

EVOLUCIÓN DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMA Y MÍNIMA DIARIA EN ZARAGOZA, BARCELONA Y MADRID EN LA SEGUNDA MITAD DEL SIGLO XX

J. ABAURREA*, E. ÁLVAREZ**, J. ASÍN*, A.C. CEBRIÁN* y A. CENTELLES*

*Departamento de Métodos Estadísticos, Universidad de Zaragoza

**Centro Territorial del INM para Aragón, Navarra y Rioja

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es analizar la evolución de la temperatura en tres ciudades españolas, Zaragoza, Madrid y Barcelona, a partir de los datos de temperatura máxima (Tx) y mínima (Tn) diarias del intervalo 1951-2003. Aunque lo habitual es hacer este análisis por estaciones, hemos encontrado que esa escala temporal puede resultar inadecuada y que es necesario determinar los periodos donde la evolución es homogénea y diferente. En los siete periodos que hemos distinguido se analiza la evolución de Tx, Tn y del rango térmico diario, Tx-Tn. Asimismo, se estudia la evolución de la variabilidad observada en Tx y Tn. Entre los resultados obtenidos destacaremos: (a) el similar patrón de evolución de Tx y Tn; (b) el elevado grado de concordancia entre las evoluciones de las tres ciudades, observándose las mayores diferencias entre Madrid y Barcelona y representando Zaragoza una situación intermedia entre ambas; (c) los periodos de mayor cambio son el final del invierno y el inicio del verano y el más estable Noviembre-Diciembre; (d) desde el inicio de los 90, en el centro del verano, Julio-Agosto, la tendencia de Tx y Tn es decreciente en Madrid y ligeramente positiva en Zaragoza.

Palabras clave: Temperatura diaria, Análisis de tendencias, Cambio climático, Península Ibérica

ABSTRACT

The aim of this work is to analyse the temperature evolution during the period 1951-2003 in three Spanish locations, Zaragoza, Madrid and Barcelona, using daily maximum and minimum temperature data, Tx and Tn respectively. This type of analysis is usually performed seasonally but we found that such time scale is not adequate and that, in order to properly analyse the observed changes, it is necessary to determine the periods where the temperature evolution is homogeneous. We identify throughout the year seven different periods where we analyse Tx, Tn and the daily temperature range, Tx-Tn, evolution. The change in Tx and Tn variability is also studied. Regarding the results obtained we emphasize that: (a) Tx and Tn evolves in a similar way; (b) the affinity among the studied locations is also high: Madrid and Barcelona are the most different and Zaragoza combines elements of both; (c) the end of winter and the beginning of the summer are the periods where bigger changes are observed, while the autumn is the most stable season; (d) from the beginning of the 90's Tx and Tn trends are decreasing in Madrid and slightly positive in Zaragoza.

Key words: Daily temperature, Trend analysis, Climatic Change, Iberian Peninsula

1. INTRODUCCIÓN

El estudio del calentamiento observado en el pasado siglo, en particular durante su segunda mitad, ha producido abundante literatura científica en la que se han analizado múltiples aspectos de este tema: la evolución de los valores medios de T_x , T_n y de la oscilación térmica diaria, R_t , los cambios observados en la variabilidad de estas variables y en sus episodios extremos; el tercer informe del IPCC (2001) recoge un análisis de estas cuestiones basado en los trabajos publicados hasta el año 2000.

Existen numerosos trabajos que analizan lo ocurrido en la España peninsular que, en su mayor parte, presentan algún tipo de problema: Los estudios a escala europea, KLEIN, TANK y KÖNNEN (2003) o MÖBERG y JONES (2005), adolecen de que utilizan muy pocos observatorios en la Península Ibérica, 6 en la base de datos de ECA (*European Climate Assessment*), 2 en el trabajo de MÖBERG y JONES (2005). En el informe final del proyecto ECCE, cuyo objetivo era la evaluación de los impactos ocurridos en España por efecto del cambio climático, MARTÍN VIDE (2005) realiza un análisis del clima pasado y actual, incluyendo en él un apartado dedicado a las tendencias recientes, en particular al aumento de la temperatura. Allí se citan bastantes trabajos que estudian este problema a escala regional: ABAURREA *et al.* (2001), la parte central del Valle del Ebro, BRUNET *et al.* (2001), Cataluña, LABAJO y PIORNO (1998), la Meseta Norte, GALÁN *et al.* (2001), la Meseta Sur, HORCAS *et al.* (2001), la cuenca del Segura, QUEREDA y MONTÓN (1999), la Comunidad Valenciana y Murcia. A éstos cabe añadir el de MIRÓ y ESTRELA (2004) sobre la Comunidad Valenciana. El inconveniente de estos estudios parciales es que la metodología y los aspectos que interesan a sus autores varían, lo que impide obtener una visión homogénea y completa.

Existen dos trabajos recientes que abordan un análisis global de la Península: la tesis doctoral de STAUDT (2004), que utiliza 45 observatorios y analiza regionalmente el cambio observado en T_x y T_n , y el de BRUNET *et al.* (2005), basado en 22 series con origen en el siglo XIX, que analiza, anual y estacionalmente, una serie que resume la evolución de la temperatura media diaria en el conjunto del territorio.

