

EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA MÁXIMA ESTIVAL EN ESPAÑA. PARTE I: TENDENCIAS Y PATRONES ESPACIALES

Javier SIGRÓ RODRÍGUEZ¹, Manola BRUNET INDIA^{1,2}, Enric AGUILAR ANFRONS¹

¹ *Grupo de Investigación del Cambio Climático, Universitat Rovira i Virgili*

² *Climate Research Unit, University of East Anglia*

javier.sigro@urv.cat, manola.brunet@urv.cat, enric.aguilar@urv.cat

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es describir la evolución de la temperatura máxima en España a través del examen de series bimensuales correlativas de esta variable para los meses de Junio a Septiembre e identificar los distintos patrones espaciales que caracterizan su comportamiento sobre el conjunto de la España peninsular mediante Análisis de Componentes Principales. Los resultados indican un comportamiento interanual con el máximo incremento térmico produciéndose al principio del verano (Junio-Julio) en los tres patrones espaciales identificados para esta variable. Estos patrones caracterizan durante el conjunto del verano tres sectores que abarcan el centro peninsular, el sector suroeste de España y el litoral mediterráneo.

Palabras clave: Cambio climático; temperatura máxima, patrones espaciales

ABSTRACT

Aim of this contribution is to describe the time evolution of daily maximum temperature over mainland Spain, as part from the analysis of bi-monthly correlative series for the months from June to September, and identify the spatial patterns characterising their behaviour by means of a Principal Component Analysis. Results indicate similar interannual evolution to the detected for the whole year(?), showing the beginning of the summer (June-July) the highest increase over the three identified spatial patterns of daily maximum temperature. These spatial patterns identify during summer three sectors: central Spain, southwest Spain and the Mediterranean littoral.

1. INTRODUCCIÓN.

El análisis de la evolución de la temperatura del aire en el planeta indica que se está produciendo un calentamiento a escala global (JONES y MOBERG, 2003), incremento que no se produce de manera uniforme, ni espacialmente ni en su distribución a lo largo del año. ALEXANDER *et al.*, (2006) señala la existencia de un mayor incremento de la temperatura mínima que de la temperatura máxima para el conjunto del planeta durante la segunda mitad del siglo XX, aunque en Europa esta diferencia se diluye al analizar las tendencias de la temperatura diaria máxima y mínima del conjunto del siglo XX (MOBERG *et al.*, 2006).

En España, la mayoría de trabajos indican un mayor incremento en la temperatura máxima respecto la temperatura mínima, tanto en el conjunto de España (BRUNET *et al.*, 2001a; BRUNET *et al.*, 2005; BRUNET *et al.*, 2006; BRUNET *et al.*, 2007a, b) como para diferentes zonas estudiadas de forma independiente: el valle del Ebro (ABAURREA *et al.*, 2001), el Noreste español (BRUNET *et al.*, 2001b), la Meseta Sur española (GALAN *et al.*, 2001), la cuenca del Segura (HORCAS *et al.*, 2001), y la Meseta Norte (MORALES *et al.*, 2005).

La evolución de la temperatura máxima en distintos sectores de España se ha analizado en algunos trabajos como SERRA *et al.*, (2001), que estudia los registros de temperatura máxima diaria en Barcelona para el periodo 1917-1998 o el sector este español (región de Valencia) en MIRÓ *et al.*, (2006), que analiza las tendencias de la temperatura máxima y de índices de extremos derivados para el periodo 1958-2003. SGRÓ *et al.*, (2004, 2005) investigan las relaciones existentes entre las temperaturas máximas y mínimas del noreste español con la circulación atmosférica y la SST del Mediterráneo Occidental durante el conjunto del año y en el periodo estival (SGRÓ *et al.*, 2006)

RODRÍGUEZ-PUEBLA *et al.*, (2002) analizan el comportamiento de las temperaturas máximas mensuales a partir de 55 estaciones de la Península Ibérica durante la segunda mitad del siglo XX, indicando la existencia de una tendencia al incremento en esta variable en el periodo estival. RODRÍGUEZ-Puebla *et al.*, (2004) identifican altas correlaciones entre la temperatura mínima durante el verano y la temperatura superficial del mar (SST).

