

## EVOLUCIÓN TÉRMICA RECIENTE DE LA REGIÓN CATALANA A PARTIR DE LA CONSTRUCCIÓN DE SERIES CLIMÁTICAS REGIONALES

Por M. BRUNET, E. AGUILAR, O. SALADIE, J. SIGRÓ y D. LÓPEZ  
*Grupo Cambio Climático. Unidad Geografía. U.R.V. TARRAGONA*

### RESUMEN

Una extensa base de datos homogeneizada de la temperatura del aire en la región catalana ha sido generada y utilizada por los autores para construir una nueva serie regional con la que detectar y caracterizar objetivamente la estructura temporal del cambio climático en la región. Se expone el método de agregación espacial y combinación de registros y se evalúan las variaciones y tendencias térmicas ocurridas en la región durante el período 1910-1998.

**Palabras clave:** Cambio climático, series regionales, temperaturas, variaciones y tendencias, NE de España.

### ABSTRACT

A extensive and homogeneous dataset of mean surface air temperature for the Catalanian region has been generated and used by authors to create a new gridded dataset for objective detection and characterisation of climate change in a regional basis. The gridding methods to combine station temperature time series are examined. The variations and trends in air surface temperature during the present century in the region are presented.

**Key words:** Climatic change, regional series, temperature variations, time trends and regional warming, NE of Spain.

### INTRODUCCIÓN

Desde mediados del presente siglo, la comunidad científica internacional se ha enfrentado al problema de la estimación de las variaciones y cambios seculares en la temperatura del aire a escala hemisférica o global, basadas en la compilación de datos instrumentales y en la aplicación de métodos adecuados de combinación y agregación espacial de los registros temporales del clima producidos por la red meteorológica observacional de la superficie terrestre.

En el decenio de los ochenta, equipos de investigación internacionales han producido las más recientes, extensas, nuevas y objetivas compilaciones (JONES *et al.*, 1982; ELLSAESSER *et al.*, 1986; WIGLEY *et al.*, 1985; BRADLEY *et al.*, 1985; JONES *et al.*, 1986; HANSEN y LEBEDEFF, 1987, 1988; VINNIKOV *et al.*, 1990), con las que se han establecido precisas y completas estimaciones de la deriva térmica reciente, a la vez que han sido utilizadas por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 1992, 1995) como evidencias del alarmante y rápido calentamiento global.

Aunque las técnicas de análisis y el número de estaciones utilizadas difieren de unos a otros estudios, los resultados obtenidos en términos de promedios hemisféricos se ajustan satisfactoriamente (ver JONES y BRIFFA, 1992; JONES, 1994, entre otros). No obstante y pese al bien establecido calentamiento a escala global, en general destacable durante la presente centuria y especialmente en las dos últimas décadas, todavía subsisten numerosas incertidumbres y lagunas de conocimiento acerca del signo y dimensión del mismo a escalas espaciales menores.

Recientemente, han sido publicados estudios que evalúan las variaciones a largo plazo de la temperatura del aire a escala regional. En el caso de la Península Ibérica, distintos investigadores con diferentes técnicas de análisis han estudiado el patrón temporal de la temperatura del aire para observatorios peninsulares concretos (ver entre otros CLAVERO, 1982; CUADRAT, 1989; LOPEZ-GOMEZ y FERNANDEZ, 1986; RASO, 1987; FERNANDEZ, 1994; SALA, 1995; WHEELER, 1995) o para grupos de observatorios del conjunto peninsular (QUEREDA, 1992; ESTEBAN-PARRA *et al.*, 1993, 1995; QUEREDA y MONTON, 1994; MONTON y QUEREDA, 1997; OÑATE y POU, 1996).

Pese al innegable valor de estas aportaciones, al haber proporcionado una inestimable información sobre la deriva temporal de esta variable en las localidades analizadas, en ninguna de ellas se ha abordado la construcción de series climáticas regionales con las que establecer un patrón espacial consistente de las variaciones de la temperatura del aire a largo plazo, ni para el conjunto peninsular ni para los distintos territorios estudiados.