ABAURREA *et al.* (2006), al analizar el comportamiento de los episodios extremos de calor en los observatorios de Zaragoza y Huesca, encuentran que la evolución del valor medio de T_x y T_n en los meses de verano, a partir de 1951, no ha sido homogénea; distinguiéndose claramente dos patrones de cambio: uno correspondiente al periodo final de primavera e inicio del verano y otro a la parte central de esta última estación. Este hecho hace replantearse los estudios sobre el calentamiento observado que, en sus trabajos de mayor resolución temporal, suelen utilizar la estación como periodo de análisis.

Nuestro objetivo en este estudio es caracterizar la evolución de T_x y T_n en tres ciudades, Zaragoza, Madrid y Barcelona, en el intervalo 1951-2003; para ello, el primer paso es establecer una partición del año en periodos en los que el patrón evolutivo pueda considerarse homogéneo y diferente, este proceso se comenta en la sección 2. En la sección 3 se analiza la evolución de los valores medios de T_x , T_n y del rango diario $R_t = T_x - T_n$ en los 7 periodos establecidos en el año y se señalan las analogías y diferencias entre los tres observatorios. En la sección 4 se analiza el cambio observado en la variabilidad de las temperaturas y en la 5 se exponen las conclusiones del trabajo.

2. IDENTIFICACIÓN DE PERIODOS CON UNA EVOLUCIÓN HOMOGÉNEA Y DIFERENCIADA

La figura 1 muestra la evolución de los valores medios de Tx, Tn y Rt en el intervalo 1951-2003, obtenida mediante un suavizado *lowess* (*robust locally weighted regression*), de parámetro de ventana 0.40 y tres iteraciones de robustecimiento, que se aplica a las series de temperaturas diarias de las tres ciudades. Cabe destacar la similar evolución de Tx en Zaragoza y Barcelona, que incrementa su valor medio en 2°C, aproximadamente, en los últimos 30 años y su menor incremento en Madrid, debido a la disminución de la tasa de crecimiento desde mediados de los años 80. La evolución de Tn muestra menor similitud: destaca la mayor tasa de crecimiento en Barcelona, que registra un cambio de 2°C en los 20 últimos años. El rango térmico diario muestra oscilaciones de diferente amplitud y carácter en las tres ciudades, que pueden ser compatibles con una situación estacionaria: los valores medios al inicio y final del intervalo de estudio son similares en los tres observatorios.

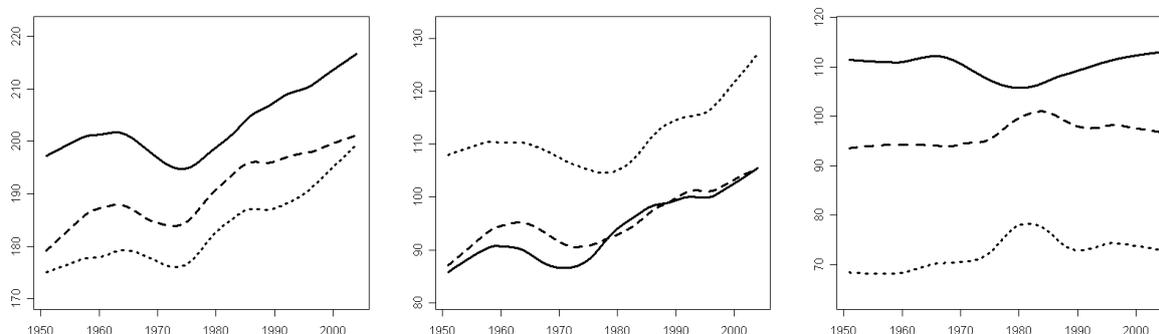


Fig. 1: Evolución del valor medio de Tx (izq), Tn (cen) y Rt (dch) en Zaragoza (continuo), Madrid (discont) y Barcelona (puntos), utilizando todos los días del año

Para determinar los periodos con un patrón de evolución homogéneo se compararon los patrones observados en la evolución de los valores medios de Tx y de Tn en el intervalo 1951-2003, tomando periodos móviles de 35 días, con una distancia de 15 días entre sí. Se analizaron gráficamente 144 suavizados *lowess* ($144=24 \times 3 \times 2$), de parámetros idénticos a los ya señalados, correspondientes a las dos variables, las tres ciudades y los 24 intervalos temporales de 35 días que recubren el año, con el objetivo de identificar los que eran similares entre sí y fundir los periodos correspondientes.

A modo de ejemplo, la figura 2 muestra esos suavizados para los datos de los 8 intervalos que recubren el verano: 17My-21Jn, 1Jn-6Jl, 16Jn-21Jl, 1Jl-5Ag, 16Jl-20Ag, 31Jl-4Se, 15Ag-19Se y 30Ag-4Oc. En esta estación distinguimos tres perfiles de evolución:

- El correspondiente a las curvas 17My-21Jn y 1Jn-6Jl que aumentan su tasa de crecimiento en la década de los 90.
- El de las curvas 1Jl-5Ag, 16Jl-20Ag y 31Jl-4Se, cuya tasa de crecimiento disminuye, se anula o vuelve decreciente, dependiendo de la ciudad, a partir de 1990.
- El de la curva 30Ag-4Oc, que dibuja un máximo a mediados de los años 80.

Las curvas 16Jn-21Jl y 15Ag-19Se, corresponden a perfiles de transición entre los modos anteriores.

