

EVOLUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EN EL SECTOR SURORIENTAL DE LA DEPRESIÓN DEL EBRO DURANTE LA SEGUNDA MITAD DEL SIGLO XX

O. SALADIÉ, M. BRUNET, E. AGUILAR, J. SIGRÓ y D. LÓPEZ

*Grupo de Investigación del Cambio Climático. Unitat de Geografia.
Universitat Rovira i Virgili. Tarragona.*

RESUMEN

Una base de datos homogeneizada de la precipitación mensual en el sector Suroriental de la Depresión del Ebro ha sido creada. Un total de 19 observatorios han sido utilizados. El objetivo de esta compilación es estimar las variaciones y tendencias de la precipitación en esa zona durante la segunda mitad del siglo XX a partir de la construcción de una serie regional. Los resultados muestran un descenso no significativo de la precipitación anual (-12.3%). Esta tendencia negativa es característica también en primavera, verano y otoño, mientras que para el invierno la tendencia es ligeramente positiva. No obstante, en ningún caso se supera el nivel de significación del 95%. Dos subperiodos se pueden diferenciar al analizar las variaciones interanuales de la pluviometría anual acumulada. El primero, desde 1949 hasta 1971, con una tendencia positiva y el segundo, de 1972 a la actualidad, de signo contrario.

Palabras clave: Cambio climático, precipitación, tendencia, homogeneidad, SE depresión del Ebro.

ABSTRACT

A data set of homogenised monthly precipitation for the Southeastern of Ebro River Basin has been generated. A total of 19 meteorological time-series have been employed to construct a regional time-series. The aim of this compilation is to estimate precipitation variations and trends in this area during the second half of the 20th century. The results show a decrease in annual precipitation (-12.3%), but without reaching the 95% statistical significance level. Negative trends are also found in spring, summer and autumn, while a slightly increase appears in winter. In all cases trends are not statistically significant (95% confidence level). Two different subperiods have been recorded after analysing interannual variations of annual accumulated rainfall. A positive trend extends from 1949 to 1971, whilst a negative trend runs from 1972 to the present.

Key words: Climate change, precipitation, trend, homogeneity, SE Ebro river basin.

1. INTRODUCCIÓN

A pesar de que es en el estudio de las temperaturas el campo en el que se están dedicando mayores esfuerzos por parte de la comunidad científica experta en los estudios observacionales del clima, al ser considerada ésta como el principal indicador del estado del sistema climático, el estudio de la precipitación es otra variable clave de este sistema.

Para su estudio, al igual que con la temperatura, se han creado diferentes bases de datos globales y regionales, controladas de calidad, homogeneizadas y agregadas espacialmente, como la compilada por VINNIKOV *et al.* (1990), o la desarrollada conjuntamente por el grupo de investigadores de la *Climatic Research Unit* (CRU) de la Universidad de *East Anglia* (Norwich, Reino Unido) y el Departamento de Energía de los Estados Unidos (EISCHEID *et al.*, 1991), la cual está siendo actualizada y mejorada por la propia CRU.

En los últimos 20 años se han producido un abundante número de estudios que evalúan la evolución de la precipitación a escala global y hemisférica a través de la combinación de registros individuales de la red observacional de superficie que sean representativos de las variaciones y tendencias temporales de la precipitación (BRADLEY *et al.*, 1987; DIAZ *et al.*, 1989; VINNIKOV *et al.*, 1990; EISCHEID *et al.*, 1991; HULME, 1994; HULME, 1995; JONES y HULME, 1996; DAI *et al.*, 1997). El mismo procedimiento ha sido utilizado en un buen número de trabajos para generar un conocimiento similar a escala regional (GROISMAN *et al.*, 1991; GROISMAN y EASTERLING, 1994; TURKES, 1996; HANSEN-BAUER y FORLAND, 1998; ZHANG *et al.*, 2000, entre otros).

En el ámbito español disponemos también de un destacable número de aportaciones que tienen como objetivo analizar las variaciones y tendencias de la precipitación. No obstante, la mayoría de ellas se han basado en el estudio de observatorios aislados o bien de un conjunto de estaciones analizadas de manera individual (WHEELER y MARTIN-VIDE, 1992; CREUS, 1996; MILLIÁN, 1996; GONZÁLEZ-ROUCO y ZORITA, 1999; GALÁN *et al.*, 1999; GONZÁLEZ *et al.*, 2001, entre otros). Sólo en unos pocos trabajos los resultados parten del análisis de una serie regional creada mediante la agregación espacial de las estaciones disponibles para un territorio. Un ejemplo es el realizado por LABAJO y PIORNO (2001) en Castilla y León.

No obstante, lo que todos estos estudios comparten es la necesidad de trabajar con datos de calidad y homogéneos. Se ha de testar la homogeneidad de los registros, como paso previo e ineludible a cualquier análisis de la deriva climática, y para ello se han desarrollado diferentes metodologías (JONES *et al.*, 1986; ALEXANDERSSON, 1986; EASTERLING y PETERSON, 1995; PETERSON *et al.*, 1998, entre otros).