Por ello, en esta comunicación se aborda, dentro del campo de la detección y caracterización de la deriva térmica secular a escala regional, por un lado, la aplicación de la metodología de agregación espacial utilizada en la combinación de registros de la temperatura del aire para la región catalana y, por otro, el establecimiento de las variaciones y tendencias térmicas acaecidas en este territorio durante el presente siglo.

## **1. APROXIMACIÓN AL ESTABLECIMIENTO DE SERIES CLIMÁTICAS REGIONALES: SU APLICACIÓN AL CASO DEL NE PENINSULAR**

La información proporcionada por la red meteorológica de la superficie terrestre plantea diversos problemas que han de ser resueltos antes de que los registros originales puedan ser utilizados en los estudios de caracterización espacio-temporal del cambio climático. La irregular distribución espacial de la red observacional, las variaciones temporales en el nivel de cobertura de la misma, las diferentes características geográficas de los emplazamientos de las estaciones meteorológicas y la calidad de los registros, constituyen graves problemas a la hora de establecer la consistencia espacial y temporal de la evolución climática.

Como es sabido, los valores observacionales están determinados por los factores climogénicos que actúan a escala global, regional y local. La fracción del valor correspondiente al forzamiento regional y especialmente al local, incorpora en los registros una tan amplia gama de influencias que dificulta la utilización directa de los valores originales. En efecto, las diferencias latitudinales entre observatorios, la mayor o menor cercanía al mar, las distintas alturas y condiciones topográficas de los emplazamientos, la variada tipología de superficies de sus alrededores, etc. conforman los elementos diferenciales del rico mosaico climático.

Con la finalidad de minimizar el efecto de las influencias locales y regionales sobre los registros meteorológicos y posibilitar con ello su combinación, una sencilla estrategia ha sido desarrollada y utilizada por los investigadores responsables de la elaboración de las curvas de evolución térmica global: la conversión de los registros originales en nuevas series de anomalías absolutas o estandarizadas respecto a un período de referencia común, normalmente de 20 ó 30 años de duración (JONES, 1986, 1994; VINNIKOV *et al.*, 1990).

Además, la combinación de registros meteorológicos para establecer promedios espaciales se enfrenta al problema de la adopción de la metodología adecuada con la que construir series espaciales representativas del área analizada. La interpolación ponderada de series temporales sobre una malla espacial de retículas regulares ha sido identificada como la aproximación adecuada para reducir los efectos indeseables de las variaciones temporales y espaciales en la densidad de la red observacional de superficie (JONES y HULME, 1996).

Finalmente, también las propias series meteorológicas incorporan un elevado número de valores erróneos y de sesgos que las hacen ser inhomogéneas y, por tanto, difícilmente utilizables sin los ajustes adecuados en la detección de la deriva térmica secular. El problema del control de calidad y del proceso de homogeneización, previo a la agregación espacial de los datos, es abordado para Cataluña en López *et al.* (1999).

De las distintas propuestas de agregación y combinación espacial de registros meteorológicos se ha seleccionado la desarrollada por el grupo de la Unidad de Investigación Climática de la Universidad de East Anglia (CRU) (JONES *et al.*, 1982, 1986; JONES y HULME, 1996). La elección de esta aproximación reside en su sencillez, solidez y bondad de los resultados con ella obtenidos, como lo demuestran las diferentes revisiones críticas realizadas por distintos expertos (ELSAESSER, *et al.*, 1986; FOLLAND, *et al.*, 1990, 1992; JONES y BRIFFA, 1992; KARL *et al.*, 1994, entre otros).

En este estudio, se ha utilizado la base de datos homogeneizada de los promedios mensuales de la temperatura media diaria correspondiente a 17 observatorios del NE peninsular para el período 1910-1998. Con estos datos, se han calculado los promedios anuales y estacionales de la variable para cada uno de los años que componen el período y para cada uno de los observatorios. A partir de esos valores anuales y estacionales se ha procedido a realizar el proceso de combinación de registros, tendente a construir una nueva serie regional con la que se abordará el análisis de la detección y caracterización de las variaciones térmicas y tendencias a largo plazo que ha registrado el territorio catalán.

