son sobre todo las continentales tierras interiores y las áreas de montaña las más susceptibles de padecer días intensamente gélidos. En la meseta norte, donde la altitud juega asimismo un papel importante, muchos observatorios han registrado temperaturas de -15° C y hasta de más de -20° C, como indican los -22° C de Burgos o los -20,4° C de Ávila. Pero la crudeza de estas cifras no es muy diferente de la que podemos encontrar en la meseta sur (Albacete -24° C), en las hoyas intrabéticas (Granada -14,2° C), en la cuenca del Ebro (Vitoria -21° C) o en el entorno del alto río Jiloca y cabecera del Tajo, calificado como el "polo del frío de España", en donde la localidad de Calamocha registró -30° C el año 1963, considerado el record de nuestro país, si exceptuamos los -32° C del lago Estany Gento, a 2140 m, en el Pirineo central.

Tras la invasión de una masa de aire muy fría, las bajas temperaturas pueden permanecer durante varias jornadas cuando se instalan en la Península anticiclones invernales, que crean condiciones de fuertes heladas de irradiación nocturna y nieblas intensas y persistentes. Con estas condiciones las temperaturas mantienen valores muy negativos durante varios días, la insolación es muy débil y las máximas diarias apenas superan los 0° C. Así, las olas de frío no son sólo rigurosas por sus efectos, sino también por su duración; y esta última quizá sea la causa de que la crudeza del frío adquiera su valor máximo.

Las olas de frío tienen honda repercusión negativa en amplios sectores, superior al impacto que generan las olas de calor: problemas en las infraestructuras, mayor contaminación urbana, fuerte consumo de energía, desarrollo de patologías específicas, pérdidas en el sector agrario, son algunas de las consecuencias. En la agricultura, los daños varían en función de la época del año y los cultivos practicados. En las regiones de cultivos termófilos, como son las tierras levantinas y el sur español, la invasión de estas masas de aire tan frías adquiere carácter

desastroso. Los frutales se hielan en grandes extensiones; los cultivos hortícolas fuera de estación, se pierden; e incluso árboles más resistentes, como el almendro y el olivo, sufren daños graves. Aparte de no dar fruto aquel año, las fuertes heladas provocan la muerte del árbol o severas heridas que tardan en cicatrizar. La conmoción es general y las pérdidas económicas notables.

