

CALENTAMIENTO RECIENTE EN EL CONTORNO DEL MAR BALEAR. HACIA UN ADELANTAMIENTO Y PROLONGACIÓN DE LA ESTACIÓN ESTIVAL

María José LÓPEZ GARCÍA¹

¹*Depto. de Geografía. Universitat de València*

maria.j.lopez@uv.es

RESUMEN

Este trabajo analiza los registros mensuales de temperatura de varios observatorios litorales en el contorno de la cuenca Balear en el período 1960-2010 comparando las tendencias en la temperatura del aire con los resultados obtenidos en trabajos previos en la superficie del mar. Se observa un incremento de la temperatura desde finales de los 80, especialmente notable en los últimos 20 años, con tasas del 0.3°C/década tanto en tierra como en el mar. Las tasas más altas de calentamiento se registran en los meses de primavera y verano. El análisis de la evolución mensual de temperatura por períodos muestra durante la década de los 80 un incremento del orden de 1°C en los meses de verano y otoño mientras que en las dos últimas décadas se produce un aumento similar fundamentalmente en primavera. Los resultados evidencian la tendencia hacia un adelantamiento y prolongación de la estación estival en las últimas décadas, tanto en tierra como en mar.

Palabras clave: Temperatura, Calentamiento global, Mediterráneo, Mar Balear, Verano.

ABSTRACT

This paper analyses monthly temperature data from several meteorological stations located around the Balearic basin from 1960 to 2010, in order to compare with warming trends obtained for SST in the Balearic Sea from previous studies. An increment of temperature has been observed since 1980, and increasingly in the last 20 years, with an average warming trend of 0.3°C/decade for both land and sea surface temperature. The higher trends were recorded during spring and summer seasons. The analysis of the seasonal evolution curves by decade shows an increment of about 1°C during the summer and autumn in the 1980's while a similar increment is recorded mainly in spring in the last two decades. Results show a tendency towards earlier and longer summers during this period, both in land and sea.

Key words: Temperature, Global warming, Mediterranean, Balearic Sea, Summer.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, parece existir un razonable acuerdo en la comunidad científica acerca del incremento de la temperatura media global del planeta durante el siglo XX, especialmente a lo largo en las tres últimas décadas. Los informes del IPCC Four Assessment Report señalan una tasa de incremento en las temperaturas terrestres del hemisferio norte que oscila de 0.072°C/década a 0.089

°C/década para el período de 1901-2005 (IPCC,2007). Aunque no es fácil establecer si el incremento observado es consecuencia de la variabilidad natural o evidencian el cambio climático, lo cierto es que son numerosos los estudios que confirman este calentamiento global. Se apuntan diferentes tasas de calentamiento dependiendo de la escala espacial (global, regional o local), del ámbito regional y del período de tiempo considerado.

En España, en los últimos 15 años, han proliferado los trabajos que contribuyen a explicar la variabilidad espacial y temporal de la temperatura predominando aquellos que coinciden en la observación de tasas positivas en las últimas décadas (Esteban-Parra *et al.*, 1995; 2003; Serra *et al.*, 2001; Morales *et al.*, 2005; Salat y Pascual, 2006; Brunet *et al.*, 2007; Homar *et al.*, 2010; del Río *et al.*, 2011; El Kenawy *et al.*; 2012). Entre ellos, destacamos algunos trabajos que profundizan en el análisis de la variabilidad mensual, estacional y anual de las tendencias. Así, Del Río *et al.* (2011) utilizando datos de 473 estaciones repartidas por toda España, para el período 1961-2006, observan un incremento significativo de las temperaturas en todo el territorio nacional, con tasas anuales de 0.1-0.2°C/década y concluyen que la primavera y el verano son las estaciones que contribuyen en mayor grado a esta tasa anual, observando incrementos de 0.3°C/década, con máximos de 0.5°C/década para el mes de Junio. Resultados similares se desprenden del trabajo de Brunet *et al.* (2007) realizado para el conjunto del territorio español, en base a 22 estaciones y para el período 1850-2005. Estos autores señalaron una tasa de calentamiento anual de 0.1°C/década para el período, indicando que las estaciones de otoño e invierno eran las que más contribuían a este calentamiento. No obstante, una lectura detalla de su trabajo muestra que también obtuvieron para las décadas más recientes, entre 1973-2005, las mayores tasas de calentamiento en primavera (0.77°C/década) y en verano (0.67°C/década). Más recientemente, El Kenawy *et al.* (2012) en un trabajo referido al noreste de la península (concretamente el territorio delimitado por los Pirineos y el sistema ibérico) y basado en el análisis de series de 19 observatorios para el período 1920-2006, obtienen tasas de 0.1°C/década indicando que el calentamiento global observado se debe fundamentalmente al incremento de la temperatura en el período más reciente, a partir de los 70s. Un análisis más robusto en base a datos de 128 estaciones para el período 1960-2006, les permite concluir que las mayores tasas de calentamiento se observan en primavera y verano y en los observatorios costeros.