De un modo análogo se analizaron las evoluciones de los suavizados correspondientes a las otras estaciones y a los intervalos que sirven de transición entre ellas. Finalmente, se estableció una clasificación que divide el año en 7 periodos, en los que la evolución de Tx y Tn sigue un patrón homogéneo en las tres ciudades; estos periodos son: Enero, Febrero-Marzo, 1Abril-15Mayo, 16Mayo-30Junio, Julio-Agosto, Septiembre-Octubre y Noviembre-Diciembre.

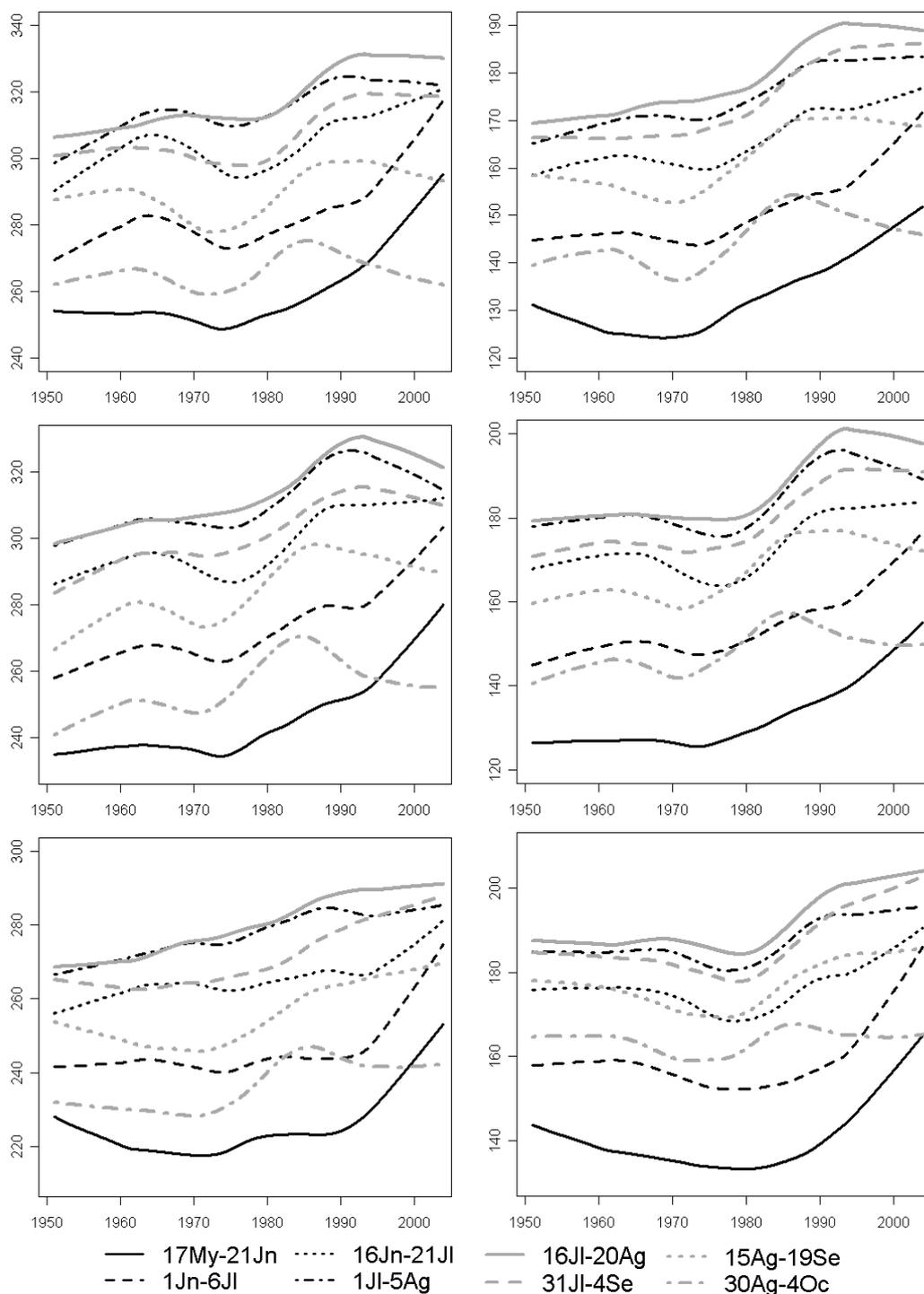


Figura 2: Evolución de Tx (izq) y Tn (dch) en diferentes periodos del verano en Zaragoza (sup), Madrid (cen) y Barcelona (inf)

EVOLUCIÓN DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMA Y MÍNIMA DIARIA EN ZARAGOZA, BARCELONA Y MADRID EN LA SEGUNDA MITAD DEL SIGLO XX