Por todo ello, la presente comunicación tiene como finalidad analizar las variaciones y tendencias de la precipitación en el sector suroriental de la Depresión del Ebro, a partir de la creación de una base de datos de la precipitación mensual acumulada controlada de calidad, homogénea y combinada espacialmente para crear una serie regional representativa de las variaciones pluviométricas en el área de estudio. Para ello, se ha generado una base de datos de la precipitación mensual compuesta por 19 observatorios correspondientes al periodo 1949-1998. Previamente los datos han pasado por un exhaustivo control de calidad y su homogeneidad ha sido testada. A partir de esta base de datos se ha construido una serie regional de precipitación con la cual analizar las variaciones y tendencias de esta variable climática en el último tramo del río Ebro durante la segunda mitad del siglo XX. Estos aspectos son expuestos y discutidos en el primer apartado, mientras que los resultados se reflejan en el apartado 2 dedicado al análisis del cambio temporal de la precipitación en base anual y estacional, cerrando esta comunicación con un apartado de conclusiones. Con ello pretendemos ayudar a mejorar el conocimiento de la evolución de la precipitación en

esta zona y contribuir al desarrollo de estudios sobre el cambio a largo plazo de la precipitación a escala regional.

2. RED OBSERVACIONAL, CONTROL DE CALIDAD, PROCESO DE HOMOGENEIZACIÓN Y AGREGACIÓN ESPACIAL

A partir de la información facilitada por el Instituto Nacional de Meteorología (INM), seleccionamos un total de 19 observatorios situados en nuestra zona de estudio (figura 1). Esta selección se basó en dos criterios: estaciones con un mínimo de 45 años de datos (tabla 1) y un número de lagunas inferior al 5 % del total de registros.

A los datos obtenidos en base mensual se les aplicó un control de calidad con la finalidad de detectar posibles errores. El proceso se dividió en cuatro pasos:

a) Identificación de *outliers*. Consideramos como *outliers* aquellos datos que superan el tercer cuartil más tres veces el rango intercuartílico y que a su vez también están por encima de 5σ de la media. La utilización del rango intercuartílico para detectar *outliers* se ha utilizado en diferentes estudios (PETERSON *et al.*, 1998; GONZÁLEZ-ROUCO y ZORITA, 1999). Por su parte, el número de desviaciones típicas de la media como límite aparece, entre otros, en el estudio de AGUILAR *et al.* (1999) sobre la evolución de las temperaturas en Cataluña. En ese trabajo el límite eran 4σ , mientras que en nuestro caso decidimos aumentar hasta 5σ debido a la alta variabilidad espacial y temporal de la precipitación en el área mediterránea. Los datos marcados como *outliers* fueron contrastados climatográficamente con los valores de las estaciones vecinas. Si el mismo dato era etiquetado como fuera de rango en más de dos observatorios decidimos considerar el valor como correcto.

b) Detección de *falsos ceros*. Otra fuente de error existente en los datos se relaciona con la ausencia de precipitación mensual. Es muy normal encontrar en el dominio climático mediterráneo en general, y en nuestra zona de estudio en particular, gran cantidad de meses en que el total de precipitación es nulo. Además, comprobamos que en algunos casos errores de transcripción introducían 0 cuando en realidad no existía dato. Esto nos hizo llevar a cabo un contraste climatográfico con el fin de comparar visualmente los meses sin precipitación de cada observatorio con los más próximos espacialmente. Los casos en que en una estación el registro era 0 y en sus vecinas la precipitación registraba un valor alto fueron etiquetados como sospechosos. En este proceso tuvimos muy en cuenta la época del año antes de etiquetar un registro como *falso cero*.

c) Recuperación de datos ausentes y datos etiquetados como *outliers* y *falsos ceros*. Los meses sin dato y aquellos clasificados ya sea como *outliers* o como *falsos ceros* se comprobaron en los archivos originales. Algunos de ellos pudieron ser recuperados, observando que se trataba de un error de transcripción, incorporando los nuevos valores a las series. El resto se mantuvo como dato ausente o en el caso de *outliers* y *falsos ceros* se convirtieron en nuevas lagunas.

d) Relleno de lagunas. Tanto las lagunas originales como las nuevas generadas que no pudieron ser recuperadas a partir de los archivos originales fueron rellenadas. No obstante dos constricciones fueron incorporadas: no se rellenarían los datos ausentes de un año en el cual hubiera más de tres lagunas y tampoco se rellenarían las lagunas coincidentes con un cambio de emplazamiento del