El objetivo de este trabajo es caracterizar la evolución de la temperatura máxima estival a través de promedios bimensuales correlativos e identificar sus diferentes patrones espaciales en la Península Ibérica.

2. DATOS Y METODOS UTILIZADOS.

Para la construcción de los promedios bimensuales de la temperatura máxima diaria se han utilizado las series de temperatura máxima diaria de 22 observatorios procedentes de la base de datos *Spanish Daily Adjusted Temperature Series* (SDATS) del Grupo de Investigación del Cambio Climático de la Universidad Rovira i Virgili (BRUNET *et al.*, 2006, 2007a) para el periodo 1850-2005 (Fig. 1).

Los detalles referentes a la descripción de estas series de datos, al control de calidad y al proceso de homogenización tendente a eliminar diferentes inhomogeneidades producidas por cambios de localización, garita e instrumental, cambios en la fuente de datos, etc., se puede encontrar ampliamente detallado en BRUNET *et al.*, (2006, 2008).

A partir de estos datos de temperatura máxima diaria se han construido series de estaciones bimensuales correspondientes a los meses de Junio-Julio (JJ), Julio-Agosto (JA) y Agosto-Septiembre (AS).

Para la construcción de las series regionales bimensuales se ha utilizado el mismo procedimiento de agregación que BRUNET *et al.*, (2007a), según la metodología de JONES y HULME (1996) con la corrección del sesgo de la varianza debido a variaciones en el tamaño de la muestra propuesta por OSBORN *et al.* (1997).



Fig. 1. Localización de los observatorios integrados en la base de datos SDATS

La detección de tendencias en las series de temperatura en el conjunto del periodo y en los diversos subperíodos analizados se ha realizado mediante el estimador de tendencia de SEN (1968), aplicado de forma similar a ZHANG et al. (2000).

Para extraer los patrones de variabilidad espacial dominantes en las temperaturas estivales españolas se ha realizado un Análisis de Componentes Principales (PCA) en modo S y utilizando la matriz de correlaciones, sobre las 22 series de temperatura bimensual, previamente estandarizadas, para cada una de las estaciones bimensuales contempladas en el análisis.

Los Componentes Principales (PC) retenidos se han identificado mediante dos criterios de selección: aquellos que exceden el umbral de 07 según el criterio de Kaiser (KAISER, 1958) y son consecuentes con el examen del scree plot de los eigenvalues (WILKS, 1995). Los PC resultantes se han sometido a una rotación Varimax para obtener patrones espaciales más coherentes y problemas de dependencia del dominio (RICHMAN, 1986).

Para cada patrón espacial de temperatura identificado, se han construido series subregionales de anomalías con las series individuales de temperatura incluidas en cada patrón espacial con un peso del componente ≥ 0.60 , de forma similar a BRUNETTI *et al.*, (2006).

3. EVOLUCIÓN DE LAS TEMPERATURAS ESTIVALES.

La evolución de los promedios bimensuales de la temperatura máxima diaria española para el conjunto del territorio indica una clara tendencia al incremento térmico durante el periodo analizado, 1850-2005.

Las tendencias de estos 156 años muestran una gran similitud en la tres series bimensuales, con un incremento aproximado de $0.1^{\circ}\text{C}/\text{década}$ (Tabla 1), idéntico al identificado por BRUNET *et al.*, (2007, B2007 de aquí en adelante) para el conjunto del verano peninsular.

Componente	1850-2005	1894-2005	1894-1949	1950-1972	1973-2005
JJ	0.11	0.20	0.38	-0.22	0.84
JA	0.09	0.16	0.28	-0.22	0.51
AS	0.12	0.16	0.35	-0.27	0.44

Tabla 1. TENDENCIAS DECADEALES DE LAS SERIES REGIONALES BIMENSUALES DE LA TEMPERATURA MÁXIMA. EN NEGRITA VALORES SIGNIFICATIVOS AL 99 % .