La idea de que las altas tasas de calentamiento observadas en décadas recientes son debidas al incremento de las temperaturas en los meses de primavera y verano parece estar tomando cuerpo en la bibliografía actual, especialmente en la cuenca Mediterránea, en la medida en que proliferan los estudios que profundizan en los análisis estacionales y mensuales de las tendencias. Bartolini *et al.* (2012) en un estudio sobre la Toscana (Italia) para el período 1955-2007 señala un incremento de la temperatura media de 0.9°C en 50 años, con un incremento mucho mayor en verano y primavera que en las estaciones de otoño e invierno. Sin embargo, esta idea ya había sido apuntada antes por otros autores, tanto en el conjunto de Europa occidental (Luterbacher *et al.*, 2004) como en espacios geográficos muy concretos. Morales *et al.* (2005) en su trabajo para Castilla-León en el período 1931-1996, apuntan cierto incremento en las anomalías térmicas en los meses de primavera y verano. Más claramente, Salat y Pascual (2006) en un trabajo basado en el análisis de series climáticas de temperatura del aire y temperatura del mar en la estación catalana de L'Estardit para el período 1974-2005, señalan tasas promedio anuales para la temperatura del aire de 0.06°C/año y destacan una tendencia al incremento tanto en la temperatura del aire como del mar en la primavera (abril-junio) con tasas de 0.08°C/año para la temperatura del aire. También, Scherrer *et al.* (2008) en un trabajo

sobre Europa central para el período 1961-2005 indicaban que los mayores incrementos se producían en verano.

En un trabajo previo de la autora (López García y Camarasa, 2011) referido a las tendencias recientes en la temperatura superficial del Mar Mediterráneo y basado en el análisis de imágenes térmicas mensuales obtenidas de satélite para el período 1985-2007, se constatan tasas promedio de calentamiento en el mar de $0.03^{\circ}\text{C}/\text{año}$, que llegan a $0.06^{\circ}\text{C}/\text{año}$ en primavera. Pese a que las series de imágenes disponibles corresponden a un período de tiempo reducido (23 años), el análisis abarca el conjunto de las cuencas del mediterráneo occidental, y los datos muestran para todo el territorio un incremento de las temperaturas de abril, mayo y junio del orden de $0.5\text{-}1^{\circ}\text{C}$ en la última década analizada, mostrando un adelantamiento y extensión de la estación estival.

En el trabajo aquí presentado se analizan los registros mensuales de temperatura de varios observatorios litorales en el contorno de la cuenca Balear para el período 1960-2010. Nuestro objetivo es comparar las tendencias observadas en la temperatura del mar con las de la temperatura del aire, comprobando así la hipótesis que apunta hacia el adelantamiento y prolongación de la estación estival en la cuenca mediterránea.

2. DATOS Y METODOLOGÍA

El área de estudio abarca la cuenca balear y su entorno. Los datos de temperatura del mar se refieren al conjunto de la cuenca balear y para las temperaturas terrestres se han seleccionado 6 observatorios costeros situados en el contorno de la cuenca: Valencia-aeropuerto, Tortosa, Barcelona-aeropuerto, Barcelona-Fabra, Ibiza-aeropuerto, Menorca-aeropuerto. La selección de los observatorios se realizó teniendo en cuenta la disponibilidad de series largas completas y su ubicación, alejados de centros urbanos que puedan alterar los registros de temperatura por el efecto de “isla térmica” (Figura 1).