La localización geográfica de los observatorios seleccionados se proporciona en la Figura 1; mientras que, en la Figura 2, se facilita información sobre el número de estaciones catalanas que han contribuido con información térmica mensual en cada uno de los años que integran el período.

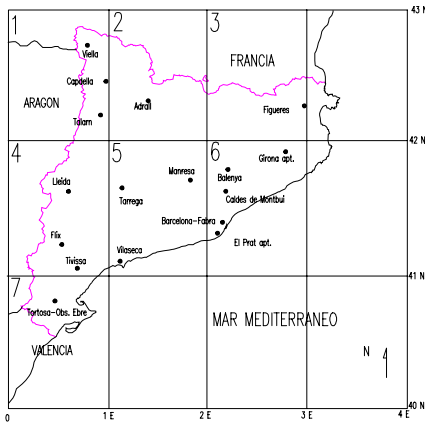


Figura 1. Mapa de localización de los 17 observatorios utilizados en el proceso de agregación espacial.

El paso inicial ha consistido en la conversión de cada uno de los registros que componen las 17 series de observaciones ajustadas a nuevas series de anomalías absolutas respecto al promedio del período de referencia 1961-90. En efecto, los promedios estacionales y anuales de la temperatura media diaria, calculados a partir de los valores mensuales de cada uno de los observatorios que integran la red, han sido convertidos en anomalías absolutas respecto al promedio de referencia elegido.

Los valores de las anomalías obtenidos han sido asociados a cada una de las retículas que integran una malla regular de 1°x1° de latitud/longitud que cubre el territorio analizado entre los 40° y 43° de latitud Norte y los 0° y 3° de longitud Este en función de su precisa localización geográfica. Las siete retículas integrantes de la red han sido numeradas para su identificación (Fig. 1).

Cada estación ha participado exclusivamente en el cálculo del promedio de la retícula en la que está integrado, sin que fuera necesario que ningún registro individual participara en el cómputo espacial de otras retículas. A continuación, para cada retícula, se han promediado todas las series de anomalías integrantes usando como ponderación la distancia inversa de cada estación al centro de la retícula, según se expresa en el siguiente algoritmo:

$$T_g = \sum_{s=1}^M a_s T_s / \sum_{s=1}^M a_s$$

donde  $T_g$  es la anomalía térmica interpolada para cada punto central de retícula,  $T_s$  ( $s=1, M$ ) es la anomalía térmica de la estación,  $a_s$  es la distancia inversa entre la estación “s” y el punto central de la retícula (JONES *et al.* 1986).

Como el número de estaciones (M) varía con el tiempo y entre retículas, en algunos casos, cuando  $M = 1$ , los valores del observatorio han sido usados como los correspondientes a la retícula.

Para el cálculo del promedio espacial del territorio catalán en su conjunto se ha procedido ponderando de forma similar los promedios espaciales de cada una de las retículas que componen la red.

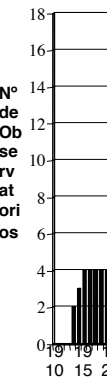


Fig. 1

En el Cuadro nº I se presenta información sobre el número de estaciones que han participado en cada década en el cálculo del promedio regional, proporcionando asimismo el porcentaje del nivel de cobertura espacial de la red, respecto al total de superficie catalana. El período de mejor cobertura ha sido el de 1950-1989, lo que nos ha permitido establecer que la interpolación espacial de datos ha cubierto casi el 100% del territorio catalán. El nivel de cobertura desciende entre 1930 y 1949 al 86% de la superficie total; mientras que, entre 1910 y 1929 desciende al 35%, constituyendo la fracción temporal de peor cobertura durante el período analizado.

<i>Decenios</i>	<i>Número de estaciones utilizados en cada retícula</i>								<i>Nivel de cobertura (%)</i>
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	Total	
1910-19	0	0	0	1	0	2	1	4	35
1920-29	0	0	0	1	0	2	1	4	35
1930-39	2	1	0	1	3	3	1	11	86
1940-49	2	1	0	3	3	4	1	14	86
1950-59	3	1	1	3	3	5	1	17	100
1960-69	3	1	1	3	3	5	1	17	100
1970-79	3	1	1	3	3	5	1	17	100
1980-89	3	1	1	3	3	5	1	17	100
1990-98	2	1	1	3	3	5	1	16	100

Cuadro nº I. Número de observatorios utilizados en cada retícula y proporción de la superficie cubierta por décadas.