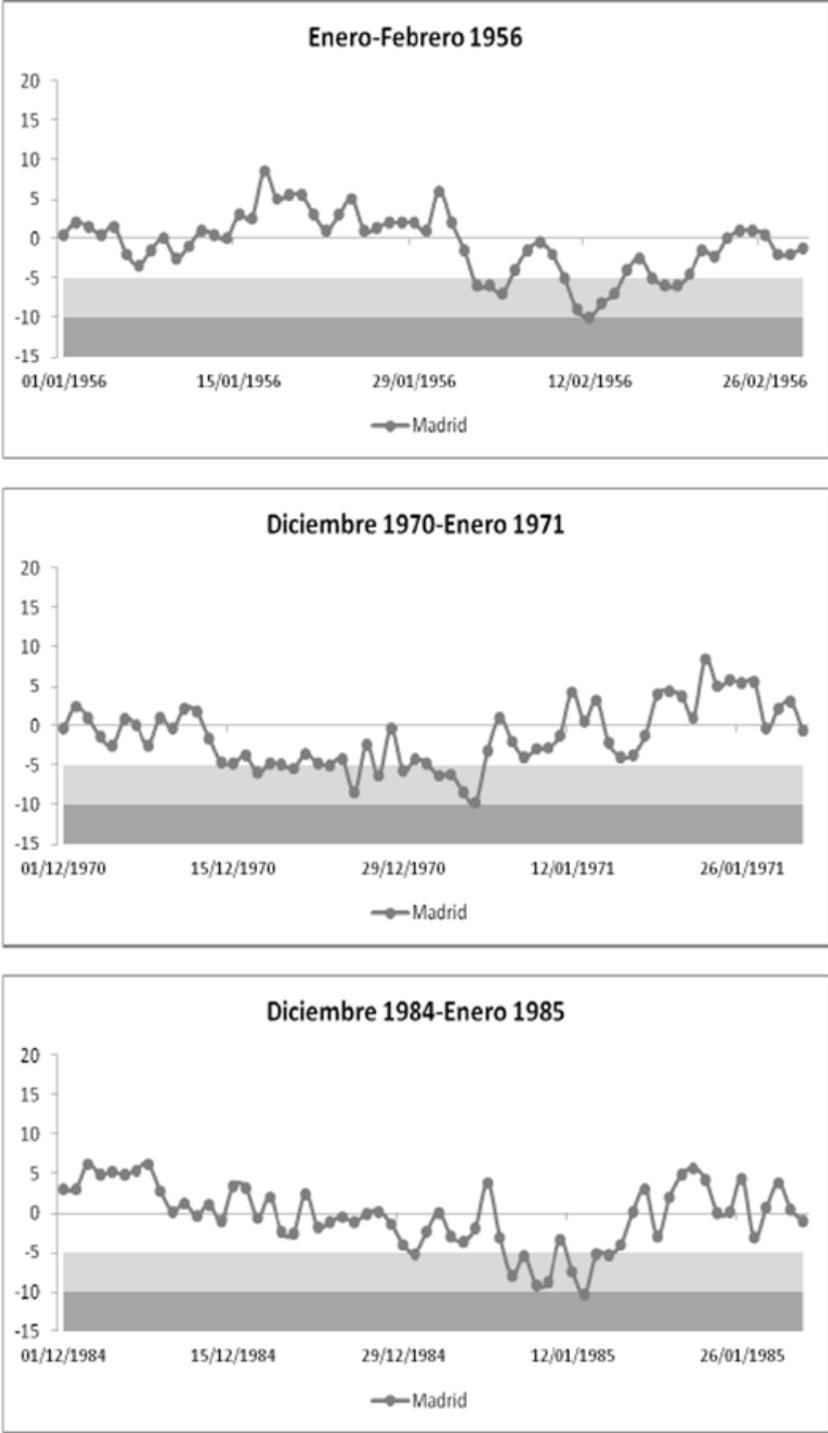


Figura 3. TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA DURANTE TRES OLEADAS FRÍAS EN MADRID

Sobre la salud los efectos del frío son más severos que los provocados por el exceso de calor, pero menos inmediatos. El impacto de las bajas temperaturas sobre el organismo humano es menos intenso y más a largo plazo, por lo que resulta más complicado establecer la relación causa-efecto. De forma análoga al umbral de calor, existe una temperatura máxima diaria por debajo de la cual se dispara la mortalidad que, según Díaz et al (2005), oscila entre los 2,7° C de Ávila a los 15° C de Alicante.

4.1. Olas de frío extraordinarias

De todas las invasiones frías, las más rigurosas y temibles son las de aire ártico y aire polar continental, sobre todo cuando se demoran en su acometida y se presentan a finales de invierno, hecho éste que no es frecuente pero si probable. Las advecciones frías de aire polar marítimo constituyen un hecho bastante normal y de consecuencias menos graves. Desde 1900 existe constancia de fríos notables los años 1901, 1914, 1917, 1926, 1937, 1945, 1956, 1963, 1971, 1985, 2001 y 2005; algunos de ellos muy rigurosos, como los que comentamos.