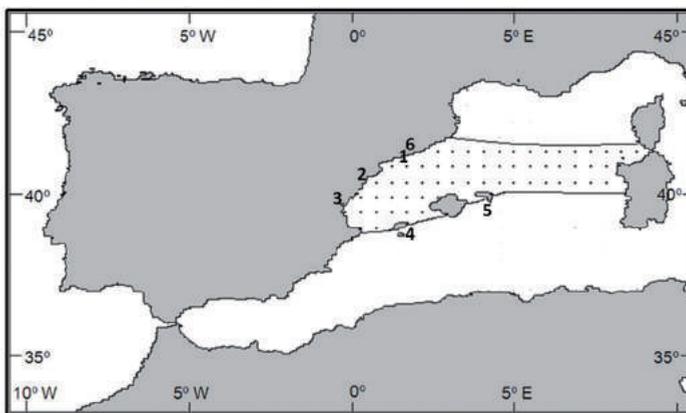


FIG.1: Zona de estudio, con el muestreo en el Mar Balear y los observatorios terrestres.

Para la temperatura del mar se parte del trabajo ya publicado sobre la evolución reciente de la temperatura del mar en las cuencas del Mediterráneo occidental (López García y Camarasa, 2011), que abarca el período 1985-2007. No obstante, las series se han actualizado incorporando los datos

cuenca, con los cuales se han calculado valores promedio. La figura 3 muestra la curva promedio de evolución de la temperatura en estos observatorios así como la curva de evolución obtenida a partir del análisis de las imágenes térmicas para la cuenca balear. En el caso de los observatorios terrestres la tasa de calentamiento anual calculada es de $0,038^{\circ}\text{C}/\text{año}$, y en el caso del Mar Balear $0,031^{\circ}\text{C}/\text{año}$. En ambos casos, los resultados son significativos al nivel de confianza 95%. La evolución de la temperatura permite distinguir claramente 2 etapas: el período 1960-80 durante el cual se observa un comportamiento estable o incluso descendente de la temperatura, y el periodo 1980-2010 donde se observa un claro incremento de la temperatura. Esta tendencia es coincidente con los trabajos que indican un mayor calentamiento en las 3-4 últimas décadas (Morales *et al.* (2005), Del Río *et al.* (2011), El Kenawy *et al.* (2012) entre otros).

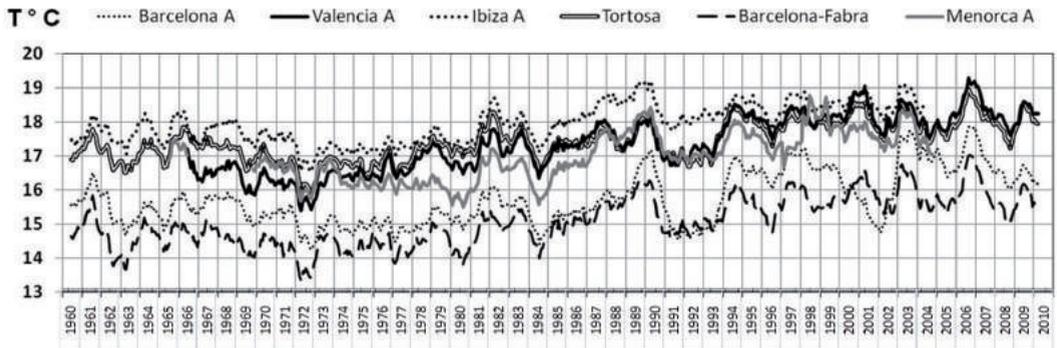


FIG. 2: Evolución de la temperatura en los 6 observatorios costeros. Se aplica una media móvil de 12 meses para eliminar el efecto estacional.



FIG. 3: Evolución de la temperatura promedio en los observatorios costeros (T_{aire}) y en el Mar Balear. Se aplica una media móvil de 12 meses para eliminar el efecto estacional.

3.2. Análisis de tendencias mensuales y estacionales

Tanto para la cuenca balear como para la serie promedio de los observatorios costeros, se calcularon también, las tasas de incremento de temperatura por meses mediante análisis de regresión lineal, con el fin de determinar la posible contribución estacional en la tasa anual. En la Figura 4 se representan las tasas de incremento ($^{\circ}\text{C}/\text{año}$) obtenidas para cada mes. En el Mar Balear las tasas

más altas se registran en primavera-verano, con valores entre 0.04 y 0.08 °C/año, registrándose el máximo en el mes de junio (0.08°C/año), seguido de mayo y julio. Las tendencias son significativas, al nivel de confianza del 95% solamente para los meses de abril, mayo, junio y julio. En los observatorios terrestres, las mayores tasas se registran en verano y también en primavera, con tasas entre 0,04 y 0.06°C/año, siendo el máximo en el mes de agosto (0.06°C/año), seguido de junio y julio. En el caso de los observatorios terrestres, las tendencias fueron significativas en todos los meses excepto febrero. Estos resultados indican que el incremento de temperatura observado en las 3 últimas décadas en el Mar Balear y su entorno se debe fundamentalmente al incremento de las temperaturas en primavera y verano.