A continuación, se expondrán los resultados obtenidos tras el proceso de agregación espacial de datos, así como las variaciones y tendencias de la temperatura del aire ocurridas en la región catalana durante el período de estudio.

## 2. VARIACIONES Y TENDENCIAS TÉRMICAS RECIENTES EN LA REGIÓN CATALANA

El algoritmo de agregación espacial ha sido aplicado a los valores anuales y estacionales de las anomalías de la temperatura media diaria para cada uno de los años que componen el período analizado (1913-1998) y para cada observatorio integrante de la red, tal como se ha indicado en el apartado anterior. El objetivo final de esta combinación ha sido obtener promedios espaciales a largo plazo con los que construir las curvas térmicas anuales y estacionales correspondientes a la región catalana.

A partir de éstos, se ha estimado la evolución térmica temporal del NE peninsular. Las curvas resultantes, representadas en la Figura 3a,b,c,d,e, han sido suavizadas con una media móvil de siete años, tendente a suprimir variaciones sobre escalas temporales menores y proporcionar una visión de las variaciones térmicas de la región. Paralelamente, se ha procedido a establecer los puntos de cambio de las curvas anuales y estacionales, mediante el uso del modelo de regresión en dos fases aplicado por Solow para detectar puntos de cambio abruptos en la tendencia (SOLOW, 1987).