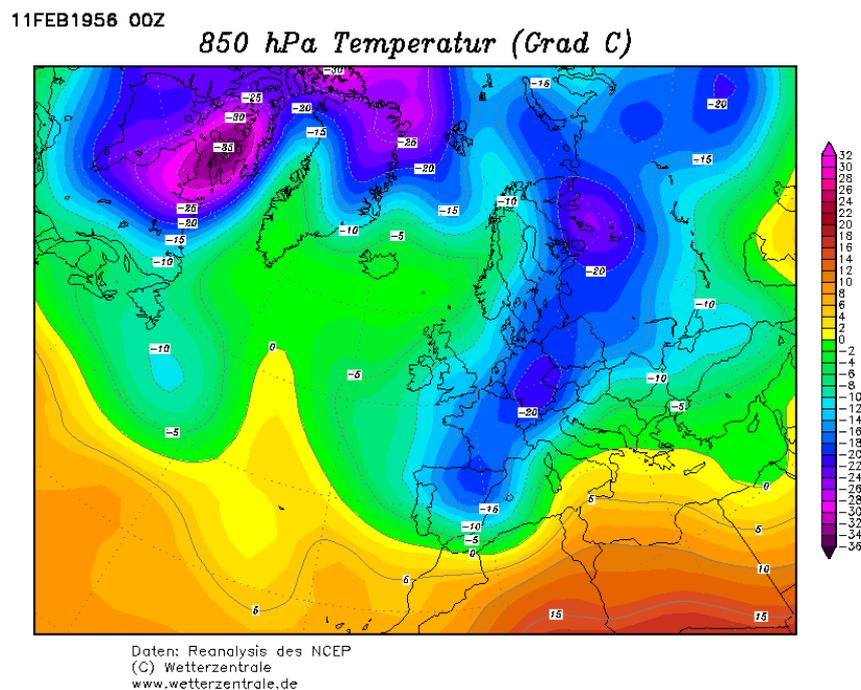


Figura 4. TEMPERATURA (°C) EN EL NIVEL DE 850 HPA DEL DÍA 11 DE FEBRERO DE 1956. NCEP/NCAR REANÁLISIS

4.1.a. Episodio frío de 1985

Tuvo lugar entre el 5 y el 16 de enero debido a la presencia de un anticiclón de bloqueo sobre las Islas Británicas y una baja presión en el Mediterráneo occidental que favorecían la llegada de vientos siberianos a la Península. En los días más crudos, las máximas de muchos observatorios del norte de España se mantuvieron

por debajo de 0° C y las mínimas fueron inferiores a -10° C en varias capitales provinciales: -16,2° C en Pamplona; -13° C en Soria; -16° C en Ávila.

4.1.b. Episodio frío de 1970-1971

El invierno de 1970-1971 fue muy largo y frío y las nevadas abundantes. Durante la segunda quincena del mes de diciembre de 1970 empezaron a batirse récords en muchos observatorios de España; las bajas temperaturas continuaron en enero de 1971 y regresaron en marzo, tras una tregua en febrero. El momento más frío se concentró en plenas navidades. Durante esos días las temperaturas máximas superaron con dificultad los 0° C y las mínimas sobrepasaron ampliamente los -15° C en el interior y norte peninsular: -24° C en Albacete; -18,8° C en Valladolid; -19° C en Viella (Lérida). En los días que duró la invasión de aire polar continental el frío adquirió un rigor jamás conocido; no en vano esta oleada fue considerada entonces por su intensidad como "el frío del siglo"; apreciación que sigue siendo muy válida hoy en día en muchas zonas de Castilla y León.

4.1.c. Episodio frío de 1965

Febrero del año 1965 fue un mes excepcional por las temperaturas mínimas que se registraron, las nevadas que llegaron a caer y la duración del intenso frío, sin precedentes desde que se miden temperaturas en los observatorios. A principios de mes un potente anticiclón situado en el norte de Escocia arrastró aire gélido de las regiones árticas hacia el sur de Europa; la masa de aire desbordó los Pirineos y entró bruscamente en la Península donde las temperaturas descendieron hasta límites insospechados: -12,1° C midió San Sebastián; -10° C Barcelona; -10° C Madrid; -7,2° C Valencia; -5,5° C Sevilla. Las únicas capitales en las que no llegó a helar, aparte del archipiélago canario, fueron Málaga (1° C) y Almería (1,2° C). La importancia de este episodio fue su persistencia y su reincidencia a lo largo de todo el mes, con nevadas consecutivas y fuertes heladas que dificultaron las comunicaciones y afectaron gravemente a los cultivos. En Cataluña pasaría a ser recordado como "l'any que el fred va matar les oliveres" (el año que el frío mató los olivos).

