

TENDENCIA DE LAS PRECIPITACIONES DE MARZO EN EL SUR DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

Mónica AGUILAR ALBA*, Esperanza SÁNCHEZ RODRÍGUEZ* y Maria Fernanda PITA LÓPEZ*

*Departamento de Geografía Física y A.G.R
Universidad de Sevilla

RESUMEN

La existencia de una tendencia decreciente de las precipitaciones de marzo, desde los años sesenta hasta los años noventa del siglo pasado, ha sido constatada por diversos autores para la vertiente occidental de la Península Ibérica. En este artículo ampliamos la dimensión temporal de este fenómeno, evaluando su magnitud desde una perspectiva histórica (desde comienzos del siglo XIX), y extendiéndolo hasta el año 2005. Además, asumimos como zona de estudio todo el sur peninsular y analizamos las variaciones espaciales que se registran en ella. El análisis del fenómeno a una escala plurisecular pone de manifiesto la singularidad de este comportamiento en las precipitaciones a lo largo de las últimas décadas del siglo XX. Por último, hemos puesto en relación los resultados obtenidos, con las previsiones de cambio climático y con estudios recientes sobre variaciones en los patrones de circulación atmosférica en el Atlántico norte.

Palabras clave: precipitación, tendencias, Península Ibérica, cambio climático, Andalucía.

ABSTRACT

March monthly accumulated precipitation in the central and western regions of the Iberian Peninsula presents a clear continuous decline of 50% from the 60's onwards documented by several authors. In this paper we describe this phenomenon up to 2005 evaluating on the one hand, its magnitude and evolution from a historical perspective and, on the other hand, the spatial variations in the study area. Despite the similarities with other periods when considering various centuries of data, these last decades of the 20th century present different characteristics. The results of this study are related to climate change predictions and to recent studies reporting atmospheric circulation changes in the North Atlantic area.

Key words: precipitation, trends, March, climate change, variability, Iberian Peninsula, Andalusia

1. INTRODUCCIÓN

El descenso de las precipitaciones en la zona occidental de la Península Ibérica, en las últimas décadas del siglo XX, ha sido constatado por diversos autores en la estación primaveral (RASO, 1996; GARCÍA, 2002; RODRIGO, 2002; RODRÍGUEZ-PUEBLA *et al*, 2002; SALADIÉ *et al*, 2002) y, más detalladamente, para el mes de marzo (SERRANO *et al*, 1999;

GALÁN *et al*, 1999; PAREDES *et al*, 2006). Los citados estudios han analizado este comportamiento hasta mediados de los años noventa, comprobando la significación estadística de esta tendencia. En el trabajo más reciente de PAREDES *et al* (2006), en el que se analiza este fenómeno en toda la Península Ibérica, a lo largo del periodo 1941-1997, se pone de manifiesto cómo este descenso se inicia en 1960 y supone una disminución de un 50% en los totales pluviométricos de marzo. Sin embargo, no conocemos qué ha ocurrido con esta tendencia desde mediados de los noventa hasta el 2005, ni si este fenómeno ha tenido precedentes en periodos anteriores al siglo XX.

Según algunos autores este fenómeno sería una manifestación más de los cambios que se están detectando en la circulación atmosférica en el sector noratlántico de Europa (KYSSELÝ y DOMONKOS, 2006). En las últimas cuatro décadas estos cambios parecen estar asociados a variaciones significativas en las frecuencias de los tipos de tiempo y en las trayectorias de los ciclones (perturbaciones frontales), que están originando un aumento de la precipitación en las regiones más septentrionales (Islas Británicas y parte de Escandinavia), simultáneo a un descenso en la zona sur atlántica (TRIGO y DACAMARA, 2000)

En la Península este comportamiento puede detectarse en toda la zona occidental que se encuentra bajo la influencia directa de las perturbaciones frontales ligadas a la corriente en chorro (PAREDES *et al*, 2006), habiendo sido identificada esta zona como el primer modo de variación de la precipitación, cuando analizamos su comportamiento en la Península, mediante un análisis de componentes principales (RODRÍGUEZ-PUEBLA, 1998; SERRANO *et al*, 1999). La Oscilación del Atlántico Norte (NAO) es el principal mecanismo responsable de las fluctuaciones y cambios en las precipitaciones en este ámbito. Existen numerosos trabajos que intentan explicar los patrones de comportamiento espacial de las precipitaciones en relación con la NAO, centrándose la mayor parte de ellos en la estación invernal, momento en que la intensidad de los vientos del oeste y los contrastes de presión latitudinales son más intensos. En estos meses invernales no se han detectado hasta ahora cambios en la alternancia de los centros de acción. Son menos frecuentes los estudios centrados en los meses equinocciales (RODRÍGUEZ-PUEBLA *et al*, 2002), pero en ellos sí parece que se están produciendo este tipo de cambios, los cuales pueden suponer variaciones importantes en el comportamiento pluviométrico de estos meses, vitales en los balances hídricos de la Península.