A lo largo del periodo se observan diferentes fases frías y cálidas, claramente identificables en la Fig. 2. La más destacable es la extensa fase fría que engloba finales del siglo XIX y principios del XX, entre 1882 y 1914, mucho más extensa que la detectada por B2007 en la temperatura media. Las anomalías promedio (calculadas respecto 1961-1990) para esta fase indican un mayor enfriamiento en los inicios (-1.16°C en JJ) y finales (-1.24°C en AS) del verano que en su parte central (-1.05°C en JA). Algo similar sucede en la menor fase fría que se identifica en la segunda mitad del siglo XX, entre 1969 y 1978. Las mayores anomalías negativas corresponden a JJ (-0.74°C), muy similares a las de AS (-0.70°C), mientras los valores promedio para el centro del verano son algo menores, -0.52°C .

La fase cálida de mediados del siglo XX, centrada en 1943-1950, es especialmente destacable en la primera mitad del verano, con anomalías promedio respecto del 1961-1990 de 1.28°C en JJ, de 0.76°C en JA y disminuyendo a 0.42°C en el final del estío.

La evolución temporal de las temperaturas máximas estivales es muy similar para las 3 series bimensuales analizadas, con 2 subperiodos de calentamiento (1894-1949; 1973-2005) y 1 de enfriamiento (1950-1972) bien diferenciados para el periodo 1894-2005, que es el utilizado para posteriores análisis. El conjunto del periodo 1894-2005 muestra unas tendencias superiores a las detectadas para el de 1850-2005, de $0.20^{\circ}\text{C}/\text{década}$ en JJ y $0.16^{\circ}\text{C}/\text{década}$ para JA y AS.

Esta mayor tendencia al calentamiento en el principio del verano se refleja en ambos subperiodos de incremento térmico. En 1894-1949 JJ tiene una tendencia de $0.38^{\circ}\text{C}/\text{década}$, bastante superior a los $0.28^{\circ}\text{C}/\text{década}$ del centro del verano y algo superior a los $0.35^{\circ}\text{C}/\text{década}$ del final del verano.

Tras un subperiodo de decremento térmico bastante homogéneo y no significativo estadísticamente en 1950-1972 (de $-0.22^{\circ}\text{C}/\text{década}$ para JJ y JA; $-0.27^{\circ}\text{C}/\text{década}$ en AS), los mayores incrementos en las temperaturas máximas estivales se detectan en 1973-2005, con un elevado incremento de la temperatura máxima en JJ de $0.84^{\circ}\text{C}/\text{década}$, más moderado en el verano central ($0.54^{\circ}\text{C}/\text{década}$) y con un menor incremento sin significación estadística al final del verano ($0.44^{\circ}\text{C}/\text{década}$)

