

# EVOLUCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN INTRAANUAL DE TEMPERATURAS BASADA EN NIVELES DE REFERENCIA DE LAS SERIES DE FECHAS EN ANDALUCÍA OCCIDENTAL

Leoncio GARCIA BARRÓN\*, M<sup>a</sup> Isabel GONZALEZ PEREZ\*, Arturo SOUSA\*\* y Julia  
MORALES\*\*

\*Departamento de Física Aplicada II. Universidad de Sevilla

\*\* Departamento de Ecología y Biología Vegetal. Universidad de Sevilla

## RESUMEN

Se analiza la distribución intraanual de frecuencia de las temperaturas diarias máximas y mínimas. La metodología se basa en la inclusión de los registros en intervalos definidos a partir de niveles de referencia (percentiles 20, 50 y 80) propios de cada una de la series de fecha. Se constata que el calentamiento en Andalucía Occidental durante los últimos decenios es uniforme en todo el rango de fluctuación de las correspondientes series de fechas, tanto en las temperaturas mínimas como en las máximas, aun cuando la tendencia de la temperatura mínima es más marcada

Palabras clave: Temperaturas diarias, series de fecha, calentamiento, Andalucía Occidental.

## ABSTRACT

The intraannual distribution of frequency of maximum and minimum daily temperatures is analyzed. The methodology is based on the inclusion of the data within certain intervals which are specific (percentile 20, 50 and 80) to each temporal series. The heating in Western Andalusia during the last decades is found to be uniform in the whole range of temperature fluctuations.

Key words: Daily temperatures, series of date, heating, Western Andalusia

## 1. INTRODUCCIÓN

Generalmente los estudios sobre tendencia y variabilidad de la temperatura se basan en las respectivas series mensuales o anuales. Las metodologías basadas directamente en los registros diarios, (DOMONKOS *et al.*, 2003; KLEIN y KONNEN; 2003; YANG *et al.*, 2002) no son frecuentes, salvo para detectar sucesos extremos (LOPEZ-DIAZ, 2004; MIRÓ *et al.*, 2006; RODRÍGUEZ-PUEBLA *et al.*, 2004). Sin embargo, estos estudios de extremos se centran en la frecuencia o persistencia de aquellos valores de temperaturas diarias que alcanzan valores umbrales predeterminados (relativos o absolutos). Es decir, se analizan pequeñas subseries cuyos elementos han sido previamente seleccionados del conjunto por su condición límite. Consideramos que el análisis de tendencia basado en series completas de datos diarios, agrupados por fecha, es un método alternativo y complementario a otros estudios sobre la evolución de las temperaturas. Constituye un procedimiento que puede poner de manifiesto peculiaridades que de otro modo pasarían inadvertidas.

Las temperaturas diarias están insertas en ciclos anuales, tal que la componente periódica, de longitud de onda anual, es altamente predominante en la distribución térmica interanual (GARCÍA-BARRÓN y PITA, 2003). Ello permite elegir los ciclos anuales como periodos básicos, de modo que se establecen series de fechas constituidas por los elementos correspondientes – los que ocupan la misma posición en el ciclo- de los sucesivos años. Por tanto, prescindiendo del 29 de febrero, se obtienen 365 series de fechas. El análisis independiente de cada una de estas series de fecha proporciona resultados cuya interpretación conjunta no puede estar en contradicción con los resultados proporcionados por los métodos habituales que utilizan series mensuales/anuales. Sin embargo, los procedimientos basados en series de fecha enriquecen las conclusiones al poner de manifiesto comportamientos climáticos inadvertidos en escalas temporales más amplias.

Estudios anteriores indican el calentamiento interanual en suroeste peninsular durante el último siglo (GARCÍA-BARRÓN y PITA, 2004), si bien con mayor intensidad para las temperaturas mínimas. A partir de la fluctuación de cada una de las series de fecha y la clasificación de los registros meteorológicos en intervalos -delimitados por percentiles de tales series- pretendemos establecer la variación interanual de la frecuencia de inclusión de las temperaturas en tales intervalos. Ello permite detectar la evolución térmica particularizada por intervalos, lo que suministra información complementaria del citado proceso de calentamiento en el occidente andaluz.