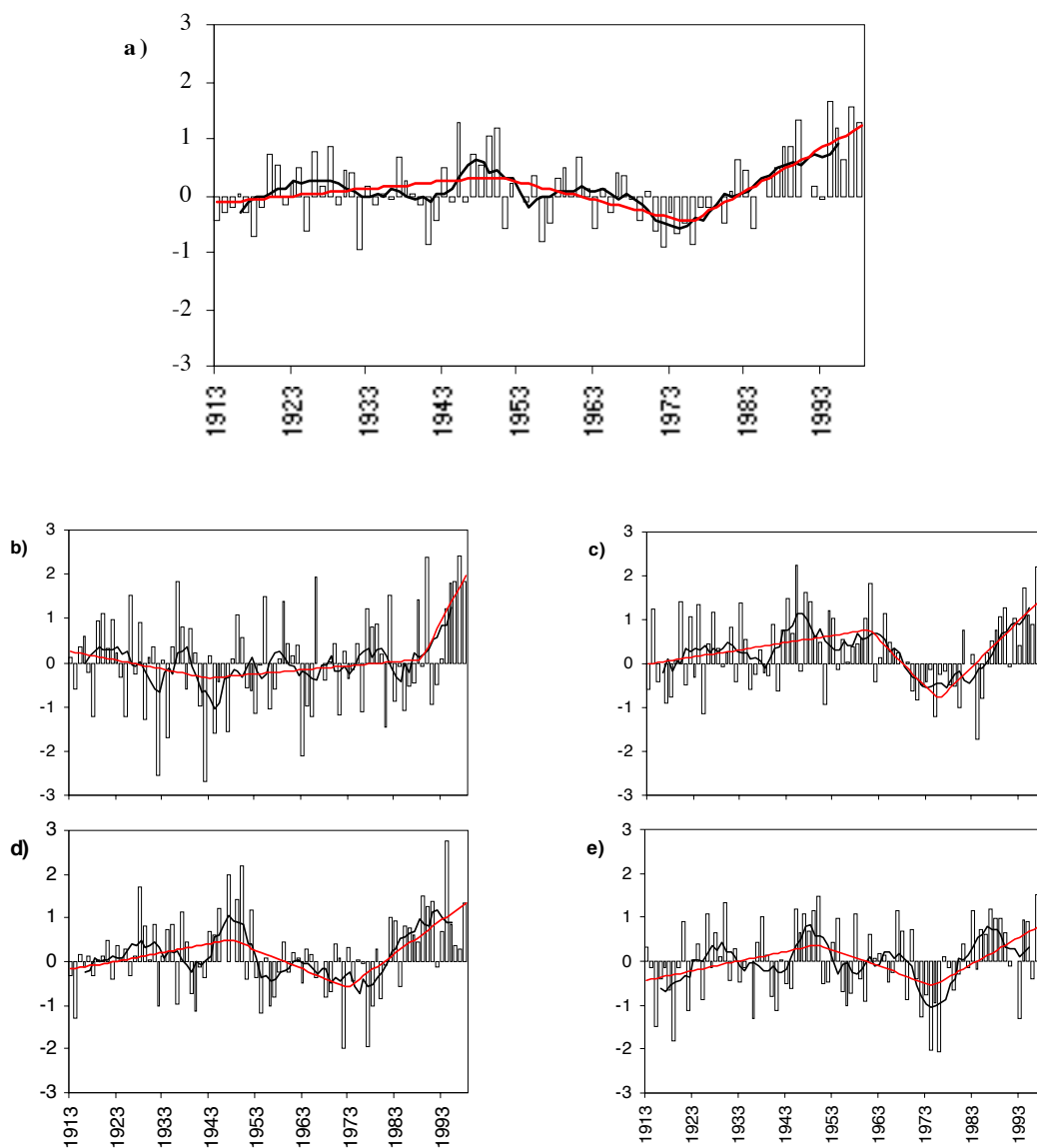


Figura 3. Evolución térmica a largo plazo de la región catalana. Fig. **a)** Anomalías anuales de la temperatura media diaria. **b)** Anomalías invernales. **c)** Anomalías en primavera. **d)** Verano. **e)** Otoño. 1) Columnas: promedios anuales de las anomalías térmicas catalanas. 2) Trazo grueso: media móvil de siete años. 3) Trazo fino: tendencia parcial calculada a partir de la estimación de los puntos de cambio

También se ha calculado la tendencia térmica total del período, tanto para las anomalías anuales como para las estacionales. Estos valores, junto a las tendencias parciales estimadas a partir del establecimiento de los puntos de cambio para cada uno de los subperíodos establecidos de distinto comportamiento térmico se proporcionan en el Cuadro nº II.

	<i>TENDENCIA TOTAL</i>		<i>TENDENCIAS PARCIALES POR SUBPERÍODOS SELECCIONADOS</i>					
	°C año <sup>-1</sup>	Total	°C año <sup>-1</sup>	Duración	°C año <sup>-1</sup>	Duración	°C año <sup>-1</sup>	Duración
ANUAL	0,005*	0,442	0,012**	1913-49	-0,030*	1950-75	0,074**	1976-98
INVIERNO	0,008	0,690	-0,0203	1913-42	0,0091	1943-88	0,1998	1989-98
PRIMAVERA	0,003	0,245	0,0163	1913-60	-0,106**	1961-75	0,104**	1976-98
VERANO	0,005	0,458	0,0197	1913-47	-0,043*	1948-72	0,075**	1973-98
OTOÑO	0,005	0,410	0,022*	1913-49	-0,0371	1950-74	0,059	1975-98

(\*) Nivel de significación del 95%

(\*\*) Nivel de significación del 99%

Cuadro nº II. Tendencias totales y parciales de la temperatura media diaria en el NE peninsular para el conjunto del año y por estaciones (Período 1910-98)

Tras el análisis de la tendencia estimada en base anual, los resultados obtenidos arrojan un significativo incremento de las temperaturas en la región analizada, cifrado en 0,44°C para el conjunto del período. La contribución estacional más destacada ha sido la efectuada por el invierno, seguida del verano y el otoño y, con una menor participación, de la primavera.

Ahora bien, este incremento no ha sido gradual a lo largo del período analizado ni ha presentado un comportamiento monótono. Bien al contrario, de la inspección de la Figura 3a se desprende como éste se halla jalonado de subperíodos de incremento y decremento térmico que configuran a su vez fases cálidas y frías de duración y magnitud diferenciada.

En primer lugar, destaca el repentino, robusto y sostenido aumento térmico ocurrido desde mediados de los setenta hasta el final del período, sin que haya tenido equiparación en su magnitud con ningún otro de los registrados. En efecto, en las dos últimas décadas la tendencia parcial acumulada se ha establecido en 1,72 °C, valor indicativo de la destacable elevación de las temperaturas medias diarias en la región catalana durante este breve lapso de tiempo.