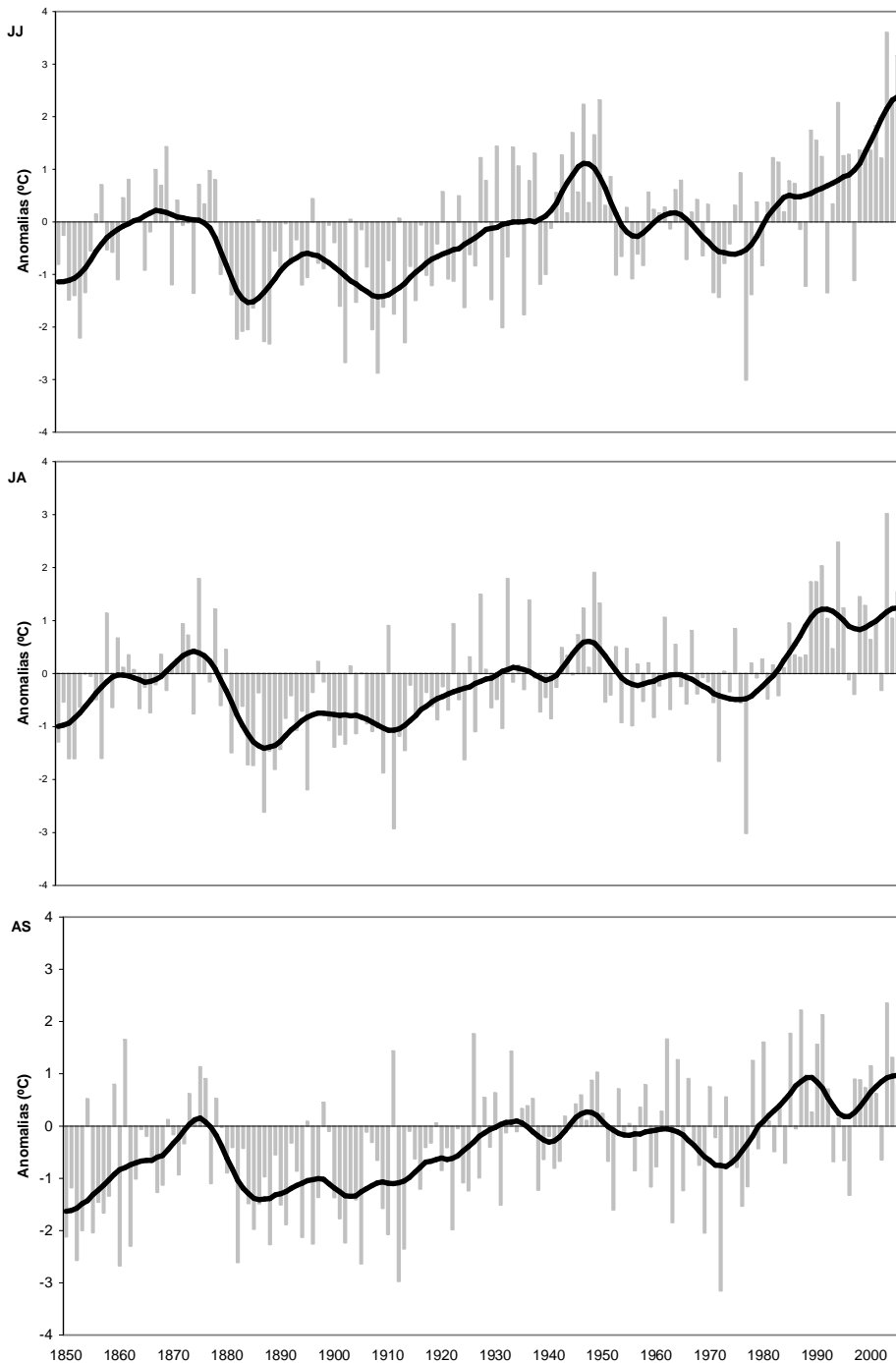


Fig. 2: Evolución de las series bimensuales de la temperatura máxima estival para el conjunto del periodo 1901-2005. De arriba abajo, Junio-Julio, Julio-Agosto, Agosto-Septiembre. En gris las series individuales y en negro la curva suavizada por un filtro gaussiano

4. PATRONES ESPACIALES DE LA TEMPERATURA MÁXIMA ESTIVAL

El RPCA realizado sobre las series de promedios bimensuales de la temperatura máxima estival de la PI arroja como resultado la presencia de tres RPCs para cada una de las series (Figura 3).

En JJ y JA los RPCs muestran los mismos patrones espaciales. Un primer componente que agrupa el interior de la PI, la meseta y el valle del Ebro, los sectores de mayor carácter continental de PI, definido como patrón Centro (CEN). El segundo componente engloba las áreas costeras del Mediterráneo y del Cantábrico, denominado patrón Litoral Norte y Este (LNE), mientras que el tercero agrupa los sectores del W y SW español(SWS).

En AS se produce una transición de los patrones espaciales anteriores, que podemos considerar característicos del verano, a tres patrones idénticos a los definidos por B2007 en la temperatura media a escala anual y estacional: Northern Spain pattern (NS), Southwestern Spain pattern (SWS) y Southeastern and Eastern, Spain pattern (SEES).

La mayor diferencia entre estos últimos patrones y los anteriores radica básicamente en la migración del patrón CEN a patrón NS, retirándose de la mitad sur del interior peninsular y absorbiendo todo el sector norte y nororiental peninsular, a costa del patrón LNE.

Las tendencias detectadas en los diferentes patrones espaciales indican que para el conjunto del periodo 1894-2005 el área de España que experimenta un mayor incremento térmico es el definido por el patrón CEN en JJ y JA y el patrón NS en AS (Tabla 3). En segundo lugar encontramos el incremento experimentado por el patrón LNE/SEES y un poco menor, el detectado en el patrón SWS.