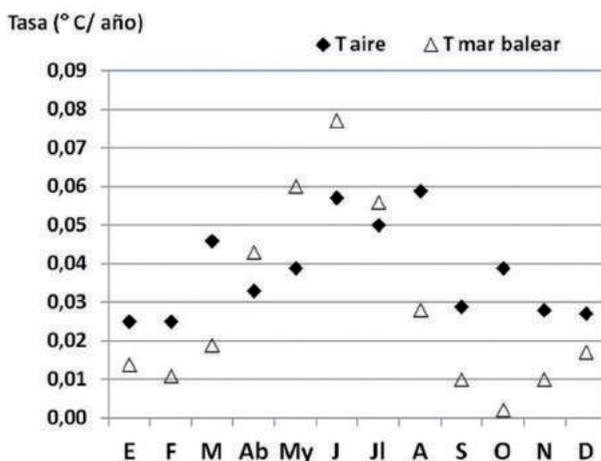


FIG. 4: Tasa de calentamiento para el Mar Balear y los observatorios costeros.

Este análisis se completó con la observación de los cambios en las curvas de evolución anual de las temperaturas durante todo el periodo analizado. Teniendo en cuenta las curvas de evolución anual (Figura 2 y 3) se acotaron 3 tramos: T1 (1960-1980) donde la temperatura muestra valores sostenidos o incluso ligero descenso, T2 (1981-1992) con un ligero ascenso de temperaturas y alta variabilidad, y T3 (1993-2010) cuando se observa un incremento sostenido de las temperaturas. Las figuras 5 y 6 muestran, respectivamente, los resultados obtenidos para los observatorios terrestres y para el Mar Balear.

En la figura 5a se representan las curvas de evolución anual calculadas para cada período considerado en los observatorios terrestres y en la figura 5b se representan las diferencias de temperatura (en grados) en cada mes para cada período. Entre el T1 (1960-80) y el T2 (1981-92) se registra un incremento de las temperaturas del orden de 1°C fundamentalmente durante los meses de verano-otoño, y también en el mes de marzo. Entre el T2 (1981-92) y el T3 (1993-2010) se registra un incremento de la temperatura superior a 1°C durante de los meses de primavera (mayo y junio) también se producen incrementos notables en abril, agosto, enero y febrero. En conjunto, entre el periodo T1 y T3, los mayores incrementos de temperatura, en torno a 2°C se registran en los meses de junio, agosto y julio.

En la figura 6a y b se representan, respectivamente, las curvas de evolución anual y las diferencias mensuales de temperatura para el Mar Balear. Dado que la serie disponible es más corta solo es

posible la comparación entre el periodo T2 (1985-92) y el periodo más reciente T3 (1993-2009). Entre ambos periodos se observa un incremento de las temperaturas del orden de 1°C fundamentalmente durante de los meses de primavera (junio y mayo), lo que indica que, en los últimos años se constata un adelantamiento de la estación estival en el mar. El incremento de las temperaturas en los meses de invierno observado en el mismo periodo en los observatorios terrestres no se produce en la superficie del mar, quizá como consecuencia de la inercia térmica del mar.

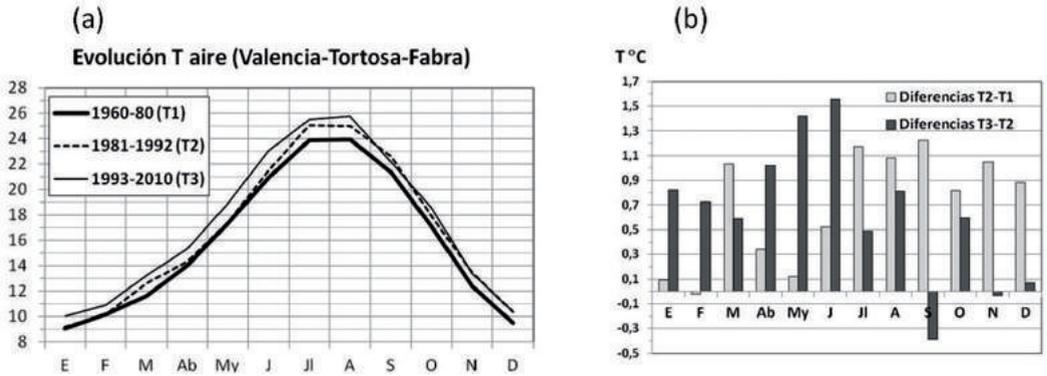


FIG. 5: Variación y diferencias en el ciclo estacional de la temperatura por periodos en los observatorios terrestres.