En nuestro estudio, pretendemos avanzar en la caracterización de este fenómeno partiendo de los trabajos precedentes, aunque ampliando la cobertura espacial y temporal en Andalucía y su entorno. En primer lugar, hemos utilizado un número elevado de series, con el objeto de encontrar matices espaciales de este fenómeno en la región. En segundo lugar, hemos enmarcado esta tendencia decreciente en los siglos XIX y XX, utilizando para ello las series históricas más largas de Andalucía, y lo hemos prolongado hasta el año 2005, describiendo el comportamiento de las precipitaciones de marzo de los años más recientes, los cuales, por otro lado, registran cambios en esta tendencia. Finalmente, relacionaremos estos resultados con las proyecciones de cambio climático para la región y con recientes estudios sobre variaciones climáticas en el ámbito del Atlántico Norte.

2. ÁMBITO DE ESTUDIO Y DATOS

Nuestro ámbito de estudio se centra en Andalucía, aunque se extiende también al sector meridional de Portugal y la región murciana, para poder evaluar la dimensión espacial de este

fenómeno en todo el sur peninsular. En este ámbito se han seleccionado las estaciones de observación atendiendo a dos criterios fundamentales: la cobertura espacial homogénea del territorio y su extensión temporal lo más amplia posible, con un mínimo de 70 años de observación y prolongación hasta los años 2004 o 2005. Además, se les ha exigido un máximo de 5 % de lagunas en su interior, las cuales se han interpolado a partir de los datos procedentes de observatorios cercanos mediante regresión lineal simple a partir de la serie mejor correlacionada. Sólo en algunos casos, y especialmente en el ámbito oriental de Andalucía, donde la cobertura espacial de la red de observatorios es más deficiente, se ha sido algo menos riguroso en estos requisitos.

En respuesta a estos criterios, finalmente se han utilizado 40 estaciones de observación (ver figura 1), de las cuales 34 son españolas, pertenecientes al Instituto Nacional de Meteorología (INM) y al Real Observatorio de la Marina en San Fernando, cinco son portuguesas, pertenecientes al *Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos* (SNIRH) portugués, y una es británica, la estación de Gibraltar, que comienza sus registros en el siglo XIX y que pertenece al *Royal Meteorological Office*.