Los cálidos inviernos de los noventa han participado de forma preponderante en el cómputo de esta estimación, al registrar una tendencia positiva de 0,19 °C/año, lo que se ha traducido en un aumento acumulado de las temperaturas medias invernales de 2 °C en tan sólo diez años. La primavera, asimismo, ha secundado el intenso tirón térmico final, con una tendencia acumulada en su subperíodo de 2,4 °C/22 años; aunque, a diferencia de la estación invernal, la fuerte tendencia positiva se ha iniciado con anterioridad. Los veranos y los otoños también han obtenido significativas y altas tendencias positivas desde mediados de los setenta, aunque su magnitud ha sido más reducida (Cuadro nº II y Figura 3b,c,d,e).

Del análisis de las variaciones térmicas temporales se desprende en segundo lugar, la existencia de dos fases de duración y signo térmico diferenciado. La primera, de carácter frío, arranca en los cincuenta con una disminución notable de las temperaturas y se extiende hasta mediados de los

setenta en los que se registran los más bajos valores del período en su conjunto. La segunda, abarca desde su inicio hasta la mitad de siglo, evidenciando una tendencia clara al incremento y configurando una fase cálida en los cuarenta, aunque no llega a alcanzar las proporciones detectadas en la etapa final.

De estos dos subperíodos destaca, en función de la tendencia parcial estimada, la fase fría intermedia. El promedio anual de las temperaturas medias diarias arroja para este subperíodo una tendencia negativa acumulada de  $-1,72\text{ }^{\circ}\text{C}/25$  años. Para esta estimación, la contribución estacional más sobresaliente corresponde a la primavera ( $-1,59\text{ }^{\circ}\text{C}/14$  años). Le sigue el verano y el otoño con decrementos menores ( $-1,09\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-0,92\text{ }^{\circ}\text{C}/24$  años respectivamente). El invierno tiene un comportamiento inverso al del resto de estaciones, ya que no contribuye ni en la configuración de los fríos setenta ni presenta una disminución de la tendencia en este subperíodo. Bien al contrario, las temperaturas invernales registradas en el extenso período que se inicia en los cuarenta y perdura hasta finales de los ochenta obtienen una tendencia ligeramente positiva de  $0,42\text{ }^{\circ}\text{C}/45$  años.

La segunda fase presenta desde inicios de la serie hasta finales de los cuarenta una tendencia positiva, que culmina con la configuración de una fase cálida en los años cuarenta. La tendencia parcial acumulada en base anual es de  $0,47\text{ }^{\circ}\text{C}/36$  años, relacionada con las más altas temperaturas medias del otoño ( $0,82\text{ }^{\circ}\text{C}/36$  años). También los veranos contribuyeron en su configuración, seguidos de las primaveras. En cambio, el período invernal vuelve a presentar un patrón diferencial, al arrojar una reducida tendencia parcial negativa de  $-0,61\text{ }^{\circ}\text{C}/30$  años.

### 3. CONCLUSIONES

La finalidad de esta aportación ha sido generar una nueva y más completa base de datos agregados espacialmente de las temperaturas medias diarias de la región catalana, para posibilitar una detección y caracterización objetiva de las variaciones y tendencias térmicas registradas en esa región durante el presente siglo.

De los distintos métodos existentes que combinan los registros térmicos de los observatorios disponibles para generar nuevas series regionales, se ha optado por la utilización del algoritmo de agregación espacial implementado por el equipo del CRU. Las series mensuales homogeneizadas de la temperatura media han sido convertidas en series de anomalías absolutas, respecto al período 1961-90, e interpoladas sobre una red regular de  $1^{\circ}$  de latitud por  $1^{\circ}$  de longitud para producir promedios espaciales ponderados de cada uno de los años que integran el período analizado (1910-1998).

Los resultados obtenidos evidencian un significativo incremento térmico total de  $0,44\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante la actual centuria, habiendo sido motivado especialmente por los más cálidos inviernos registrados a lo largo del período analizado. El verano y el otoño también han contribuido con similar peso a configurar esa estimación, mientras que la primavera ha ejercido una menor influencia.