## 2. DATOS Y METODOLOGÍA

Los registros utilizados son los de las series de temperaturas diarias -máximas y mínimas- del observatorio Sevilla-Aeropuerto (INM 5783) durante el periodo 1951 a 2001. La ausencia de medidas durante este periodo es inferior al 0'5 %, y se han rellenado a partir de los datos de la base aérea próxima de Tablada (INM 5790). Las series rellenadas se han sometidos a pruebas de inhomogeneidad relativa (GARCÍA-BARRÓN y PITA, 2001), admitiéndose su calidad. A pesar expansión urbana de Sevilla, consideramos que el posible efecto de la isla térmica no es relevante, al mantenerse sin edificios el entorno más próximo del aeropuerto.

En una fase precedente de la investigación que presentamos se han obtenido resultados acerca del calentamiento interanual, utilizando los promedios de las tendencias de las series de fecha. Estos resultados –publicados también el presente volumen- indican un incremento térmico promedio durante las últimas décadas del orden de 0,037 °C/año para las temperaturas mínimas y de 0,018 °C/año para las temperaturas máximas. Además, se justifica la pretensión de extender los resultados al ámbito del suroeste de la Península Ibérica. El avance de la investigación nos conduce a plantearnos la uniformidad del calentamiento en toda de banda del rango de fluctuación las temperaturas diarias. En primer lugar, clasificamos los registros de temperatura por su inclusión en intervalos de referencia de temperatura. Los intervalos se determinan directamente a partir de los percentiles elegidos. El método empleado se basa en la distribución de frecuencia de días al año con temperatura comprendida entre niveles de referencia de cada una de la series de fecha. Esto permite conocer la variación de la pertenencia de los registros de temperaturas diarias a intervalos definidos a partir de valores umbrales asociados a cada una de dichas series.

La alta predominancia, previamente señalada, de la componente cíclica -superpuesta a la posible tendencia- en el comportamiento térmico, es la que justifica la utilización del método

las series de fecha de larga duración, para conocer la variación de la frecuencia en rangos de valores preestablecidos en las propias series. Es decir, se obtiene información no sólo de la intensidad del calentamiento, sino del modo pormenorizado en que tal incremento se produce.

### 3. ANÁLISIS A PARTIR DE LA MEDIANA DE LAS SERIES DE FECHA

En primer lugar tomamos como referencia la mediana de cada una de las series de fecha. Si la temperatura registrada en un día de un determinado año es superior a la mediana de la respectiva serie, le asignamos valor positivo y, en caso contrario, blanco. Para cada año contabilizamos el número total de días con valores positivos. Evidentemente, en promedio el número de días marcados anualmente será 182,5, la mitad de los 365 días del año. Si la evolución temporal de 1951 a 2001 hubiera sido estacionaria, sin presentar incremento térmico, se obtendría gráficamente una nube de puntos agrupados horizontalmente, distribuidos aleatoriamente en diente de sierra fluctuando en una fina banda de anchura constante alrededor del valor central. La figuras 1 a y 1 b muestran los resultados obtenidos para las series de temperaturas mínimas y máximas; se evidencia que no se cumplen las condiciones de estacionariedad.

La figura 1 a representa la evolución de frecuencias de las temperaturas mínimas. Entre 1965 y 1975 sólo alrededor de unos 145 días al año, aproximadamente, la temperatura mínima supera a la mediana respectiva (dibujados en la zona inferior al valor central, 182,5). En compensación durante el último cuarto de siglo existe mayor concentración de días cuya temperatura supera a la respectiva mediana y, además, este número de días aumenta progresivamente hasta rebasar los niveles de 250 días al año. Ello es una manifestación del calentamiento durante el último medio siglo y un indicador de predicción hacia el futuro.