5. TENDENCIA DE LAS OLAS DE CALOR Y DE FRÍO

Las proyecciones sobre calentamiento global indican que en el sur de Europa las olas de calor serán cada vez más frecuentes y severas, mientras las olas de frío tenderán a descender. Esta es la tendencia que ha seguido el clima de Europa a lo largo del siglo XX (Cony et al, 2010), y la misma evolución parece observarse en España, con algunas características particulares. Para su análisis se han utilizado los datos de temperatura máxima y temperatura mínima diaria, desde el año 1950, de cuatro observatorios que permiten una representación razonable del comportamiento térmico de la península Ibérica: Santander, Madrid, Sevilla y Barcelona.

En el caso de las olas de calor, el criterio seguido para su definición ha sido establecer una temperatura umbral que permita identificar los días más calurosos, los denominados días de calor extremo (DCE). En este caso se ha definido como DCE aquel en el que la temperatura máxima supera el umbral del 95% de la distribución de las temperaturas máximas diarias para los meses de junio, julio y agosto de cada

observatorio. Los resultados obtenidos permiten destacar varios hechos: el primero de ellos es la alta variabilidad en la frecuencia anual de los días extremadamente calurosos, con valores que oscilan entre 40 y más DCE por año y práctica ausencia de ellos algunos años. Y el segundo es la tendencia al aumento en estos últimos años, siendo especialmente más numerosas las olas de calor en los noventa y en los años recientes. Este es un hecho en el que coinciden la mayoría de los estudios publicados y refuerza la idea del incremento de las temperaturas que está experimentando la región mediterránea. En cuanto a lo que podría ocurrir en el futuro, en reciente trabajo de Fischer y Schär (2010), las proyecciones climáticas para la península Ibérica estiman que los días de olas de calor se incrementarán de una media de dos en el periodo 1961-1990 a una media de trece días entre 2021 y 2050, y hasta 40 días si el escenario es 2071-2100; y añaden que los episodios de calor tendrán mayor duración.