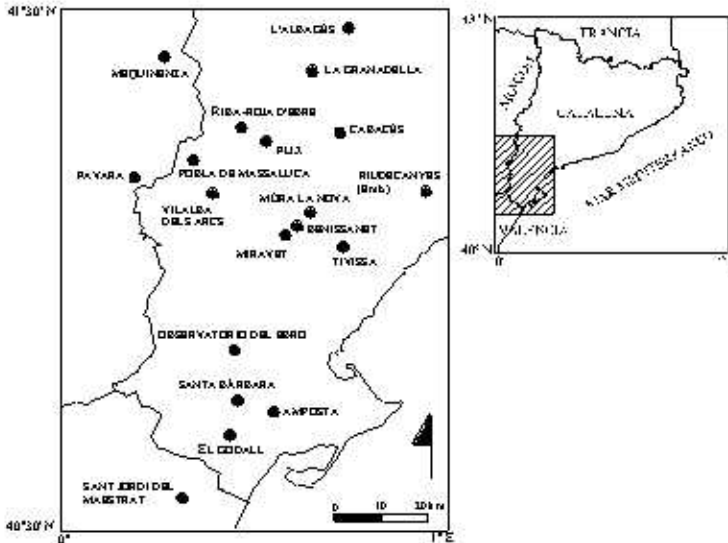


Figura 1: Mapa de localización y observatorios utilizados

observatorio. Los datos ausentes fueron estimados a partir de los registros de las estaciones más próximas, teniendo en cuenta el coeficiente de correlación entre los diferentes observatorios en base mensual (AGUILAR *et al.*, 1999; ABAURREA *et al.*, 2001, entre otros).

Una vez realizado el control de calidad de los datos, se procedió a testar la homogeneidad de las series. Una serie temporal se considera homogénea si sus variaciones son únicamente debidas a causas climáticas (CONRAD y POLLACK, 1962). Está comprobado que la mayoría de registros se han visto afectados por un número indeterminado de factores no climáticos provocando que las series no sean representativas de la dinámica natural del clima (PETERSON *et al.*, 1998). Entre los factores causantes de inhomogeneidades se encuentran los cambios de instrumental, del método de medición, del emplazamiento o del entorno del observatorio (JONES *et al.*, 1986).

El *Standard Normal Homogeneity Test* (SNHT), desarrollado por ALEXANDERSSON y MÖBERG (1997), se aplicó a nuestros registros de precipitación. Esta metodología, modificación del SNHT ideado por ALEXANDERSSON (1986) para detectar un punto de cambio en los registros de precipitación, permite la detección y corrección de más de un salto y también de tendencias lineales. Este test de homogeneidad relativa se basa en la asunción de que la precipitación del observatorio a analizar es proporcional a la de los observatorios próximos. La serie de la cual se quiere comprobar la homogeneidad, llamada “candidata”, se compara con una serie, llamada “referencia”, creada a partir de un conjunto de estaciones vecinas. Diferentes estudios han utilizado el SNHT. El test original de 1986 fue aplicado con modificaciones por, entre muchos otros, HANSEN-BAUER y FORLAND (1994) o GONZÁLEZ-ROUCO y ZORITA (1999). Por su par-

Tabla 1: Observatorios meteorológicos utilizados.

Nombre	Periodo	Altitud	Nombre	Periodo	Altitud
Pobla de massaluca	1953-1998	363 m	miravet	1949-1998	25 m
Vilalba dels Arcs	1950-1998	442 m	Benissanet	1949-1995	34 m
Riba-roja d'Ebre	1949-1998	76 m	Riudecanyes	1949-1998	195 m
Flix	1949-1998	56 m	Observ. del Ebro	1949-1998	50 m
La Granadella	1954-1998	520 m	St. Jordi maestrat	1954-1997	175 m
L'Albagés	1954-1998	377 m	El Godall	1949-1998	167 m
Mequinenza	1949-1998	321 m	Santa Bàrbara	1949-1996	79 m
Favara	1949-1998	242 m	Amposta	1949-1998	8 m
Tivissa	1949-1998	310 m	Cabacés	1951-1998	357 m
Móra la Nova	1949-1998	110 m			

te, el SNHT de 1997 ha sido utilizado, entre otros, por MOBERG y ALEXANDERSSON (1997), BRUNET *et al.* (2001), ABAURREA *et al.* (2001) o AGUILAR *et al.* (2002).

Con la finalidad de cumplir con los requerimientos de aplicación del test se elaboró una completa historia de meta datos para los 19 observatorios, la cual fue fundamental en el proceso de homogeneización guiado aplicado posteriormente. Cuatro observatorios fueron considerados inhomogéneos, aplicándose el factor de corrección estimado por el test. En tres de ellos los puntos de ruptura coincidían con cambios de localización, mientras que en el cuarto no estaba documentada ninguna incidencia. La poca distancia entre los diferentes emplazamientos de cada observatorio a lo largo de su historia y la alta variabilidad temporal en el comportamiento de la precipitación en nuestra área de estudio justificarían que muchas de las relocalizaciones documentadas no se detectarían.