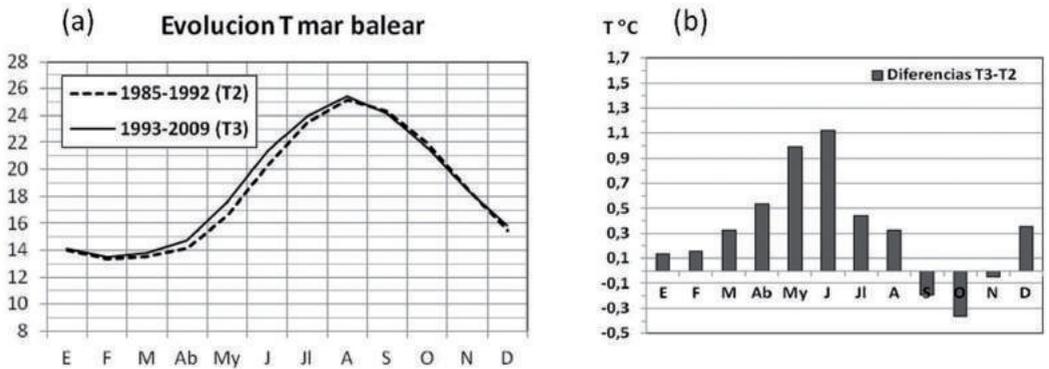


FIG. 6: Variación y diferencias en el ciclo estacional de la temperatura por periodos en el Mar Balear.

4. CONCLUSIONES

El análisis de sobre la evolución reciente de las temperaturas en el contorno de la cuenca balear para el período 1960-2010 permite constatar un calentamiento del orden de 1.5 °C, producido especialmente a partir de los años 80. Las tasas de calentamiento obtenidas (0.03°C/ año) coinciden con las tasas de calentamiento observadas en el mar para el conjunto de la cuenca balear y también en el resto de las cuencas del Mediterráneo occidental (López García y Camarasa, 2011).

Los resultados del cálculo de tendencias por meses muestran que las mayores tasas de calentamiento, tanto en el mar como en los observatorios terrestres se registran durante los meses de

primavera y verano, con máximos en el mar durante los meses de junio ($0.08^{\circ}\text{C}/\text{año}$) y en tierra en junio y agosto ($0.06^{\circ}\text{C}/\text{año}$). Estos datos permiten afirmar que el calentamiento observado en las últimas décadas en el entorno de la cuenca balear se produce fundamentalmente por el incremento de temperatura en los meses de primavera y verano. Resultados similares han sido destacados recientemente por El Kenawy *et al.* (2012) en observatorios litorales del noreste peninsular, y por Del Río, *et al.* (2011) quienes obtienen tasas de calentamiento de $0.5^{\circ}\text{C}/\text{década}$ en el mes de junio en un estudio referido a toda la península.

La observación de los cambios en la evolución estacional de la temperatura en los observatorios terrestres para el conjunto del período (1960-2010) indica un incremento de la temperatura de 1 a 2°C en los meses de primavera y verano entre el periodo de 1960-80 y el período 1993-2010. Estos cambios no son regulares ya que se ha observado que, durante la década de los ochenta se produce un mayor incremento de la temperatura en los meses de verano-otoño mientras que en las 2 últimas décadas el incremento se ha producido fundamentalmente en primavera.

El trabajo constata que la tendencia hacia el adelanto de la estación estival apuntada a partir de los datos de temperatura del mar en el Mar Mediterráneo a partir de la década de los 90 se observa también en las temperaturas terrestres de los observatorios costeros, con tasas de calentamiento estival similares. Estos resultados ponen de manifiesto la importancia de los análisis estacionales en los estudios de calentamiento global ya que los cambios térmicos en determinados periodos del ciclo estacional son relevantes desde el punto de vista del impacto en los ecosistemas terrestres y marinos.