Componente	Patron	1894-2005	1894-1949	1950-1972	1973-2005
rpc1_JJ	CEN	0.023	0.040	-0.018	0.103
rpc2_JJ	LNE	0.016	0.024	-0.030	0.059
rpc3_JJ	SWS	0.015	0.025	-0.083	0.081
rpc1_JA	CEN	0.016	0.027	-0.038	0.059
rpc2_JA	LNE	0.012	0.018	-0.016	0.044
rpc3_JA	SWS	0.010	0.013	-0.072	0.033
rpc1_AS	NS	0.018	0.037	-0.020	0.042
rpc2_AS	SWS	0.012	0.025	-0.066	0.019
rpc3_AS	SEES	0.013	0.024	-0.007	0.031

Tabla 3: TENDENCIAS DE LAS SERIES SUBREGIONALES CORRESPONDIENTES A LOS DIFERENTES PATRONES ESPACIALES DE LA TEMPERATURA MÁXIMA ESTIVAL. EN NEGRITA VALORES SIGNIFICATIVOS AL 99 %.

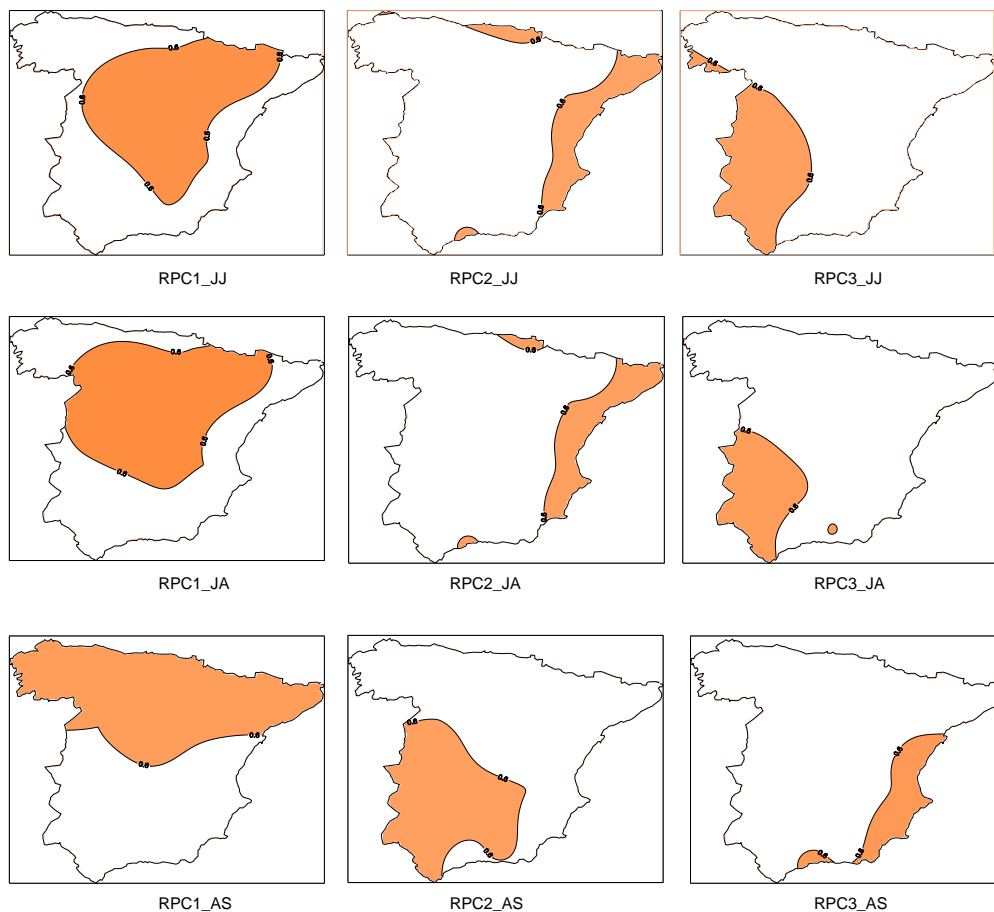


Figura 3. Patrones espaciales correspondientes a las series bimensuales de la temperatura máxima estival. Fila superior, Junio-Julio; fila intermedia, Julio-Agosto; fila inferior, Agosto-Septiembre.