Finalizado este proceso, disponíamos de una base de datos de precipitación mensual ajustada compuesta por 19 observatorios. Con ella se tenía que generar una serie regional a partir de la cual llevar a cabo el análisis de las variaciones y tendencias de la precipitación en el sector Suroriental de la Depresión del Ebro durante la segunda mitad del siglo XX.

Para analizar la señal espacial del cambio a largo plazo de la precipitación a cualquier escala mayor que la local se requiere combinar los registros individuales para obtener una nueva serie regional representativa del territorio analizado. Además, para eludir las diferencias topoclimogénicas introducidas por las diferencias latitudinales, altitudinales o de cercanía/lejanía al mar se recomienda la conversión de los datos originales a nuevas series de anomalías respecto de un periodo de referencia, normalmente 1961-1990 (JONES y HULME, 1996). En nuestro caso hemos optado por aplicar a las series mensuales homogeneizadas de la precipitación el denominado método de las anomalías climáticas (CAM), desarrollado por JONES *et al.* (1999). Los datos se han convertido en anomalías estandarizadas respecto al periodo 1961-1990. Esta aproximación se recomienda para zonas con una alta variabilidad en la precipitación (JONES y HULME, 1996) y ha sido utilizada, entre otros, por TURKES (1996) en su estudio sobre Turquía.

Tabla 2: Tendencia de la precipitación anual y estacional en el sector SE de la Depresión del Ebro (1949-1998) expresada en %. Ningún valor alcanza a superar el nivel de significación del 95 %.

	ANUAL	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO
Tendencia	-12.3 %	+2.9 %	-21.4 %	-19.6 %	-15.7 %

Con los datos de los 19 observatorios convertidos en anomalías, se construyó la serie regional, tanto en base anual como estacional. El proceso se realizó mediante la interpolación de los datos en una cuadrícula de $1^\circ \times 1^\circ$ latitud-longitud que cubre regularmente nuestra área de estudio y que se extiende entre los $40^\circ 30' - 41^\circ 30' \text{ N}$ y los $0^\circ - 1^\circ \text{ E}$. Para el cálculo de esta serie regional hemos utilizado el algoritmo descrito por JONES *et al.* (1986), basado en un promedio de todas las estaciones ponderado por la distancia inversa de cada una de ellas al punto central de la cuadrícula.

3. EVOLUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EN EL SECTOR SURORIENTAL DE LA DEPRESIÓN DEL EBRO

En la figura 2 se muestran las curvas regionales de las anomalías estandarizadas anuales y estacionales de la precipitación en el sector Suroriental de la Depresión del Ebro, las cuales también han sido suavizadas mediante un filtro *Gaussiano* de paso bajo de 13 términos. Por su parte, en la tabla 2 se encuentran los valores de la tendencia de la precipitación para el periodo de estudio expresados en porcentajes. Los valores reflejados en la figura 2, a pesar de trabajar con anomalías estandarizadas, muestran la gran variabilidad interanual de la precipitación característica del clima mediterráneo.

Un descenso de la precipitación del -12.3 % se ha registrado en el conjunto del periodo en base anual (tabla 2), aunque sin llegar a superar el nivel de significación del 95 %. El cálculo en mm da una disminución total de -58.7 mm sobre 477.4 mm, valor promedio del periodo 1961-1990.

En base estacional, primavera, verano y otoño muestran también una clara tendencia negativa (tabla 2). La primavera es la estación que experimenta un decremento más importante con un -21.4 %, siendo también la estación que más contribuye al descenso de la precipitación anual con -28 mm. El verano ocupa la segunda posición en términos porcentuales, con un descenso del -19.6 % (-14.8 mm), aunque no lógicamente en términos absolutos, ya que el otoño con una tendencia negativa menor, un -15.7 %, totaliza una mayor pérdida (-27.5 mm). Finalmente el invierno rompe la dinámica del resto de estaciones, mostrando una ligera tendencia positiva de un +2.9 % (+2.8 mm). Este aumento se relaciona con los valores registrados en los tres últimos años, especialmente en 1996 y 1997, con unos inviernos muy lluviosos en el área analizada y en la región catalana en general. No obstante, ningún valor de las tendencias estacionales supera el nivel de significación del 95 %.

Son, pues, las dos estaciones equinocciales (en nuestra área de estudio las estaciones que registran los máximos pluviométricos intranuales), las que desafortunadamente contribuyen más significativamente al descenso de la precipitación anual.

Dos subperiodos pueden ser diferenciados en base anual a partir del análisis de la recta suavizada (figura 2a). El primero se extiende entre 1949 y 1971 con una tendencia positiva, aunque no significativa, del +1.3 %/año. Por su parte, el segundo periodo (1972-1998) muestra una tendencia de signo contrario de un -0.6 %/año, tampoco significativa. En base estacional se puede observar el mismo patrón, aunque en invierno, primavera y verano el punto de cambio que daría paso a un descenso de la precipitación se situaría en 1973 (figuras 2b, c y d), mientras que para otoño se adelantaría a 1967 (figura 2e), hecho que explicaría el inicio del descenso de la precipitación en base anual a partir de 1971.