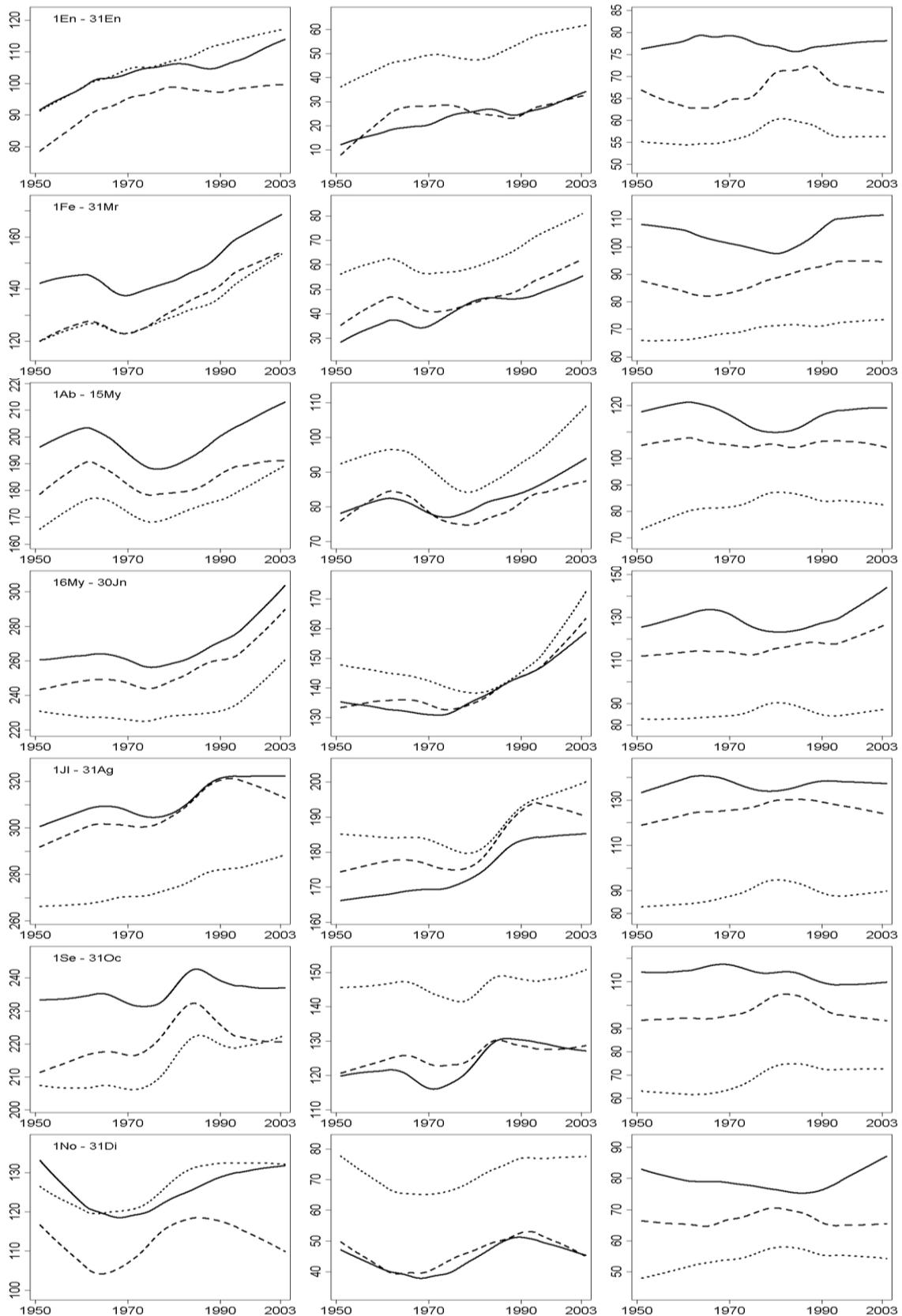


Fig. 3: Evolución del valor medio de Tx (izd), Tn (cent) y Rt (dch) en Zaragoza (continuo), Madrid (discont), Barcelona (puntos), en los 7 periodos identificados

3. EVOLUCIÓN DEL VALOR MEDIO DE Tx Y Tn

3.1. Patrones de evolución

Determinados los intervalos de análisis, las curvas que representan la evolución a largo plazo de Tx, Tn y $Rt = Tx - Tn$ en cada ciudad y periodo, se obtuvieron mediante suavizados lowess, empleando los parámetros señalados. La figura 3 muestra los valores medios suavizados de Tx, Tn y Rt para los tres observatorios, correspondiendo cada fila a un periodo distinto. Como hechos más notables señalemos:

- Las diferencias que se observan entre los patrones de periodos que corresponden a la misma estación. Destacan la diferencia en los meses que forman el verano, JJA, ilustrada en la sección 2, y los diferentes perfiles de los meses que constituyen el invierno, Diciembre, Enero y Febrero, ver figura 4.
- En cada periodo, los patrones evolutivos de Tx y Tn son similares dentro de cada observatorio. Por lo que respecta a estos últimos, el parecido entre sí es grande pero identificamos dos diferencias sistemáticas:
 - (i) La tasa de crecimiento de Tx a partir de los años 90 en Madrid, salvo en el periodo 16My-30Jn, es menor que en Barcelona y Zaragoza.
 - (ii) Barcelona se caracteriza, en la última década, por el mayor crecimiento medio de Tn, en el periodo de Abril a Diciembre, y de Tx entre Julio y Octubre.
- La pendiente final de los suavizados de Tx y Tn suele ser positiva; las excepciones ocurren en Madrid, en los periodos Jl-Ag y No-Di, en las dos variables, y en Zaragoza, en los de Se-Oc y No-Di, en Tn.
- El rango diario no manifiesta patrones definidos y su comportamiento podría ser compatible con una situación estacionaria.