El análisis de las variaciones temporales de los datos muestra la existencia de períodos de comportamiento térmico diferenciado. La serie arranca con un período de tendencia positiva que culmina en los cuarenta con la configuración de una fase cálida y a partir de aquí se inicia un descenso de las



temperaturas catalanas, evidenciado por una reducida tendencia negativa que adquiere su mayor magnitud en los años setenta. Finalmente, desde mediados de los setenta se desarrolla un intenso y sostenido calentamiento en el que se registra la más alta y positiva tendencia térmica parcial del período analizado.

#### 4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRADLEY, R. S., P. M. KELLY, P. D. JONES, H. F. DIAZ y C. GOODESS, (1985): *A climatic data bank for the Northern Hemisphere land areas 1851-1980*, Washington: DoE Tech. Report N. TR017, U. S. Dept. of Energy, Carbon dioxide Research Division, 355 pp.
- CLAVERO, P. (1982): “Análisis climático de las temperaturas de Barcelona (Observatorio de Fabra 1914-1981)”, en *I Congrés d’Història del plà de Barcelona*, pp. 55-63.
- CUADRAT, J. M. (1989): “Las oscilaciones climáticas recientes en Zaragoza” (1865-1984), *Geographicalia*, **12**, 53-60.
- ELLSAESSER, H. W., M. C. MacCRACKEN, J. J. WALTON y S. L. GROTCHE (1986): “Global climatic trends as revealed by the recorded data”, *Rev. Geophys. Space Physic*, **24**, 745-792.
- ESTEBAN-PARRA, M. J.; F. S. RODRIGO e Y. CASTRO (1993): “Tendencias y puntos de cambio en las temperaturas del litoral mediterráneo español durante los últimos 100 años”, *XXIV Bienal Real Sociedad Española de Física*, II, MT36, Jaca.
- ESTEBAN-PARRA, M. J.; F. S. RODRIGO e Y. CASTRO (1995): “Temperature trends and change points in the Northern Spanish Plateau during the last 100 years”, *International Journal of Climatology*, **15**, 1031-1042
- FERNANDEZ, F. (1994): “Los cambios climáticos recientes. Tendencias metodológicas y estado de la cuestión en España Peninsular”, en PITA *et al.*: *Cambios y variaciones climáticas en España. Actas de la I Reunión del Grupo de Climatología de la Asociación de Geógrafos Españoles*, Sevilla: Ed. Fundación El Monte, pp. 19-46.
- FOLLAND, C. K., T. R. KARL y K. Ya. VINNIKOV (1990): “Observed climate variations and change” en J. T. HOUGHTON, G. J. JENKINS y J. J. EPHRAUMS (Eds.): *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*, Cambridge: Cambridge University Press, 195-238.
- HANSEN, J. E. Y S. LEBEDFF (1987): “Global trends of measured surface air temperature”, *Journal Geophysical Research*, **92**, 13.345-13.372.
- HANSEN, J. E. Y S. LEBEDFF (1988): “Global surface temperatures: Update through 1987”, *Journal Geophysical Research Letters*, **15**, 323-326.
- IPCC (1992): *Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment*, Cambridge: University Cambridge Press, 365 pp.
- IPCC (1995): *Climate Change 1995. The Science of Climate Change*, Cambridge: University Cambridge Press, 572 pp.