La mayor contribución estacional al comportamiento anual establecido para cada uno de los dos subperiodos vendría dada otra vez por parte de las dos estaciones equinocciales. A otoño corresponde la aportación más importante al primer tramo con tendencia positiva, con un incremento no significativo del +3.6 %/año (1949-1967). Por su parte, el descenso de la precipitación observado en el segundo periodo se relacionaría con la importante reducción de la precipitación de primavera estimada en un -3.9 %/año (1974-1998), superando el nivel de significación del 99 %.

A escala global, un aumento de la temperatura implica una intensificación del ciclo hidrológico y por consiguiente una mayor acumulación y circulación de agua entre los componentes del sistema climático (FOLLAND y KARL, 2001). En este sentido y a esa escala se ha producido un incremento del +2 % en la precipitación desde inicios del siglo XX (JONES y HULME, 1996), aunque éste presenta un complejo y variado patrón espacio-temporal. Así, la región mediterránea exhibe una clara tendencia negativa de la precipitación anual, principalmente contribuida por las estaciones equinocciales y el verano, mientras que para el invierno es ligeramente positiva, como se deduce tras el examen de la cuadrícula de 5° x 5° latitud/longitud situada entre los 40-45° N y 0-5° E donde está englobada nuestra área de estudio (FOLLAND y KARL, 2001). Estos resultados son plenamente coincidentes con los aquí presentados. Además, como en nuestro caso, también se diferencian dos subperiodos. Uno con tendencia positiva entre 1946 y 1975, mientras que entre 1976 y 1999 la tendencia es negativa. La misma división en dos subperiodos con el punto de cambio a inicios de los años 70 es establecida por CREUS (1996) en su estudio sobre la precipitación en el Valle del Ebro.

Comparando estos resultados con los obtenidos por BRUNET *et al.* (2001) en su análisis sobre el cambio térmico a largo plazo en el sector Nororiental de la Península Ibérica, se ha podido establecer una correlación inversa entre precipitación y temperatura (-0.70). El incremento de la precipitación entre 1949 e inicios de los años 70 coincide con un descenso generalizado de las temperaturas catalanas, mientras que la tendencia decreciente de la precipitación observada desde inicios de los 70 hasta la actualidad también es coincidente con el abrupto aumento de la temperatura detectado en esa región. Al igual que con la reducción de la precipitación, el incremento de la temperatura en los últimos 25 años viene dado principalmente por el aumento de la temperatura en primavera.

La figura 3 muestra la relación inversa entre precipitación y temperatura. El descenso de las anomalías de temperatura en el tramo inicial coincide con un aumento de las anomalías de precipitación hasta llegar a 1971, punto de inflexión donde el incremento de las temperaturas va paralelo a un decremento de la precipitación. El *cluster* de puntos desde finales de los años 50 y inicios de los 60, situado alrededor del centro de la figura es indicador de condiciones quasi-estacionarias.