Las tendencias en los 3 patrones se comportan de forma similar a la señal regional en cuanto a que los máximos valores aparecen al principio del verano, JJ ($0.23^{\circ}\text{C}/\text{década}$, $0.16^{\circ}\text{C}/\text{década}$ y $0.15^{\circ}\text{C}/\text{década}$ respectivamente para CEN, LNE y SWS), mientras que en el centro del verano, JA, se detectan las menores tendencias ($0.16^{\circ}\text{C}/\text{década}$, $0.12^{\circ}\text{C}/\text{década}$ y $0.10^{\circ}\text{C}/\text{década}$ respectivamente) y el final del verano, AS, presenta tendencias intermedias a las anteriores ($0.18^{\circ}\text{C}/\text{década}$, $0.13^{\circ}\text{C}/\text{década}$ y $0.12^{\circ}\text{C}/\text{década}$ respectivamente para NS, SEES y SWS).

Durante el subperiodo de incremento térmico 1894-1949 las series temporales de los patrones térmicos muestran un comportamiento similar al descrito para el conjunto del periodo, aunque con tendencias mayores, que tienen su máximo en el patrón CEN de JJ, con $0.40^{\circ}\text{C}/\text{década}$.

El subperiodo 1950-1972 se caracteriza por tendencias negativas que son más acusadas en el área del patrón SWS, donde adquieren significación estadística en JJ, mostrando en general pendientes negativas que doblan o triplican las de los otros dos patrones.

Tal y como aparece descrito a escala global y hemisférica (Jones y Moberg, 2003), y particularmente para la del conjunto español (B2007), desde principios de los 1970s hasta la actualidad se registran las mayores tendencias al incremento térmico detectadas. Este fortísimo incremento aparece también reflejado en las temperaturas máximas del verano, pero con algunas diferencias respecto a lo detectado por B2007 en las diferentes variables de temperatura a escala anual y estacional.

La intensidad del calentamiento y su significación estadística no son constantes a lo largo del verano, con intensidad diferente según los diferentes patrones espaciales. Al igual que en el conjunto del periodo las mayores tendencias se detectan en los patrones CEN/NS.

Los tres patrones muestran tendencias positivas y significativas en JJ, con tendencias que en el patrón CEN superan $1^{\circ}\text{C}/\text{década}$ y se acercan en el patrón WSW ($0.81^{\circ}\text{C}/\text{década}$), mientras que en el principio del verano el LNE se muestra más moderado ($0.59^{\circ}\text{C}/\text{década}$). En el centro del periodo estival, JA, el calentamiento disminuye en intensidad (CEN, $0.59^{\circ}\text{C}/\text{década}$; LNE, $0.44^{\circ}\text{C}/\text{década}$) y deja de tener significación estadística en el área del patrón SWS. En AS se detectan las tendencias menores y únicamente en el área del SEES la tendencia es significativa ($0.31^{\circ}\text{C}/\text{década}$).

En este sentido, el área que presenta un incremento de la temperatura máxima más homogéneo y sostenido a lo largo del verano es el LNE/SEES, aunque las mayores tendencias estén presentes en el CEN/NS.

5.- CONCLUSIONES

La evolución de la temperatura máxima estival es similar a la detectada en el conjunto del año por B2007, con un incremento térmico mayor en el principio del verano (Junio-Julio) durante todos los periodos de calentamiento, produciéndose la máxima tendencia en el periodo 1973-2005 con un valor de $0.84^{\circ}\text{C}/\text{década}$. Este mayor incremento de la temperatura máxima al principio del verano se detecta en el conjunto del territorio y esta presente en los tres patrones espaciales identificados para esta variable.

Las tendencias detectadas en los diferentes patrones espaciales indican que para el conjunto del periodo 1894-2005 el área de España que experimenta un mayor incremento térmico es el Centro y Norte peninsular, definido por el patrón CEN en JJ y JA y el patrón NS en AS

Únicamente durante el periodo 1973-2005, el área que presenta un incremento de la temperatura máxima más homogéneo y sostenido a lo largo del verano es el LNE/SEES, concordante con lo detectado por B2007 y por MIRÓ (2006).