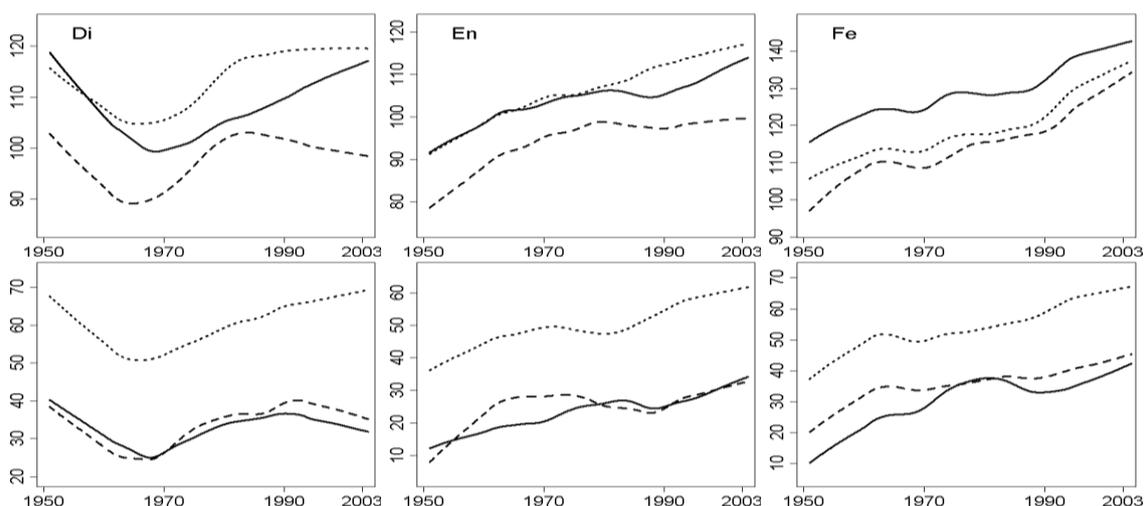


Fig. 4: Evolución del valor medio de Tx (sup), Tn (inf) en Zaragoza (continuo), Madrid (discont), Barcelona (puntos), en los meses de Diciembre (izq), Enero (cen) y Febrero (dch)

3.2. Tendencias observadas en los últimos 30 años

En líneas generales se observa en Tx y Tn una fase creciente que comienza para todos los observatorios y periodos durante la década de los años 70, salvo en Enero y No-Di, donde el comienzo es anterior. En un buen número de curvas existe un punto de cambio a finales de los años 80 o comienzos de los 90, en el que la tendencia, dependiendo del observatorio y la señal, se incrementa, reduce o cambia de sentido. Para comparar mejor los cambios observados, se ha estimado la pendiente del valor medio suavizado en los intervalos en los que la curva de tendencia muestra un comportamiento aproximadamente lineal, ver Tabla 1. Señalemos los elementos más importantes en los distintos periodos:

Enero: La evolución de Tx y Tn es similar en los tres observatorios y de carácter globalmente creciente en todo el intervalo analizado. En Barcelona, las tasas de crecimiento son muy homogéneas y en Madrid donde se aprecia mayor heterogeneidad.

Febrero-Marzo: La evolución de Tx y Tn, creciente desde 1970, es muy similar entre sí y en las tres ciudades estudiadas. La pendiente de Tx en los años 1989-2003 varía sólo entre 0.91 y 1.22°C por década.

Abril-15 de Mayo: Tx y Tn crecen sostenidamente en los tres observatorios a partir de mediados, Tx, o finales, Tn, de los años 70. Los seis suavizados muestran a comienzos de los 90 un punto de cambio: en Madrid resulta más apreciable y corresponde, en ambas variables, a una disminución de la tasa de crecimiento; en Barcelona, por el contrario, a un incremento adicional. En Zaragoza disminuye la tasa en el caso Tx y aumenta en Tn.

16 de Mayo-Junio: Lo más destacado de este periodo es el fuerte incremento de la tasa de crecimiento, ya positiva en todas las señales, que ocurre en la década de los 90, alcanzándose para Tx tasas que rondan los 2.5°C por década en los tres lugares.

Julio-Agosto: En este periodo sólo Barcelona muestra un crecimiento sostenido de Tx durante todo el periodo; a partir de 1990 la señal se estabiliza en Zaragoza y desciende en Madrid (-0.65°C/dec en Tx). Algo similar se observa, en la misma fecha, en Tn.

	Tx Barcna	Tn Barcna	Tx Madrid	Tn Madrid	Tx Zrgoza	Tn Zrgoza
Enero	0.37 (70-03)	0.75 (80-92) 0.43 (93-03)		0.63 (89-03)	0.61 (88-03)	0.63 (88-03)
Fe-Mr	0.63 (70-88) 1.22 (89-03)	0.79 (74-03)	0.91 (70-03)	0.69 (74-03)	0.73 (70-88) 1.12 (89-03)	0.60 (89-03)
Ab-15My	0.57 (75-91) 0.94 (92-03)	0.71 (78-92) 1.24 (93-03)	0.56 (76-90) 0.28 (91-03)	0.56 (78-90) 0.36 (91-03)	0.89 (76-91) 0.84 (92-03)	0.42 (73-91) 0.72 (92-03)
16My-Jn	0.46 (76-92) 2.43 (93-03)	0.80 (80-92) 2.14 (93-03)	1.06 (76-92) 2.53 (93-03)	0.75 (76-92) 1.64 (93-03)	1.09 (76-92) 2.64 (93-03)	0.78 (76-92) 1.16 (93-03)
Jl-Ag	0.58 (73-03)	1.26 (80-90) 0.48 (91-03)	1.16 (73-90) -0.65 (91-03)	1.50 (80-90) -0.22 (91-03)	1.27 (78-90) 0.05 (91-03)	0.96 (80-90) 0.13 (91-03)

Tabla 1: PENDIENTES ESTIMADAS SOBRE LAS CURVAS SUAVIZADAS, EN °C/DÉCADA

Septiembre-Octubre: Las seis señales tienen un perfil común, con un máximo en la década de los 80, que es absoluto para Madrid y Zaragoza; en Barcelona no lo es porque las dos señales vuelven a crecer en la década de los 90. En las seis curvas, el nivel medio en el año final se sitúa por encima de su valor el año inicial.