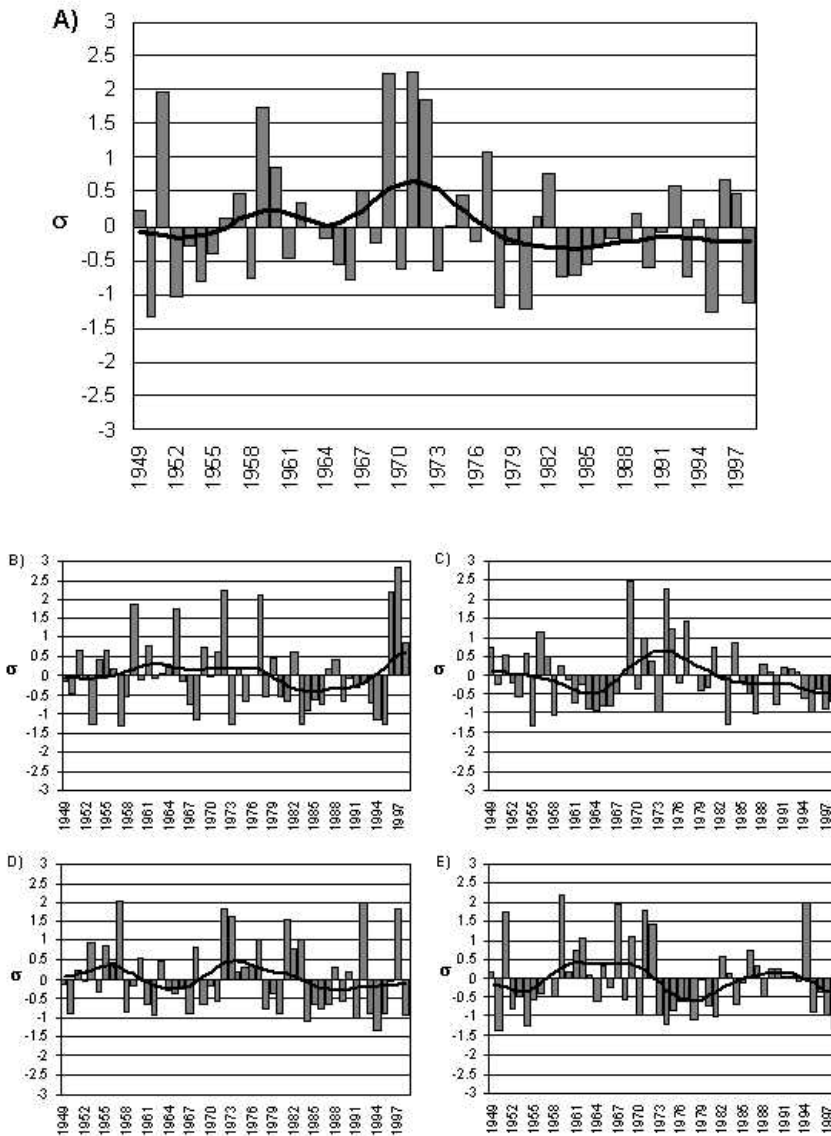


Figura 2: Evolución de la precipitación en el sector SE de la Depresión del Ebro (1949-1998), expresada como anomalías estandarizadas respecto al periodo 1961-1990. a) Anomalías anuales. b) Anomalías invierno. c) Anomalías primavera. d) Anomalías verano. e) Anomalías otoño. Las columnas representan los valores de las anomalías promedio anuales. La curva suavizada es un filtro Gaussiano de 13 términos.

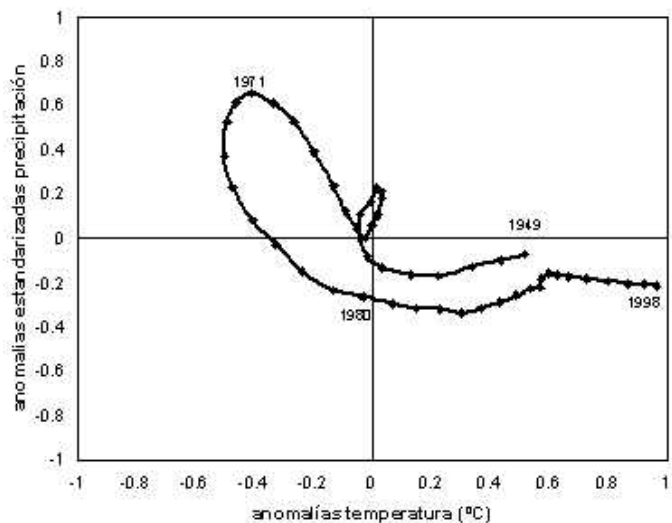


Figura 3: Evolución temporal de las anomalías estandarizadas de la precipitación anual en el sector Suroriental de la Depresión del Ebro vs las anomalías de la temperatura media anual en superficie del sector Nororiental de la Península Ibérica (los valores anuales han sido suavizados con un filtro Gaussiano de 13 términos). La líneas centrales representan el promedio 1961-1990.

Estos resultados permiten afirmar que durante el último periodo de clima forzado antrópicamente el clima del sector suroriental de la Depresión del Ebro ha tendido a ser más árido, con un previsible y asociado incremento de la evapotranspiración y reducción de la humedad del suelo, lo que conlleva una cascada de efectos negativos sobre los sistemas naturales y las actividades económicas más sensibles a los impactos de las cambiantes condiciones climáticas en el área de estudio.

Por otro lado, el análisis realizado por FERNÁNDEZ y RASILLA (2001) sobre la evolución temporal de la presión atmosférica en la Península Ibérica durante el siglo XX es indicativo del diferencial comportamiento existente entre 1935-1972 y 1973-1995, al registrar el primer periodo una disminución de la misma y un claro incremento durante la fase final, que a su vez es coincidente con el bien conocido cambio de la NAO a fase positiva a partir de mediados de la década de los setenta.

4. CONCLUSIONES

Tras estimar la tendencia temporal a largo plazo de la precipitación en el sector Suroriental de la Depresión del Ebro durante la segunda mitad del siglo XX, los resultados obtenidos evidencian un descenso del total de precipitación anual, cuantificado en un -12.3 %, aunque no supera el nivel de significación del 95 %. La primavera es la estación con un descenso de la precipitación

más importante, aunque también el otoño y el verano obtienen tendencias negativas. Por su parte, el invierno presenta una ligera tendencia positiva. En todos los casos no se supera el nivel de significación del 95 %.