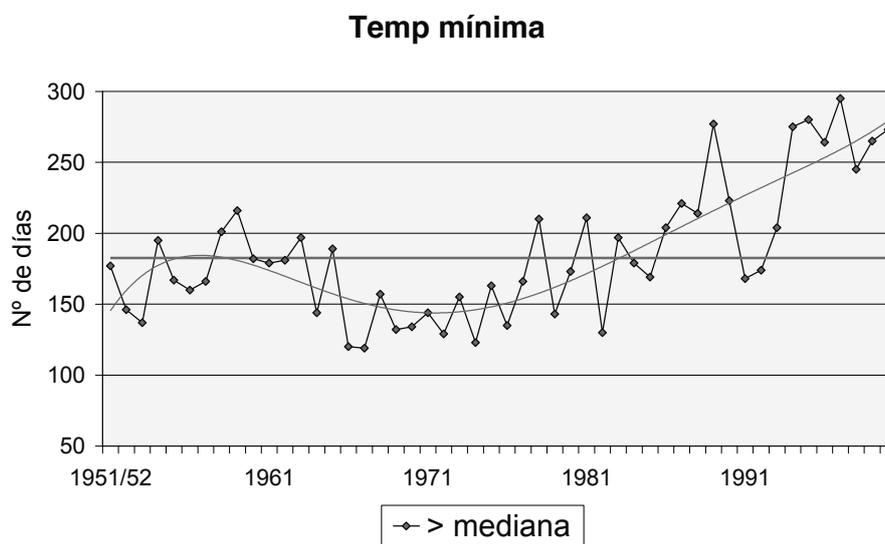


Fig. 1 a. Número de días al año en que la temperatura mínima supera la de la mediana de la fecha correspondiente

También la banda de distribución de días con temperatura máxima superior a la respectiva mediana forma un valle durante el mismo decenio 1965-75 y se recupera posteriormente (figura 1 b). Sin embargo, en este caso la fluctuación interanual es más suave y no presenta el ascenso progresivo durante la época final. En este caso el calentamiento mostrado es más débil.

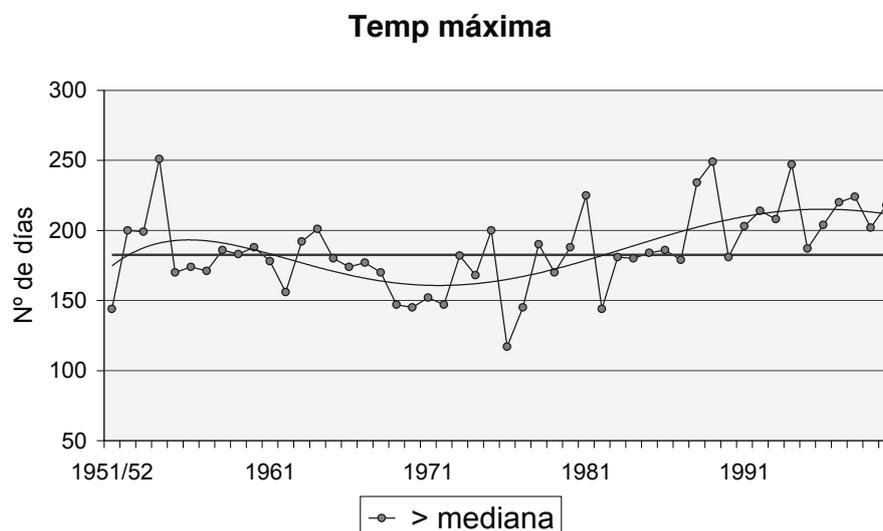


Fig. 1 b. Número de días al año en que la temperatura máxima supera la de la mediana de la fecha correspondiente

#### 4. ANÁLISIS A PARTIR QUINTILES EXTREMOS DE LAS SERIES DE FECHA

Para confirmar la evolución térmica señalada en el apartado precedente utilizamos el mismo procedimiento, pero tomando los percentiles 20 y 80 como referencia. Ello permite detectar, a su vez, si el calentamiento se produce por aumento de la frecuencia de días con mayores temperaturas, o bien por disminución de la frecuencia de días con temperaturas menores en cada fecha. El valor central para los quintiles citados es 73 días / año.