Noviembre-Diciembre: Tx y Tn tienen un comportamiento oscilante que en Madrid termina en fase descendente y en Barcelona con una señal estable desde finales de la década de los 80.

3.3. Cambio en el valor medio

Para resumir numéricamente el comportamiento observado, se han calculado, sobre las curvas suavizadas, las diferencias entre los valores medios de Tx y Tn en los años 1951 y 2003, ver Tabla 2, y en los últimos 30 años, Tabla 3. Como hechos más relevantes destacaremos que:

- En el intervalo 1951-2003, el periodo en el que se experimenta menor cambio en Tx y Tn es, para las 3 ciudades, el periodo No-Di, donde se observan descensos moderados en 5 de las 6 curvas. La posición anterior la ocupa el periodo Se-Oc, con diferencias siempre positivas e inferiores a 1°C, salvo en Tx en Barcelona.
- En cuanto a las grandes diferencias, las dos más importantes ocurren, en 5 de las 6 curvas, en los periodos Fe-Mr ó 16My-Jn; sólo la variable Tn en Barcelona no sigue este patrón y tiene sus dos mayores diferencias en invierno: Enero y Fe-Mr. Los cambios registrados en esos periodos varían entre 2.5 y 4.6°C.
- En todas las combinaciones variable-ciudad, el tamaño de las diferencias decrece monótonamente desde el periodo 16My-Jn hasta el fin del año, No-Di.
- En el periodo de transición de otoño a invierno, No-Di, se observan valores medios de temperatura similares a los de hace 50 años, mientras que en la parte central y final del invierno las temperaturas medias se incrementan notablemente. Observamos también que en Madrid y Zaragoza, las condiciones del periodo 16My-Jn se aproximan a las de Jl-Ag, generándose un periodo cálido veraniego más prolongado.

	Tx Barcna	Tn Barcna	Tx Madrid	Tn Madrid	Tx Zrgoza	Tn Zrgoza
Enero	2.55	2.56	2.03	2.44	2.19	2.20
Fe-Mr	3.37	2.49	3.37	2.69	2.58	2.72
Ab-15My	2.33	1.64	1.19	1.08	1.55	1.55
16My-Jn	2.93	2.42	4.62	3.03	4.35	2.32
Jl-Ag	2.30	1.53	2.11	1.59	2.23	1.94
Se-Oc	1.54	0.50	0.91	0.80	0.36	0.74
No-Di	0.54	-0.02	-0.73	-0.52	-0.18	-0.24

Tabla 2: CAMBIO, EN °C, EN EL VALOR MEDIO SUAVIZADO ENTRE 1951 Y 2003

	Tx Barcna	Tn Barcna	Tx Madrid	Tn Madrid	Tx Zrgoza	Tn Zrgoza
Enero	1.19	1.28	0.26	0.42	0.92	1.07
Fe-Mr	2.81	2.38	2.85	2.07	2.84	1.62
Ab-15My	2.08	2.18	1.20	1.12	2.35	1.68
16My-Jn	3.57	3.23	4.65	3.13	4.76	2.74
Jl-Ag	1.77	1.85	1.23	1.51	1.75	1.55
Se-Oc	1.58	0.84	0.25	0.58	0.57	0.99
No-Di	1.00	1.15	-0.14	0.14	1.16	0.54

Tabla 3: CAMBIO, EN °C, EN EL VALOR MEDIO SUAVIZADO ENTRE 1974 Y 2003

- Al restringir el análisis al intervalo 1974-2003 resaltan dos hechos ya señalados: el calentamiento en el periodo 16My-Jn y el adelanto de la primavera al suavizarse las temperaturas de la parte final del invierno. El periodo del año que experimenta menor cambio en este intervalo es el que va de Septiembre a Enero.

4. ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD

Para analizar la evolución de la variabilidad de Tx y Tn estimamos, para cada día del periodo analizado, un valor medio “local” de estas variables que tuviera en cuenta su evolución decadal y su estacionalidad. Ese valor medio se obtuvo mediante un suavizado loess (locally weighted regression), de parámetro de ventana 0.02, función del año y del día del año (1 a 366). Para evitar en lo posible el efecto frontera en la variable día, el loess se aplicó a un conjunto de datos que se triplicó en tamaño, añadiendo a izquierda y derecha de la matriz de datos original, de dimensión 53x366, matrices similares para componer una matriz 53x1098 que, en cada fila, contenía los datos de temperatura diaria de 3 años consecutivos. Una vez obtenido el valor medio local, se calculó el correspondiente residuo (valor observado menos valor suavizado) que refleja la desviación del dato correspondiente.

Para representar la evolución de la desviación típica de Tx y Tn, se calcula la raíz cuadrada de los suavizados lowess aplicados a los diagramas de residuos al cuadrado frente al tiempo. Se realizó un análisis preliminar, análogo al descrito en la sección 2, para identificar los periodos con una evolución homogénea de la variabilidad, sin encontrar resultados claros; por ello decidimos realizar el análisis de variabilidad por meses, ver Figura 5.