El análisis de las variaciones temporales de nuestra serie regional evidencia dos subperiodos diferenciados, el primero desde 1949 hasta 1971 con una tendencia positiva y el segundo entre 1972 y 1998 con una tendencia negativa. Las dos estaciones equinocciales son las responsables principales, otoño respecto al incremento del subperiodo inicial y primavera respecto al importante descenso del subperiodo final.

Finalmente, el aumento de la precipitación en el primer subperiodo coincide con un descenso de la temperatura en el conjunto de la región catalana, mientras que la tendencia negativa del segundo periodo corresponde al tramo de máximo incremento térmico. Una similar relación inversa aparece cuando se compara el patrón regional de la precipitación aquí establecido con las tendencias de la presión atmosférica para la Península Ibérica.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo de CICYT para la elaboración de este estudio, materializado en la financiación al proyecto de Investigación de I+D CLI96-1842-C05-01. Asimismo agradecen al INM la cesión de los datos y a los observadores la información sobre el funcionamiento de las estaciones. El primer autor agradece la concesión de una beca pre- doctoral dentro del Programa de Formación de Profesorado Universitario AP96.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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, Berlín, pp. 109-118.

AGUILAR, E., LÓPEZ, J. M., BRUNET, M., SALADIÉ, O., SIGRÓ, J. y LÓPEZ, D. (1999): Control de Calidad y Proceso de Homogeneización de Series Térmicas Catalanas. En RASO, J.M y MARTÍN VIDE, J. (Eds.): *La Climatología Española en los Umbrales del Siglo XXI*, Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC, serie A, n 1), pp. 15-23.

AGUILAR, E., BRUNET, M., SALADIÉ, O., SIGRÓ, J. y LÓPEZ, D. (2002): Hacia una Aplicación Óptima del *Standard Normal Homogeneity Test* para la Homogeneización de Series de Temperatura. En *La Información Climática como Herramienta de Gestión Ambiental. Bases de Datos y Tratamiento de Series Climatológicas*. VII Reunión Nacional de Climatología, Grupo de Clima de la AGE, Albarracín, 27-29 de Junio de 2002.

ALEXANDERSSON, H. (1986): A Homogeneity Test Applied to Precipitation Data, *Journal of Climatology*, 6, pp. 661-675.

ALEXANDERSSON, H. y MOBERG, A. (1997): Homogenization of Swedish Temperature Data. Part I: Homogeneity Test for Linear Trends, *International Journal of Climatology*, 17, pp. 25-34.

BRADLEY, R.S., DIAZ, H.F., EISCHEID, J.K., JONES, P.D., KELLY, P.M. y GOODESS, C.M. (1987): Precipitation Fluctuations over Northern Hemisphere Land Areas Since the Mid-19th Century, *Science*, 237, pp. 171-175.

BRUNET, M., AGUILAR, E., SALADIÉ, O., SIGRÓ, J. y LÓPEZ, D. (2001): The Variations and Trends of the Surface Air Temperature in the Northeastern of Spain from Middle Nineteenth Century Onwards. En BRUNET, M. y LÓPEZ, D. (Eds.): *Detecting and Modelling Regional Climate Change*, Springer, Berlín, pp. 81-93.

CONRAD, V. y POLLAK, C. (1962): *Methods in Climatology*, Harvard University Press, Cambridge.

CREUS, J. (1996): Variaciones en la Disponibilidad Hídrica Mensual en el Valle del Ebro. En MARZOL, M.V., DORTA, P. y VALLADARES, P. (Eds.): *Clima y Agua. La Gestión de un Recurso Climático*, La Laguna, pp. 79-86.

DAI, A., FUNG, I. y DEL GENIO, A. (1997): Surface Observed Global Land Precipitation Variations during 1900-88, *Journal of Climate*, 10, pp. 2943-2962.

DIAZ, H.F., BRADLEY, R.S. y EISCHEID, J. K. (1989): Precipitation Fluctuations over Global Land Areas since the Late 1800's, *Journal of Geophysical Research*, 94, pp. 1095- 1120.

EASTERLING, D.R. y PETERSON, T.C. (1995): A New Method for Detecting Undocumented Discontinuities in Climatological Times Series, *International Journal of Climatology*, 15, pp. 369-377.

EISCHEID, J.K., DIAZ, H.F., BRADLEY, R.S. y JONES, P.D. (1991): *A Comprehensive Precipitation Data Set for Global Land Areas*, U.S. Department of Energy Monograph TR051, DOE/ER-69017-H1, Washington, D.C.

FERNÁNDEZ, F. y RASILLA, D. (2001): Secular Variations of the Synoptic Circulation over the Iberian Peninsula. En BRUNET, M. y BONILLO, D. (Eds.): *Detecting and Modelling Regional Climate Change*, Springer, Berlín, pp. 229-238.

FOLLAND, C.K. y KARL, T.R. (2001): Observed Climate Variability and Change. En HOUGHTON, J.T. *et al.* (Eds.): *Climate Change 2001. The Scientific Basis*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 99-182.