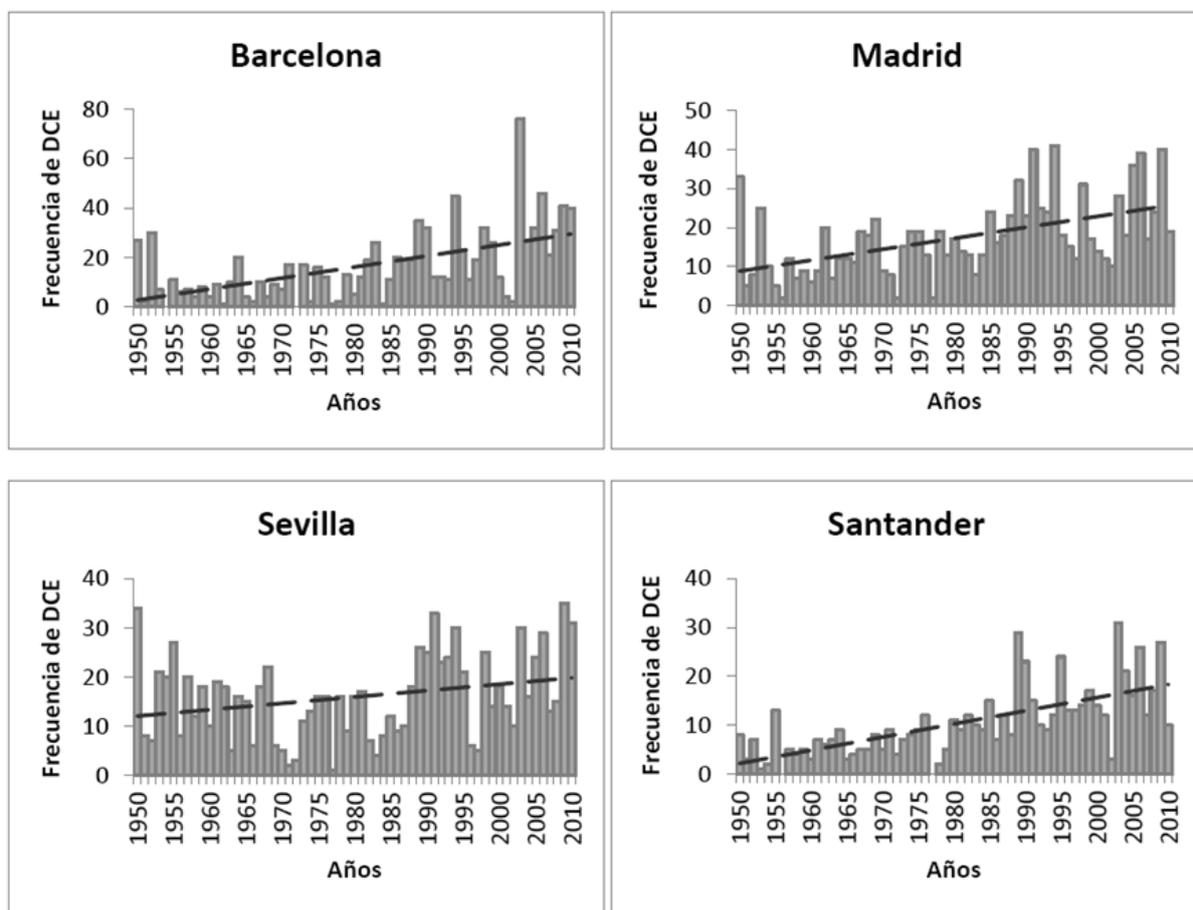


Figura 5. FRECUENCIA DE DÍAS DE CALOR EXTREMO (DCE) Y SU TENDENCIA DESDE 1950 EN CUATRO OBSERVATORIOS

En el caso de las olas de frío el criterio empleado ha sido también establecer una temperatura umbral que permita identificar los días más fríos, los denominados días de frío extremo (DFE). En este caso, DFE es el definido por el percentil 5% de la serie de temperaturas mínimas diarias de cada observatorio de los meses de diciembre, enero y febrero. Los resultados muestran asimismo acusada variabilidad en la frecuencia anual de los días muy fríos; sin embargo, la tendencia muestra

diferencias territoriales significativas: en Barcelona y Sevilla la tendencia es descendente, pero presenta sentido contrario en Madrid y Santander. Estas diferencias territoriales coinciden en buena medida con los trabajos de Sánchez et al (2004) y Cony et al (2008) para las regiones europeas. En ambos casos se concluye que las olas de frío disminuirán en el noreste peninsular, pero aumentarán en la meseta y norte de España. Respecto a la modelización del clima que realizan estos autores, indican un cierto descenso de las olas de frío pero con tendencias estadísticas muy poco significativas.