- JONES, P. D. (1994): "Hemispheric Surface Air Temperature Variations: A Reanalysis and an Update to 1993", *Journal of Climate*, **7**, 1794-1802.
- JONES, P. D. y K. R. BRIFFA (1992): "Global surface air temperature variations during the twentieth century: Part 1, spatial, temporal and seasonal details", *The Holocene*, **22**, 165-179.
- JONES, P. D. y M. HULME (1996): "Calculating Regional Climatic Time Series for Temperature and Precipitation: Methods and Illustrations", *International Journal of Climatology*, **16**, 361-377.
- JONES, P. D., T. M. L. WIGLEY y P. M. KELLY (1982): "Variations in surface air temperatures: Part 1. Northern Hemisphere, 1881-1980", *Monthly Weather Review*, **110**, 59-72.
- JONES, P. D., S. C. B. RAPER, R. S. BRADLEY, H. F. DIAZ, P. M. KELLY y T. M. L. WIGLEY (1986): "Northern Hemisphere surface air temperature variations: 1851-1984", *Journal of Climate Applied and Meteorology*, **25**, 161-179.
- KARL, Th. R., R. W. KNIGHT y J. R. CHRISTY (1994): "Global and Hemispheric temperature Trends: Uncertainties Related to Inadequate Spatial Sampling", *Journal of Climate*, **7**, 1144-1163.
- LOPEZ, D., M. BRUNET, J. M. LOPEZ, E. AGUILAR, O. SALADIE y J. SIGRO (1999): "Homogeneization of NE Spain Maximum and Minimum Surface Air Temperatures, 1910-1998", *Geophysical Research Abstracts*, **1, 2**, 550.
- LOPEZ GOMEZ, A. y F. FERNANDEZ, (1986): "Evolución térmica en Madrid durante el presente siglo (1901-1980)", en LOPEZ VERA, F. (Ed): *Quaternary Climate in Western Mediterranean. Proceeding of the Symposium on climatic fluctuations during the Quaternary in the Western Mediterranean Regions*, Madrid: Ed. UAM, pp. 249-270.
- MONTON, E. y J. QUEREDA, (1997): "Evolución de las temperaturas en la cuenca del Mediterráneo", en MONTON y QUEREDA: *¿Hacia un cambio climático?. La evolución del clima mediterráneo desde el siglo XIX*, Castellón: Ed. Fundación Dávalos-Fletcher, pp. 111-245.
- OÑATE, J. J. YA. POU (1996): "Temperature variations in Spain since 1901: A preliminary analysis", *International Journal of Climatology*, **16**, 805-815.
- QUEREDA, J. (1992): "Significant Warming Trend in the Spanish Mediterranean", *Weather*, 274-275.
- QUEREDA, J. y MONTON, E. (1994): "Calentamiento significativo en el mediterráneo español (1870-1993)", en PITA *et al.*: *Cambios y variaciones climáticas en España. Actas de la I Reunión del Grupo de Climatología de la Asociación de Geógrafos Españoles*, Sevilla: Ed. Fundación El Monte, pp. 347-360.
- RASO, J. M. (1987): "Variaciones recientes de la temperatura media en el Observatorio del Ebro", *Annales de la Univ. Complutense de Madrid*, pp. 155-165.
- SALA, L. (1995): "Evolución del clima actual en la región de Cantabria", en CREUS NOVAU, J. (Ed): *Situaciones de riesgo climático en España*, Huesca: Ed. Inst. Pirenaico de Ecología, pp. 317-327.

- SOLOW, (1987): "Testing for climatic change: an application of the two-phase regression model", *Journal of Climate and Applied Meteorology*, **26**, 1401-1405.
- VINNIKOV, K. Ya., P. Ya. GROISMAN y K. M. LUGINA (1990): "The empirical data on modern global climate changes (temperature and precipitation)", *Journal of Climate*, **3**, 662-677.
- WHEELER, D. (1995): "Early Instrumental Weather Data from Cadiz: A Study of Late Eighteenth and Early Nineteenth Century Records", *International Journal of Climatology*, **15**, 801-810.
- WIGLEY, T. M. L., J. K. ANGELL y P. D. JONES (1985): "Analysis of the temperature record" *U.S. Department of Energy State of the Art Report, Detecting the climatic effects of Increasing carbon dioxide*, Washington, DC, U.S. Dept. of Energy Carbon Dioxide Research Division.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo ha sido financiado por CICYT, Proyecto de Investigación de I+D CLI96-1842-C05-01. Agradecemos al I.N.M. por la cesión de la base de datos y especialmente al personal del Centro Meteorológico de Barcelona, Sr. Lara (Director) y Sara Satué (responsable Sección de Climatología), por su colaboración en el proceso de recuperación de datos. También, agradecemos la participación de P. Chana durante el tratamiento de los datos.