Agradecimientos

La autora desea agradecer al Physical Oceanography Distributed Active Archive Center (PO.DAAC) del Jet Propulsion Laboratory (California, USA) por proporcionarle las imágenes NOAA utilizadas en el análisis. También a la Agencia Española de Meteorología (Aemet) por poner a disposición las series de temperatura y muy especialmente al personal de la Delegación Territorial de Valencia (J.A. Núñez y J. Tamayo). Finalmente, agradezco al Dr. Jose Miguel Raso Nadal por facilitarme la serie ya depurada de los datos de Barcelona-Fabra.

REFERENCIAS

- Bartolini, G., di Stefano, V., Maracchi, G. y Orlandini, S. (2012). "Mediterranean warming is especially due to summer season. Evidences from Tuscany (central Italy)". *Theoretical and Applied Climatology* 107, pp. 279–295. doi: 10.1007/s00704-011-0481-1
- Brunet, M., Jones, P.D., Sigro, J., Saladie, O., Aguilar, E., Moberg, A., Della-Marta, P.M., Lister, D., Walther, A. y López, D., (2007). "Temporal and spatial temperature variability and change over Spain during 1850–2005". *J. Geophysical Research* 112, D12117. doi:10.1029/2006JD008249.
- Del Río, S., Herrero, L., Pinto-Gomes, C. y Penas, A. (2011). "Spatial analysis of mean temperature trends in Spain over the period 1961–2006". *Global and Planetary Change* 78, pp 65–75. doi:10.1016/j.gloplacha.2011.05.012.
- El Kenawy, A., López-Moreno, J.I. y Vicente-Serrano, S.M. (2012). "Trend and variability of surface air temperature in northeastern Spain (1920-2006): Linkage to atmospheric circulation". *Atmospheric Research* 106, pp. 159-180.
- Esteban-Parra, M.J., Rodrigo, F.S. y Castro-Díez, Y. (1995). "Temperature trends and change points in the northern Spanish Plateau during the last 100 years". *International Journal of Climatology* 15 (9), pp. 1031–1042.
- Esteban-Parra, M.J., Pozo-Vázquez, D., Rodrigo, F.S. y Castro-Díez, Y. (2003). Temperature and precipitation variability and trends in northern Spain in the context of the Iberian Peninsula climate. En: Bolle, H.J. (Ed.), *Mediterranean Climate Variability and Trends*. Springer, Berlin, pp. 259–276.
- Homar, V., Ramis, C., Romero, R. y Alonso, S. (2010). "Recent trends in temperature and precipitation over the Balearic Islands (Spain)". *Climatic Change* 98 (1–2), pp. 199–211.

- IPCC (2007): Fourth Assessment Report (IPCC AR4). Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- López García, M.J. y Camarasa Belmonte, A.M. (2011). "Recent trends of SST in the Western Mediterranean basins from AVHRR Pathfinder data (1985-2007)". *Global Planetary Change* 78, pp. 127-136. doi:10.1016/j.gloplacha.2011.06.001
- Luterbacher, J., Dietrich, D., Xoplaki, E. Grosjean, M y Wanner, H. (2004)- "European Seasonal and Annual Temperature Variability, Trends, and Extremes Since 1500". *Science* 303, pp. 1499-1503. doi: 10.1126/science.1093877
- Morales, C.G., Ortega, M.T., Labajo, J.L. y Piorno, A. (2005). "Recent trends and temporal behavior of thermal variables in the region of Castilla-Leon (Spain)". *Atmosfera* 18, pp. 71-90.
- Salat, J. y Pascual, J., 2006. Principales tendencias climatológicas en el Mediterráneo noroccidental, a partir de más de 30 años de observaciones oceanográficas y meteorológicas en la costa catalana. En: Cuadrat, J.M., Saz, M.A., Vicente Serrano, S.M., Lanjeri, S., de Luis, M., González-Hidalgo, J.C. (Eds.), *Asociación Española de Climatología serie A*, nº5, Zaragoza, pp. 283-290.
- Serra, C., Burgueno, A. y Lana, X. (2001). "Analysis of maximum and minimum daily temperatures recorded at Fabra Observatory (Barcelona NE Spain) in the period 1917-1998". *International Journal of Climatology* 21, pp. 617-636.
- Scherrer, S.C., Liniger, M.A. y Appenzeller, C. (2008). Distribution Changes of Seasonal Mean Temperature in Observations and Climate Change Scenarios. En: Brönnimann et al. (eds.). *Climate Variability and Extremes during the Past 100 Years*, Springer, pp. 251-267.