En primer lugar analizamos el número de días en cada año en que la temperatura mínima diaria está comprendida en el quintil superior de las respectivas series de fecha. Observamos (figura 2 a) que el promedio de días que cumplen esta condición en el periodo 1951-1980 es 53 días/año, inferior al valor central, mientras que a partir de 1985 el promedio es 102, con marcado carácter ascendente. Es decir, la evolución tiende a aumentar la frecuencia de días en que las temperaturas mínimas alcanzan valores del quintil superior, contribuyendo así al calentamiento. También analizamos el número de días en cada año en que la temperatura mínima diaria está comprendida en el quintil inferior de las respectivas series de fecha. La frecuencia de estos días presenta una marcada tendencia descendente en las tres últimas décadas (figura 2 b), de forma que el promedio de días que cumplen esta condición en el periodo 1951-1980 es 87 días/año, mientras que a partir de 1985 el promedio es sólo 38 días/año y se mantiene permanentemente por debajo del valor central 73,5 días/año.

EVOLUCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN INTRAANUAL DE TEMPERATURAS BASADA EN NIVELES DE REFERENCIA DE LAS SERIES DE FECHAS EN ANDALUCÍA OCCIDENTAL

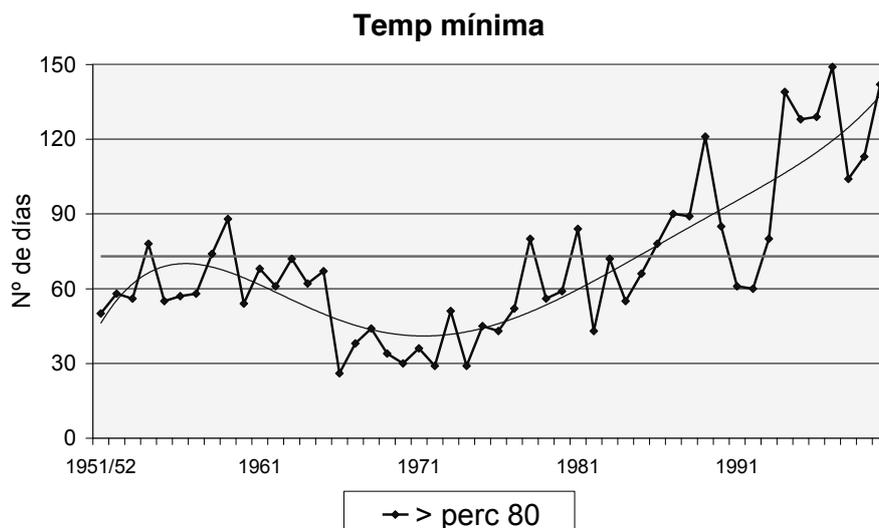


Fig. 2 a. Número de días al año en que la temperatura mínima esta comprendida en el quintil superior de la correspondiente serie de fechas.

Interpretamos que la evolución hacia el calentamiento de las temperaturas mínimas atmosféricas, enunciado en secciones precedentes, está plenamente confirmada y que se produce tanto al aumentar la frecuencia de los valores en el intervalo superior, como por la disminución de frecuencia de los valores extremos inferiores. Las líneas polinómicas de ajuste, superpuestas a ambas figuras, muestran perfiles invertidos en que las imágenes aproximadamente simétricas respecto del eje central denotan que el efecto combinado de los quintiles extremos es de similar intensidad para provocar el calentamiento general.