GALÁN, E., CAÑADA, R., RASILLA, D., FERNÁNDEZ, F. y CERVERA, B. (1999): Evolución de las Precipitaciones Anuales en la Meseta Meridional durante el Siglo XX. En RASO, J.M y MARTÍN VIDE, J. (Eds.): *La Climatología Española en los Umbrales del Siglo XXI*, Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC, serie A, nº1), pp. 169-180.

GONZÁLEZ-ROUCO, J.F y ZORITA, E. (1999): *Homogeneity of Monthly Precipitation Data in the Iberian Peninsula*, GKSS 99/E/41.

GONZÁLEZ, J.C., DE LUIS, M. y RAVENTÓS, J. (2001): The Spatial and Temporal Structure of Rainfall Trends in the Valencia Region (Eastern of Spain) over the Second Half of the 20th Century. En BRUNET, M. y LÓPEZ, D. (Eds.): *Detecting and Modelling Regional Climate Change*, Springer, Berlín, pp. 175-189.

GROISMAN, P.Y. y EASTERLING, D.R. (1994): Variability and Trends of Total Precipitation and Snowfall over the United States and Canada, *Journal of Climate*, 7, pp. 184-205.

GROISMAN, P.Y., KOHNAEVA, V.V., BELOKRYLOVA, T.A. y KARL, T.R. (1991): Overcoming Biases of Precipitation Measurement: A History of the USSR Experience, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 72, pp. 1725-1733.

- HANSEN-BAUER, I y FORLAND, E.J. (1994): Homogenizing Long Norwegian Precipitation Series, *Journal of Climate*, 7, pp. 1001-1013.
- HANSEN-BAUER, I. y FORLAND, E.J. (1998): *Annual and Seasonal Precipitation Variations in Norway 1896-1997*, DNMI-Klima, Report no. 27/98, Norwegian Meteorological Institute, Oslo.
- HULME, M. (1994): Validation of Large-Scale Precipitation Fields in General Circulation Models. En DESBOIS, M. y DESALMAND, F. (Eds.): *Global Precipitation and Climate Change*, Springer, Berlín, pp. 387-406.
- HULME, M. (1995): Estimating Global Changes in Precipitation, *Weather*, 50, pp. 34-42.
- JONES, P.D. y HULME, M. (1996): Calculating Regional Climatic Time Series for Temperature and Precipitation: Methods and Illustrations, *International Journal of Climatology*, 16, pp. 361-377.
- JONES, P.D., RAPER, S.C.B., BRADLEY, R.S., DIAZ, H.F., KELLY, P.M. y T.M.L. WIGLEY (1986): Northern Hemisphere Surface Air Temperature Variations: 1851-1984, *Journal of Climate* and Applied Meteorology, 25, pp. 161-179.
- JONES, P.D., NEW, M., PARKER, D.E., MARTIN, S. y RIGOR, I.G. (1999): Surface Air Temperature and its Changes over the Past 150 years, *oRev. Geophys.*, 37, pp. 173-199.
- LABAJO, J.L. y PIORNO, A. (2001): Regionalisation of Precipitation in Castilla and Leon (Spain). Analysis of its Temporal Behaviour. En BRUNET, M. y LÓPEZ, D. (Eds.): *Detecting and Modelling Regional Climate Change*, Springer, Berlín, pp. 163-173.
- MILLIÁN, T. (1996): *Variaciones Seculares de las Precipitaciones en España*, Universitat de Barcelona, Tesis doctoral, Universitat de Barcelona.
- MOBERG, A. y ALEXANDERSSON, H. (1997): Homogenization of Swedish Temperature Data. Part II: Homogenized Gridded Air Temperature Compared with a Subset of Global Gridded Air Temperature since 1861, *International Journal of Climatology*, 17, pp. 35-54.
- PETERSON, T.C., VOSE, R., SCHMOYER, R. y RAZUVAEV, V. (1998): Global Historical Climatology Network (GHCN) Quality Control of Monthly Temperature Data, *International Journal of Climatology*, 18, pp. 1169-1179.
- TÜRKEKES, M. (1996): Spatial and Temporal Analysis of Annual Rainfall Variations in Turkey, *International Journal of Climatology*, 16, pp. 1057-1076.
- VINNIKOV, K.Ya., GROISMAN, P.Ya. y LUGINA, K.M. (1990): Empirical Data on Contemporary Global Climate Changes (Temperature and Precipitation), *Journal of Climate*, 3, pp. 662-677.
- WHEELER, D. y MARTÍN VIDE, J. (1992): Rainfall Characteristics of Mainland Europe's Most Sotuhery Stations, *International Journal of Climatology*, 12, pp. 69-76.
- ZHANG, X., VINCENT, L.A., HOGG, W.D. y NIITSOO, A. (2000): Temperature and Precipitation Trends in Canada During the 20th Century, *Atmosphere-Ocean*, 38, pp. 395- 429.