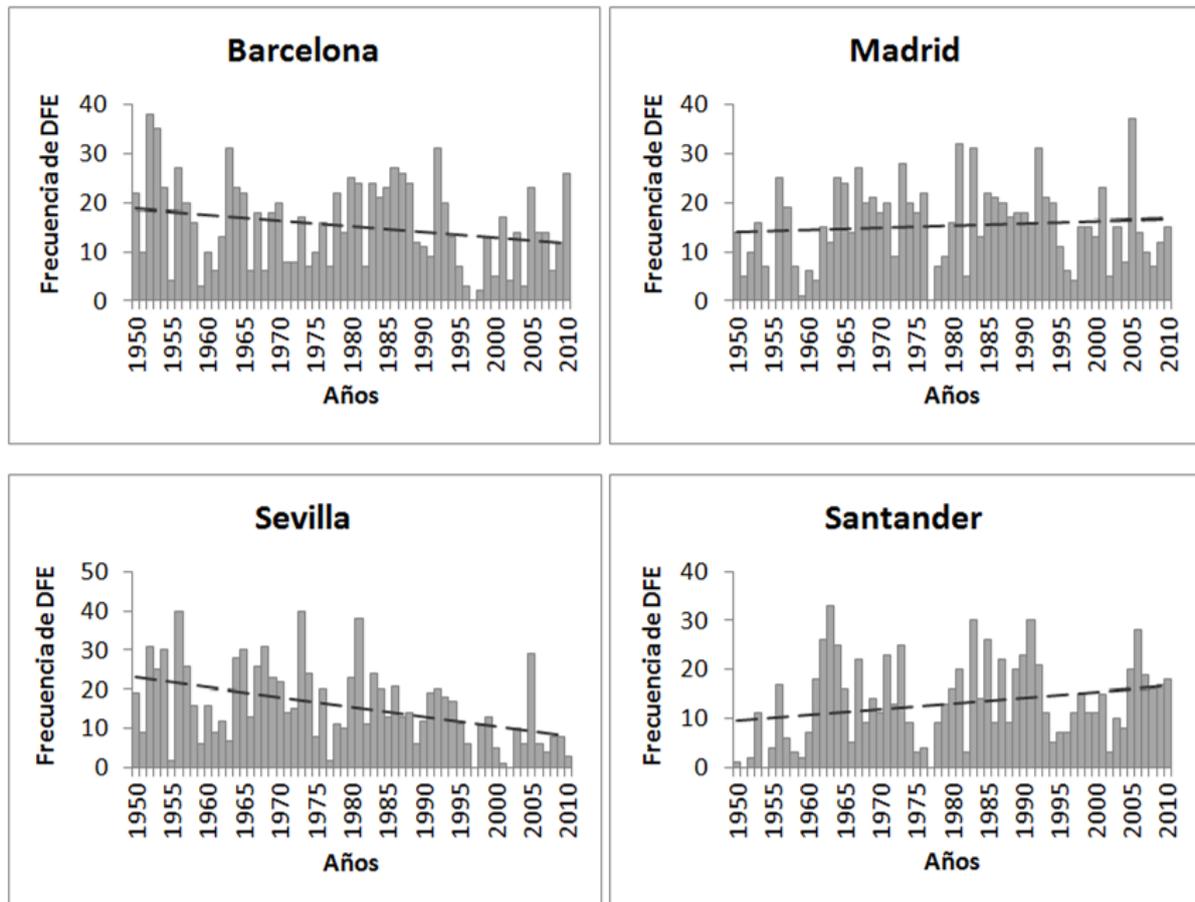


Figura 6. FRECUENCIA DE DÍAS DE FRÍO EXTREMO (DFE) Y SU TENDENCIA DESDE 1950 EN CUATRO OBSERVATORIOS

6. COMENTARIOS FINALES

En España las olas de calor y las olas de frío constituyen riesgos meteorológicos habituales y frecuentes, de consecuencias en ocasiones muy negativas. Todos los años existe la posibilidad de que durante varios días masas de aire cálidas procedentes del desierto del Sáhara, o perturbaciones frías llegadas de zonas polares provoquen episodios térmicos excepcionales de enorme repercusión para la salud, la

economía o el medio natural. En verano, el umbral de los 40° C se supera casi todos los años en el sur de la Península y en invierno el rigor del frío se deja sentir con temperaturas inferiores a -20° en tierras del centro y norte de España. En estos últimos años, además, existe un incremento generalizado de las olas de calor, y seguirán aumentando según predicen los modelos climáticos. Las olas de frío parecen descender, pero no muestran una tendencia tan significativa. En este contexto, y por los riesgos que comportan, sería necesario conocer con detalle su evolución y escenarios futuros para considerar los posibles efectos y reducir la incertidumbre que acompaña la presencia de estos extremos térmicos.

7. AGRADECIMIENTOS

Este estudio se ha realizado en el marco del proyecto de investigación CGL2011-28255, financiado por la CICYT y el FEDER; y el programa de Grupos de Investigación Consolidados "Grupo Clima, Agua y Cambio Global" del Gobierno de Aragón y Fondo Social Europeo.