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación otorgada por el Ministerio de Educación y Ciencia mediante los proyectos CLICAL (CGL-2006-13327-C04-03) y CAFIDEXPI (CGL2007-65546-C03-02)

7. BIBLIOGRAFÍA

- ABAURREA, J., J. ASÍN, O. ERDOZAIN, AND E. FERNÁNDEZ (2001), Climate variability analysis of temperature series in the Medium Ebro River Basin, En M. BRUNET AND D. LÓPEZ *Detecting and Modelling Regional Climate Change*, pp. 109–118, Springer, New York.
- ALEXANDER, L. V., et al. (2006), Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation, *J. Geophys. Res.*, 111,D05109, doi:10.1029/2005JD006290.
- BRUNET, M., E. AGUILAR, O. SALADIÉ, J. SIGRO, y D. LOPEZ (2001a), The Spanish diurnal warming: A different pattern to the observed on a global scale, *Geophys. Res. Abstr.*, contribution presented at European Geophysical Society XXVI General Assembly, Nice, France, 25–30 March, 3 (GRA3 5333), 77.
- BRUNET, M., E. AGUILAR, O. SALADIÉ, J. SIGRO, AND D. LOPEZ (2001b), A Differential response of Northeastern Spain to asymmetric trends in diurnal warming detected on a global scale, En M. BRUNET AND D. LÓPEZ *Detecting and Modelling Regional Climate Change*, pp. 95–107, Springer, New York.
- BRUNET, M.; SIGRÓ, J.; SALADIÉ, O.; AGUILAR, E.; JONES, P. D.; MOBERG, A.; WALTHER, A. Y LÓPEZ, D., (2005), Spatial Patterns of Long-term Spanish Temperature Change, *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 7, 04007, SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU05-A-04007.
- BRUNET, M.; SALADIÉ, O.; JONES, P. D.; SIGRÓ, J.; MOBERG, A.; AGUILAR, E.; WALTHER, A.; LISTER, D.; LÓPEZ, D. Y ALMARZA, C., (2006), The development of a new daily adjusted temperature dataset for Spain (1850-2003), *International Journal of Climatology*, 26, 1777-1802.
- BRUNET, M.; JONES, P. D.; SIGRÓ, J.; SALADIÉ, O.; AGUILAR, E.; MOBERG, A.; DELLA-MARTA, P. M.; LISTER, D.; WALTHER, A. Y LOPEZ, D., (2007a), Temporal and spatial temperature variability and change over Spain during 1850-2005, *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, VOL. 112, D12117, doi:10.1029/2006JD008249, 2007
- BRUNET, M.; JONES, P. D.; SIGRÓ, J.; SALADIÉ, O.; AGUILAR, E.; MOBERG, A.; LISTER, D.; y WALTHER, A., (2007b), Long-term extreme temperature and precipitation change over Spain, *Contributions to Science*, 3 (3): 331–342 (2007).
- BRUNET M., O. SALADIÉ, P. JONES, J. SIGRÓ, E. AGUILAR, A. MOBERG, D. LISTER, A. WALTHER AND C. ALMARZA (2008): A case-study/guidance on the development of long-term daily adjusted temperature datasets, WCDMP-66/WMO-TD-1425, Geneva: 43 pp.
- BRUNETTI, M., M. MAUGERI, F. MONTI, y T. NANNI (2006), Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenised instrumental time series, *International Journal of Climatology*, 26, 345–381.