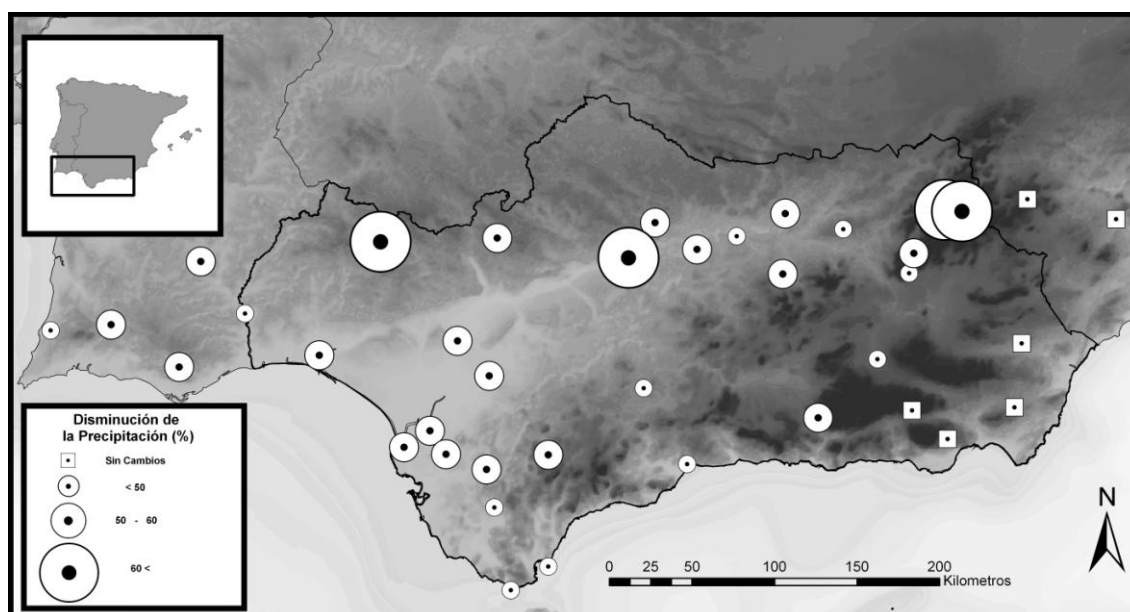


Fig.1: Mapa de localización de los observatorios y porcentaje de disminución de la precipitación en marzo del periodo 1917-2000 respecto a 1931-1960.

Las series de precipitaciones fueron sometidas a un control de calidad inicial que permitió detectar y corregir numerosos valores erróneos. Posteriormente, y para garantizar la homogeneidad de los datos, se les aplicó el Test de las Diferencias Acumuladas de Craddock (CRADOCK, 1979) y el Standardized Normal Homogeneity Test de Alexandersson para una sola serie (ALEXANDERSSON, 1986; ALEXANDERSSON y MOBERG, 1997). Algunas de las series consideradas en la fase inicial del estudio no fueron finalmente utilizadas en la fase de análisis, por no presentar las garantías de homogeneidad suficientes.

3. EL DESCENSO DE LAS PRECIPITACIONES EN MARZO

Como es habitual en este tipo de estudios, en los que se pretende analizar es la señal espacial de cambio a largo plazo a una escala mayor que la local, se han combinado las series, con el objetivo de obtener una nueva serie regional representativa del territorio analizado (JONES y HULME, 1996 y SALADIÉ *et al*, 2004). Ésta se construye a partir de las series individuales estandarizadas, lo que está especialmente recomendado en sectores con una alta variabilidad en la precipitación, como es el caso de suroeste peninsular. El periodo de referencia elegido para la estandarización de las series, ha sido el último periodo internacional, 1971-2000, siguiendo las recomendaciones de la OMM (WMO, 1967).

Hemos construido dos series regionales: la primera de ellas está formada por un gran número de estaciones (33 series) que comparten el periodo común 1917-2005. La segunda serie regional, denominada “histórica”, no está constituida siempre por el mismo número de observatorios. Se inicia con los registros de las dos series más largas (San Fernando y Gibraltar) a principios del siglo XIX, y, a medida que comienzan las demás series, se van incorporando éstas al cálculo de la serie regional (compuesta finalmente por 8 series).

La evolución temporal de las precipitaciones de marzo en la serie regional puede apreciarse en la figura 2.