Los resultados obtenidos hasta el momento sugieren que no hay cambios en la variabilidad de Tx y Tn en estos observatorios. En un trabajo previo que analizó la evolución de Tx y Tn en el centro del valle del Ebro, en el intervalo 1938-97, ABAURREA *et al.* (2001) encontraron un descenso estadísticamente significativo, a partir de la década de los 70, de la variabilidad de Tx, en invierno y primavera, y de la de Tn en primavera. El resultado actual no contradice la tesis anterior, ya que las señales analizadas en 2001 fueron estacionales y regionales, un promedio de las anomalías en 14 observatorios, y no series locales diarias. Es posible obtener un descenso en la variabilidad de la señal regional, como consecuencia de la mayor homogeneidad de evolución en los observatorios que la integran, sin que la variabilidad de las series locales diarias de Tx y Tn se haya alterado.

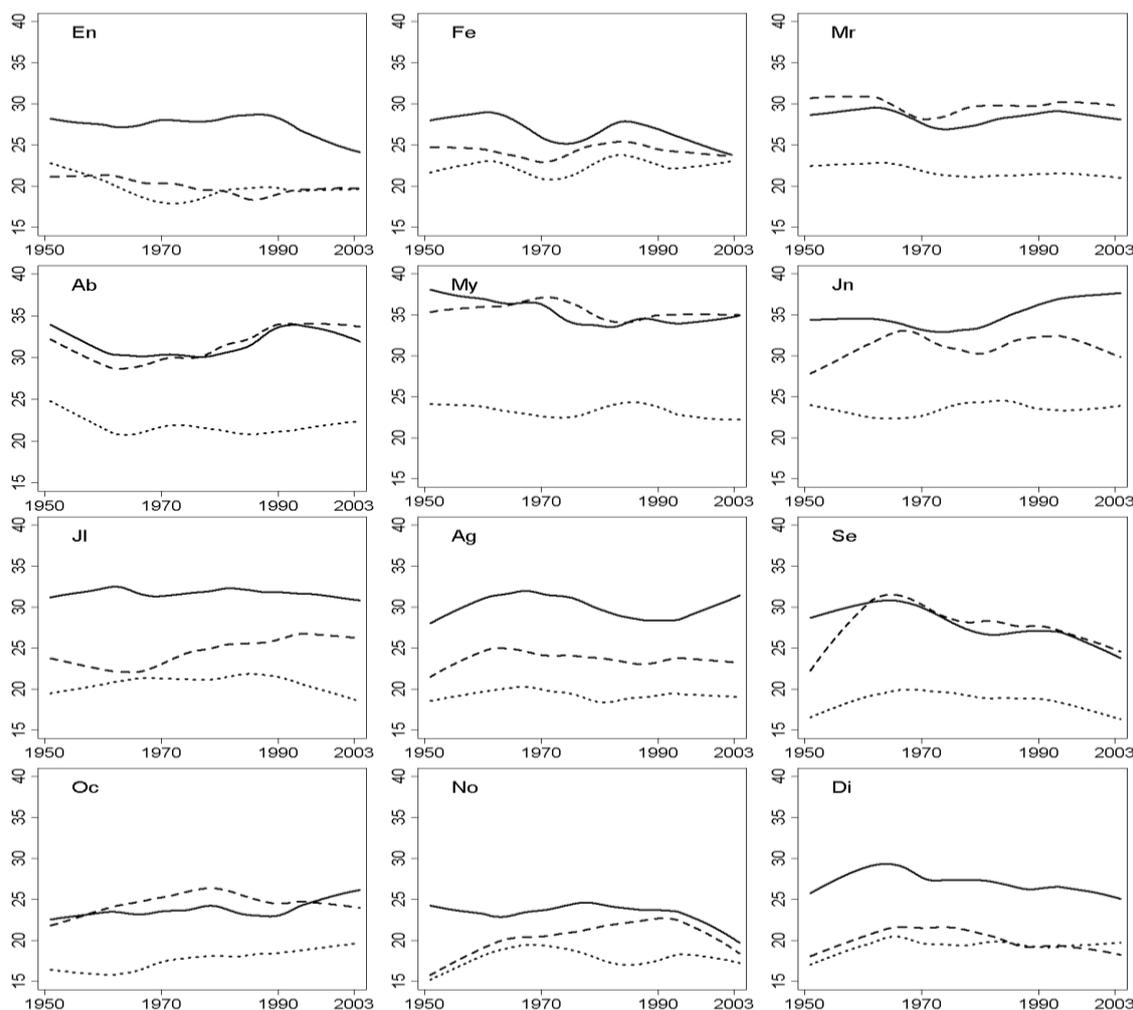


Fig. 5: Evolución de la desviación típica del valor diario de Tx en Zaragoza (trazo continuo), Madrid (discont), Barcelona (puntos), en cada mes

5. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones de este trabajo, en desarrollo, son:

- 1) El patrón de evolución decadal de las variables Tx y Tn en las tres ciudades y en el intervalo analizado, 1951-2003, no es homogéneo dentro de las estaciones, particularmente en las de verano e invierno. En consecuencia, los análisis estacionales habituales pueden estar enmascarando y confundiendo los verdaderos patrones de evolución.
- 2) En cada uno de los 7 periodos de evolución homogénea diferenciados en el año, y para cada observatorio, el patrón de cambio de Tn es similar al de Tx.
- 3) A pesar de que los tres observatorios analizados tienen características climáticas diferentes, existe un alto grado de similitud entre ellos, en las dos variables y en los siete periodos. La principal diferencia estriba en que en Madrid, un observatorio continental, se observan a partir de la década de los 90 tendencias en Tx y Tn menos crecientes (o más decrecientes), mientras en Barcelona se producen los crecimientos

más sostenidos. Zaragoza, un observatorio mediterráneo-continental, representa un punto intermedio entre esos dos polos.