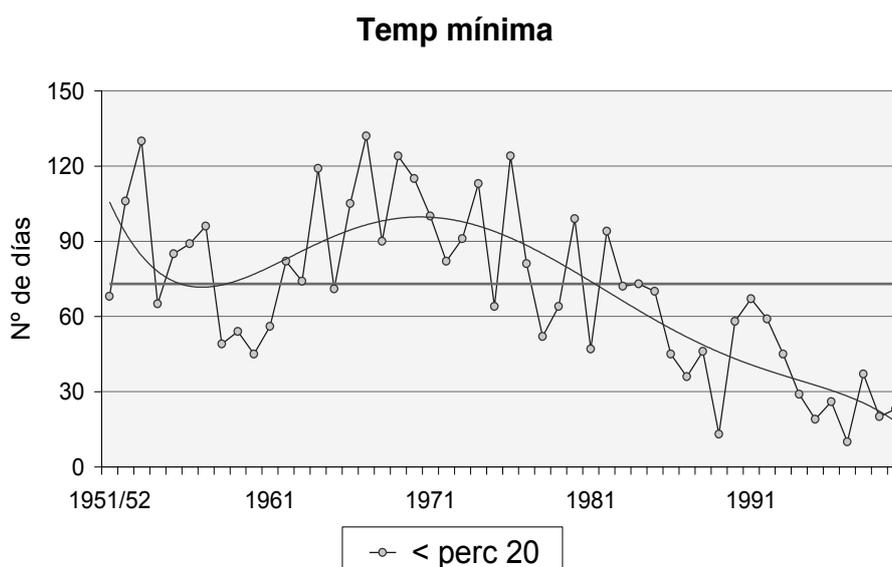


Fig. 2 b. Número de días al año en que la temperatura mínima esta comprendida en el quintil inferior de la correspondiente serie de fechas.

Que la variación temporal de frecuencias sea contrapuesta y de similar intensidad en la franja de los percentiles superiores y en la de los inferiores sugiere que el calentamiento atmosférico es uniforme en toda la banda de fluctuación de las temperaturas diarias durante el periodo analizado. Este aspecto es, además corroborado por la semejanza del perfil recogido en las figura 1 a sobre la frecuencia de días de temperaturas mínimas superiores al percentil 50, (y su complementaria, no representada gráficamente, de temperaturas inferiores al percentil 50) y el perfil de las figuras de la frecuencia de temperaturas mínimas superiores al percentil 80 o inferiores al percentil 20. La uniformidad del incremento térmico en toda la banda de fluctuación, que puede parecer lógica, es una característica particular no generalizable, a priori, a observatorios de otros ámbitos climáticos.

Aunque se requiere el análisis complementario del comportamiento de las temperaturas mínimas en invierno, los resultados obtenidos permiten, además, enunciar la hipótesis que de mantenerse la tendencia detectada se reducirá en el futuro la probabilidad de ocurrencia de olas de frío.

Por el mismo procedimiento analizamos el número de días en cada año en que la temperatura máxima diaria está comprendida en el quintil superior y en el quintil inferior de las respectivas series de fecha. Los resultados se recogen en las figuras 3 a y 3 b.