- GALAN, E., R. CAÑADA, F. FERNANDEZ, AND B. CERVERA (2001), Annual temperature evolution in the southern plateau of Spain from the construction of regional climatic time series, En M. BRUNET AND D. LÓPEZ *Detecting and Modelling Regional Climate Change*, pp. 119 – 131, Springer, New York.
- HORCAS, R., D. RASILLA, AND F. FERNANDEZ (2001), Temperature variations and trends in the Segura River Basin. An exploratory analysis, En M. BRUNET AND D. LÓPEZ *Detecting and Modelling Regional Climate Change*, pp. 133– 142, Springer, New York.
- JONES, P. D., y M. HULME (1996), Calculating regional climatic time series for temperature and precipitation: Methods and illustrations, *Int. J. Climatol.*, 16, 361– 377.
- JONES, P. D. y A. MOBERG (2003), A hemispheric and large-scale surface air temperature variations: An extensive revision and an update to 2001, *J. Clim.*, 16, 206– 223.
- KAISER, H. F., 1958, The Varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika*, 23, 187-200.
- MIRÓ J.J., M. J. ESTRELA y M. MILLAN (2006), Summer Temperature Trends in a Mediterranean Area (Valencia Region), *Int. J. Climatol.*, 26 (8), 1051-1073.
- MOBERG, A.; JONES, P.D.; LISTER, D.; WALTHER, A.; BRUNET, M.; JACOBET, J.; ALEXANDER, L.V.; DELLA-MARTA, P.M.; LUTERBACHER, J.; YIOU, P.; CHEN, D.L.; TANK A.M.G.K.; SALADIE, O.; SIGRO, J.; AGUILAR, E. *et al.*, (2006) Indices for daily temperature and precipitation extremes in Europe analysed for the period 1901-2000, *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 111 (D22): Art. No. D22106.
- MORALES CG, ORTEGA MT, LABAJO JL, PIORNO A (2005), Recent trends and temporal behavior of thermal variables in the region of Castilla-Leon (Spain) *ATMOSFERA* 18 (2) pp 71-90
- OSBORN, T. J., K. R. BRIFFA, y P. D. JONES (1997), Adjusting variance for sample-size in tree-ring chronologies and other regional mean time series, *Dendrochronologia*, 15, 89– 99.
- RICHMAN, M.B., 1986, Rotation of Principal Components. *Journal of Climatology*, 6, 293-335.
- RODRÍGUEZ-PUEBLA, C., M. D. FRÍAS, y A. H. ENCINAS (2002), Trend and interannual variations in air temperature over Iberian Peninsula, *13th Symposium on Global Change and Climate Variations*, American Meteorological Society, Orlando, Florida, USA, 13– 17 January.
- RODRÍGUEZ-PUEBLA, C., M. D. FRÍAS, y A. H. ENCINAS (2004b), Relaciones entre los extremos de temperatura máxima y patrones de circulación en el Atlántico Norte, XXVIII Jornadas Científicas. La Meteorología y clima Atlánticos. 5o Encuentro Hispano-Luso de Meteorología, Badajoz, Spain, 11 –13 February, Pub. de la Asociación Española de Meteorología, 6 pp.
- SEN P.K. (1968), Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau, *Journal of the American Statistical Association* 63:1379-1389.
- SERRA, C., A. BURGUEÑO y X. LANA (2001), Analysis of maximum and minimum daily temperatures recorded at Fabra Observatory (Barcelona, NE Spain) in the period 1917–1998, *Int. J. Climatol.*, 21, 617– 636.
- SIGRÓ , J. (2004), Variabilidad espacio-temporal de la temperatura del aire en Cataluña, Ph.D., University Rovira i Virgili, Tarragona, Spain.

- SIGRÓ, J., M. BRUNET, E. AGUILAR, O. SALADIÉ, AND D. LOPEZ (2005), Spatial and temporal patterns of Northeastern Spain temperature change and their relationships with atmospheric and SST modes of variability over the period 1950–1998, *Geophys. Res. Abstr.*, 7, 04007, 04118, 2005 SRef- ID: 1607-7962/gra/EGU05-A-04118.
- SIGRÓ, J., M. BRUNET, E. AGUILAR, O. SALADIÉ, AND D. LOPEZ (2006), Variabilidad de la temperatura estival en Cataluña, En J. M. CUADRAT ET AL *Clima, Sociedad y Medio Ambiente*, Pub. AEC, Serie A, 5, Zaragoza, 301– 310, ISBN: 84-611-2463-4.
- WILKS, D. S., 1995, *Statistical Methods in Atmospheric Sciences*, Academic Press, San Diego, 467 pp
- ZHANG, X., VINCENT, L. A.; HOGG, W. D. Y NIITSOO, A. (2000), Temperature and precipitation trends in Canada during the 20th century, *Atmosphere and Ocean*, 38, 395-429.