- 4) En cuanto a las estaciones, los cambios más notables se están experimentando en la parte central y final del invierno, que se ha suavizado notablemente, y en el final de la primavera e inicio del verano, que se vuelven más calurosos. Como ya se ha obtenido en otros estudios, el otoño es la estación con mayor estabilidad térmica.
- 5) Respecto a la oscilación térmica diaria y la variabilidad de Tx y Tn no hemos encontrado patrones claros y generales de cambio; los resultados obtenidos sugieren que, en estos aspectos, la evolución observada puede ser compatible con un régimen estacionario.

6. AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al Grupo de Investigación del Cambio Climático de la Universidad Rovira y Virgili de Tarragona, que dirige la Profesora M. Brunet, la cesión, para este trabajo, de sus datos de los observatorios de Madrid y Barcelona. Asimismo, a D. Antonio Gázquez, del Servicio Meteorológico de Cataluña, por su amabilidad en facilitarnos rápidamente los datos ausentes del registro del Observatorio Fabra.

7. REFERENCIAS

- ABAURREA, J., ASÍN, J., CEBRIÁN, A.C. y CENTELLES, A. (2006). Modeling and projecting extreme hot events in the central Ebro valley, a continental-Mediterranean area. *Global and Planetary Change*. Aceptado para su publicación.
- ABAURREA, J., ASÍN, J., ERDOZAIN, O. y FERNÁNDEZ, E. (2001). Climate variability analysis of temperature series in the medium Ebro river basin. En BRUNET, M. y LÓPEZ, D. (Eds.). *Detecting and modelling regional climate change*. Springer-Verlag, Berlin.
- BRUNET, M. (2005). Spatial and temporal variability and change over Spain during 1850-2003. En http://www.cru.uea.ac.uk/projects/emulate/D14/WP4_Tarragona_D14_SpainChange.pdf
- BRUNET, M., AGUILAR, E., SALADIÉ, O., SIGRÓ, J. y LÓPEZ, D. (2001). The variations and trends of the surface air temperature in the Northeastern Spain from middle nineteenth century onwards. En BRUNET, M. y LÓPEZ, D. (Eds.). *Detecting and modelling regional climate change*. Springer-Verlag, Berlin.
- GALÁN, E., CAÑADA, R., FERNÁNDEZ, F. y CERVERA, B. (2001). Annual temperature evolution in the Southern Plateau of Spain from the construction of regional climatic time series. En BRUNET, M. y LÓPEZ, D. (Eds.). *Detecting and modelling regional climate change*. Springer-Verlag, Berlin.
- HORCAS, R., RASILLA, D. y FERNÁNDEZ-GARCÍA, F. (2001). Temperature variations and trends in the Segura River Basin. An exploratory analysis. En BRUNET, M. y LÓPEZ, D. (Eds.). *Detecting and modelling regional climate change*. Springer-Verlag, Berlin.
- HOUGHTON, J.T. *et al.* (Eds.) (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the TAR of the IPCC*. Cambridge University Press.
- KLEIN TANK, A.M.G. y KÖNNEN, G.P. (2003). Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946-1999. *J. of Climate*, 16, pp. 3665-3680.
- LABAJO, J.L. y PIORNO, A. (1998). Análisis del comportamiento temporal de la temperatura en Castilla y León: Primeros resultados. En FERNÁNDEZ, F., GALÁN, E. y CAÑADA, R. (Eds.), *Clima y ambiente urbano en ciudades ibéricas e iberoamericanas*. Parteluz, pp. 577-591.

- MARTÍN-VIDE, J. (2005). El clima de España: pasado, presente y escenarios de clima para el siglo XXI. Capítulo I del *Proyecto ECCE*; MORENO, J.M. (Director-Coordenador), UCLM y OECC Ministerio de Medio Ambiente. Madrid
- MIRÓ, J. y ESTRELA, M.J. (2004). Tendencia de la temperatura en los meses de Julio y Agosto en la Comunidad Valenciana en las últimas décadas: cambios en la frecuencia de días calurosos. En GARCÍA CODRÓN, J.C. *et al.* (Eds.). *El clima, entre el mar y la montaña*. AEC, Serie A, nº4: 390-398.
- MÖBERG, A. y JONES, P.D. (2005). Trends in indices for extremes in daily temperature and precipitation in Central and Western Europe, 1901-99. *Int. J. Climatol.*, 25, pp. 1149-1171.
- QUEREDA, J. y MONTÓN, E. (1999). La hipótesis de la "estabilidad" climática en el Mediterráneo español. En RASO, J.M. y MARTÍN-VIDE, J. (Eds.). *La Climatología española en los albores del siglo XXI*. AEC, Serie A, nº1: 427-438.
- STAUDT, M. (2004). *Detección de cambios térmicos en la Península Ibérica con datos homogéneos regionales*. Tesis doctoral inédita, Universidad de Granada.