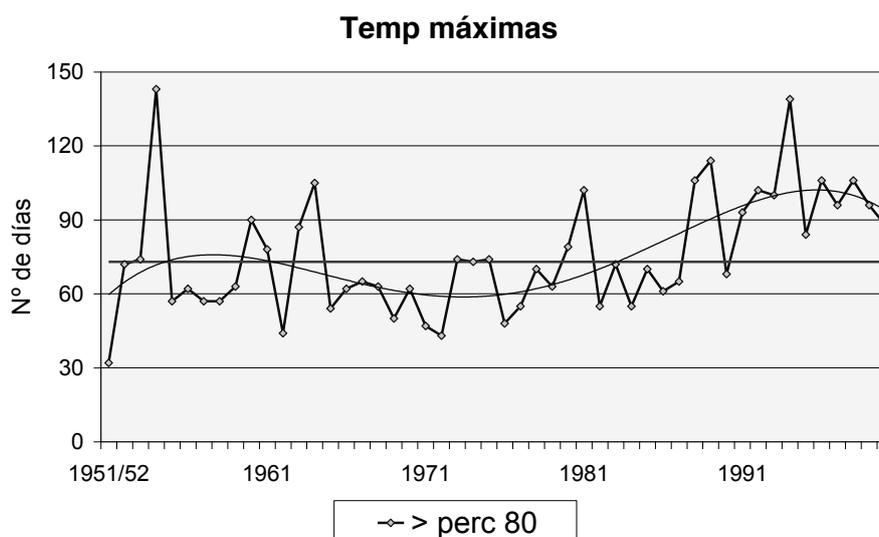


Fig. 3 a. Número de días al año en que la temperatura máxima está comprendida en el quintil superior de la correspondiente serie de fechas.

El análisis gráfico comparado de distribución de frecuencias en los quintiles extremos de las temperaturas máximas y mínimas diarias presenta semejanzas. Sin embargo, resalta que las correspondientes pendientes (positiva en el quintil superior y complementariamente negativa en el quintil inferior) durante el último treintenio son manifiestamente más inclinadas para temperaturas mínimas, indicador de la mayor intensidad del incremento térmico sufrido por las mismas.

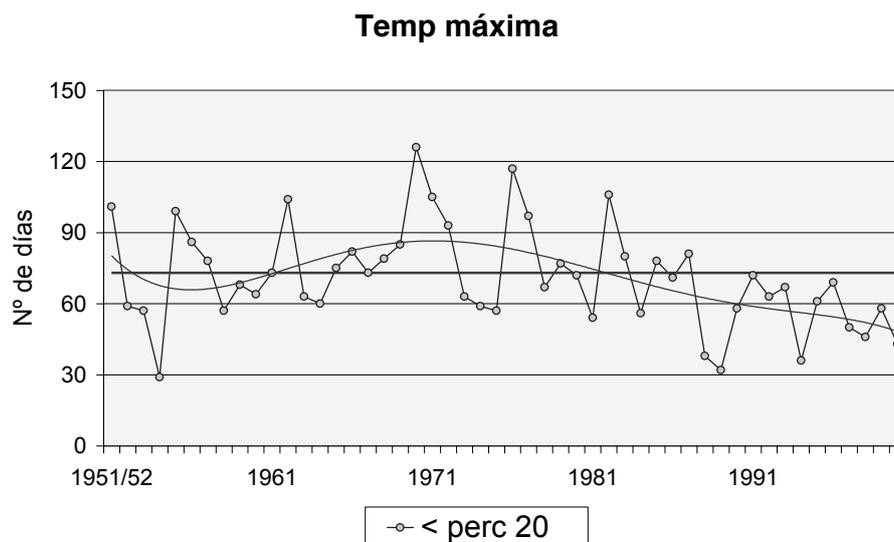


Fig. 3 b. Número de días al año en que la temperatura máxima está comprendida en el quintil inferior de la correspondiente serie de fechas.

#### 4. CONCLUSIONES

El análisis empleado de la distribución intraanual de temperaturas asociadas a intervalos de referencia de las series de fechas es un método que pone de manifiesto aspectos singulares del comportamiento térmico, insuficientemente recogidos en los procedimientos de análisis basados en las temperaturas medias mensuales o anuales. Por otra parte, el análisis habitual de tendencia de temperaturas extremas implica la selección de elementos que cumplen una condición preestablecida, a partir de la cual se determina la ocurrencia de tal suceso a lo largo del tiempo. Ese método se ha demostrado fructífero para aportar información sobre el calentamiento global. Sin embargo, se trata a las temperaturas extremas aisladamente y no inmersas en series de fechas completas, por lo que sólo permite conocer un aspecto parcial de la evolución.

En nuestro criterio, la propuesta metodológica utilizada en el presente trabajo logra superar las limitaciones indicadas, lo que implica también un enriquecimiento sobre ellos. La fragmentación de la banda de fluctuación de las series de fechas permite obtener la contribución relativa de cada intervalo de referencia al proceso de calentamiento y, por tanto, amplía el abanico de información, e indica no sólo la intensidad y el momento, si no también el modo *cómo* se produce la evolución térmica.