8. REFERENCIAS

- Alexanderson, H., and Moberg, A. (1997). "Homogeneization of Swedish temperature data. Part 1: homogeneity test for linear trends". *International Journal of Climatology*, 17, pp. 25-34.
- Ayala, F. y Olcina, J. (2002). *Riesgos naturales*. Edit Ariel.
- Brunet, M.; Jones, P.; Sigró, J.; Saladié, O.; Aguilar, E.; Moberg, A.; Della-Marta, P.; Lister, D.; Walter, A. y López, D. (2007). "Temporal and spatial temperature variability and change over Spain during 1850-2005". *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 112, D12117, doi: 10.1029/2006JD008249.
- Cony, M.; Hernández, E. y Del Teso, T. (2008). "Influence of synoptic scale in the generation of extremely cold days in Europe". *Atmósfera*, 21, pp. 389-401.
- Cony, M.; Martín, L.; Hernández, E. y Del Teso, T. (2010). "Synoptic patterns that contribute to extremely hot days in Europe". *Atmósfera*, 23, pp. 295-306.
- Díaz, J.; García, R.; Prieto, L.; Linares, C.; López, C. (2005). "Mortality impact of extreme Winter temperatures". *International Journal of Biometeorology*, 49, pp. 178-183.
- Fischer, E.M. and C. Schär, C. (2010). "Consistent geographical patterns of changes in high-impact European heatwaves". *Nature Geoscience*, 3, pp. 398-403
- Flores Herráez, C. y López Díaz, J.A, (2010). "Extremos de temperatura". *Calendario Meteorológico 2010*, pp. 266-278.
- García Herrera, R.; Díaz, J.; Trigo, R.M. y Hernández, E. (2005). "Extreme summer temperatures in Iberia: health impacts and associated synoptic conditions". *Annales Geophysicae*, 23, pp. 239-51.
- García Palomares, J.C. y Alberdi, J.C. (2005). "Mortalidad en la ciudad de Madrid durante la ola de calor del verano de 2003". *GeoFocus*, 5, pp. 19-39.
- INSERM (2003). "Surmortalité liée à la canicule de l'été 2003". AP September 25.

- Klein Tank, A.; Wijngaard, J. y Van Engelen, A. (2002). "Climate of Europe. Assessment of observed daily temperature and precipitation extremes". *European Climate Assessment & Dataset project ECA-D*, KNMI, DeBilt, Netherlands.
- Kunkel, K.; Pielke, R.; Changnon, S.A. (1999). "Temporal fluctuations in weather and climate extremes that cause economic and human impacts". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 80, pp. 1077-1098
- [Linares, C. y Díaz, J. \(2008\). "Temperaturas extremadamente elevadas y su impacto sobre la mortalidad diaria según diferentes grupos de edad". *Gaceta Sanitaria*, 22, pp. 115-119](#)
- [Miró, J.; Estrela, M.J. y Millán, M. \(2006\). "Summer temperature trends in Mediterranean area \(Valencia región\)". *International Journal of Climatology*, 26, pp. 1051-1073.](#)
- Moberg, A.; Jones, P.; Lister, D.; Walther, A.; Brunet, M.; Jacobeit, J.; Alexander, L.; Della-Marta, P.; Luterbacher, J.; Yiou, P.; Chen, D.; Tank, A.; Saladié, O.; Sigro, J. y Aguilar, E. (2006). "Indices for daily temperature and precipitation extremes in Europe analysed for the period 1901-2000". *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 111, D22106.
- Prieto, L; García Herrera, R; Díaz, J; Hernández, E and Del Teso, T. (2004). "Minimum extreme temperatures over Peninsular Spain". *Global and Planetary Change*, 44, pp. 59-71.
- Rodriguez Puebla, C.; Encinas, A. y Garcia Casado, L. (2008) "Trend of warm days and cold nights in the Iberian Peninsula". *Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica*.
- Sigró, J.; Brunet, M. y Aguilar, E. (2012). "Los extremos térmicos en el litoral mediterráneo: evolución y factores de forzamiento". *Territoris*, 8, pp. 265-281.
- [Toreti, A.; Kuglitsch, F.G.; Xoplaki, E.; Della-Marta, P.M.; Aguilar, E.; Prohom, M.; Luterbacher, J. \(2011\). "A note on the use of the Standard Normal Homogeneity Test to detect inhomogeneities in climatic time series". *International Journal of Climatology*, 31, pp. 630-632.](#)
- [Trejo, O.; Miró, O.; de la Red, G.; Collvinent, B.; Bragulat, E.; Asenjo, M.; Salmerón, J. y Sánchez, M. \(2005\). "Impacto de la ola de calor del verano de 2003 en la actividad de un servicio de urgencias hospitalario". *Medicina Clínica*, 125 \(6\), pp. 205-209.](#)
- Yagüe, C.; Martija, M.; Torres, J.; Maldonado, A. y Zurita, E. (2006). "Análisis estadístico de las olas de calor y frío en España". *XXIX Jornadas Científicas de la AME*, pp. 20-26.