Los resultados obtenidos muestran la mayor concentración de frecuencia de temperaturas superiores a la mediana de las respectivas series de fechas del periodo 1951-2001, durante el último treintenio. Del mismo modo se constata durante el mismo periodo, el incremento de frecuencia de días al año comprendidos en el quintil superior de cada serie y la simétrica disminución de los comprendidos en el quintil inferior. Por tanto, los perfiles simétricos respecto del eje central indican que la contribución de los quintiles extremos es de similar intensidad para provocar el calentamiento general. En conjunto, podemos deducir que el incremento térmico es uniforme en toda la banda de fluctuación de las temperaturas mínimas diarias (y, también, en la banda de las temperaturas máximas diarias).

De ello se concluye que la zona objeto de estudio, Andalucía Occidental, está inmersa en un proceso de calentamiento atmosférico, intensificado durante los tres últimos decenios, del que se infiere la proyección de un incremento térmico hacia el próximo futuro. A este calentamiento progresivo contribuye tanto la disminución de frecuencia anual de registros en los tramos bajos de las series de fechas, como el aumento de frecuencia en los tramos altos. A su vez, el calentamiento previsto será más acentuado en las temperaturas mínimas.

Este resultado abre una línea de investigación para analizar si la uniformidad de calentamiento en toda la banda de fluctuación de temperatura es una característica extensible a otros ámbitos climáticos de la Península Ibérica, o si por el contrario su evolución térmica está asociada a comportamientos diferentes según los intervalos de fluctuación.

## 5. REFERENCIAS

- DOMONKOS, P.; KYSELÝ J.; PIOTROWICZ, K.; PETROVIC, P. y LIKSO T. (2003). "Variability of extreme temperature events in south-central Europe during the 20th century and its relationship with large-scale circulation." *International Journal of Climatology*, 23, pp 987-1010.
- GARCÍA BARRÓN, L. y PITA, M.F. (2001). Propuesta metodológica para determinación de inhomogeneidades relativas en las series de observaciones. En: *El tiempo del clima*, A.E.C. serie A, nº 2. pp. 87-94.
- GARCÍA BARRÓN, L. y PITA, M.F. (2003). "Aproximación al comportamiento intraanual de las temperaturas diarias en el suroeste de la Península Ibérica". *Revista de Climatología*. Vol 3, pp. 17-26.
- GARCÍA BARRÓN, L. y PITA, M.F. (2004). "Stochastic analysis of time series of temperatures in the south-west of the Iberian Peninsula". *Atmósfera*. Vol 17- 4 pp. 225-244
- KLEIN T. y KONNEN GP. (2003). "Trends in Indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946–99". *Journal of Climate* 16, pp. 3665–3680.
- LOPEZ DIAZ JA. (2004) "Análisis de tendencias en olas de calor a partir de series largas de temperatura" *El clima, entre el mar y la montaña*. AEC. Serie A, nº 4, pp. 347-354.
- MIRÓ, J., ESTRELA M. J. y MILLÁN M. (2006) "Summer temperature trends in a Mediterranean area (Valencia Region)". *International Journal of Climatology*. 26. pp. 1051–1073
- RODRÍGUEZ PUEBLA, C.; FRÍAS, MD. y ENCINAS A. (2004). *Relaciones entre los extremos de temperatura máxima y patrones de circulación en el Atlántico Norte*. XXVIII Jornadas Científicas, La Meteorología y el Clima Atlántico, AME, Badajoz.
- YANG, Z.; JONES, PD.; DAVIES, TD; MOBERG A.; BERGSTRÖM, H.; CAMUFFO, D.; COCCEO, C.; MAUGERI, M.; DEMAR'EE, GR.; VERHOEVE, T.; THOEN, E.; BARRIENDOS, M.; RODRIGUEZ, R.; MARTÍN VIDE, J. y YANG C. (2002). "Trends of extreme temperatures in Europe and China based on daily observations". *Climatic Change* 53, pp. 355–392.