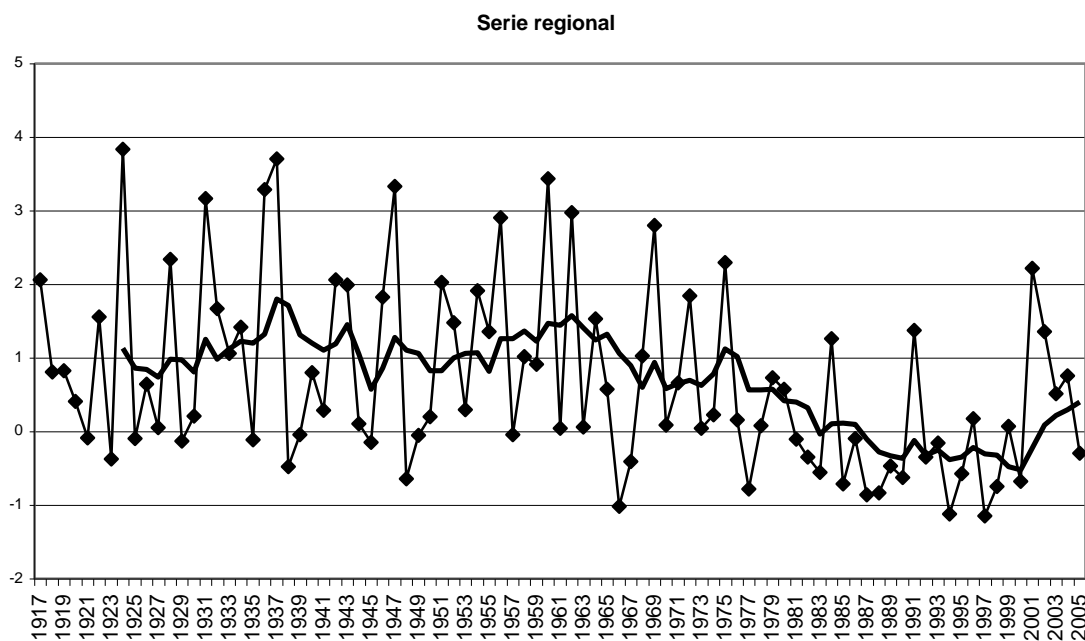


Fig. 2: Serie regional de precipitación de marzo estandarizada según el periodo 1971-2000 a la que se ha aplicado una media móvil de 8 años (1917-2005).

La tendencia descendente se inicia a partir de 1960 y continúa hasta el año 2001, momento en que parece interrumpirse este comportamiento, apreciándose una débil recuperación de las precipitaciones, aunque sin alcanzar los valores habituales previos a 1960. Es también destacable la sucesión de valores muy bajos que se registra a partir de los años ochenta, lo que supone un hito histórico en la serie. Este comportamiento se registra también en las series individuales, en las cuales ha sido comprobada la significación estadística de la tendencia a un nivel del 95% mediante pruebas no paramétricas tales como el test de los Rangos de

Spearman y el test de Mann-Kendall. En ninguna de las series de marzo se detectó la existencia de correlación serial que implique persistencia en las series y que pueda alterar la detección de tendencias mediante el test de Mann-Kendall (SNEYERS, 1975; SERRANO *et al*, 1999) También fue aplicado el Test-T para la significación de la pendiente de la recta de regresión lineal ajustada a las series, resultando igualmente significativas desde el punto de vista estadístico.

Hay que destacar, no obstante, que el fenómeno se produce en todo el ámbito de estudio, con la excepción de los observatorios del sureste, situados en las provincias de Almería y Murcia (Figura 1). Sin duda, la importante barrera separadora ejercida por el Sistema Bético entre los mecanismos atmosféricos “atlánticos” y “mediterráneos”, matiza espacialmente los efectos de unos y otros y determina esta individualización del sector sureste de la región.

En la tabla 1 se presentan los porcentajes de disminución entre diferentes periodos internacionales sugeridos por la OMM. Resulta destacable cómo el descenso de las precipitaciones para el periodo 1971-2000 respecto a 1931-1960, supone más de un 50% para la mayor parte de las series. Este hecho concuerda con el apuntado por PAREDES *et al* (2006), pero le introduce, además, matices espaciales en los valores de estos porcentajes de disminución y resalta el *gradiente* de transición existente en la vertiente mediterránea, donde los valores, notablemente inferiores al conjunto de la región (por debajo de un 40%), también disminuyen de oeste a este. Los porcentajes disminuyen desde Tarifa (Cádiz) con un 36%, hasta Guadix, en la provincia de Granada, con un 20,8%.

Hay que destacar también la existencia de un *gradiente* norte-sur, registrando ciertos enclaves de Sierra Morena y de Cazorla, los descensos más acusados, superiores al 60%, en tanto que éstos se reducen ostensiblemente en el área más meridional (ver figura 1). Esta diferenciación pluviométrica entre el norte y el sur de Andalucía no haría sino reforzar la ya detectada por PITA *et al*, 1999 en relación con la variabilidad de las precipitaciones.

4. LA EVOLUCIÓN SECULAR DE LAS PRECIPITACIONES EN MARZO

Una vez descrita la importancia de las variaciones temporales y espaciales de este fenómeno, hemos querido contextualizar estos cambios a una escala temporal lo más extensa posible. Con este fin hemos utilizado algunas de las series históricas más largas de la región, que han servido de base para la construcción de la “serie histórica regional”. La evolución de las precipitaciones en dicha serie desde comienzos del siglo XIX aparece reflejada en la figura 3 y en ella se pone claramente de manifiesto la relevancia, a escala plurisecular, de la tendencia decreciente en las precipitaciones iniciada en los años 60 del siglo XX, la cual, además, continúa siendo significativa estadísticamente con arreglo al test de los Rangos de Spearman y el de Mann-Kendall para un nivel de significación del 95 %.

Estación	Provincia	Porcentaje (61-90)-(01-30)	Porcentaje (61-90)-(31-60)	Porcentaje (71-00)-(01-30)	Porcentaje (71-00)-(31-60)
Santiago de la Espada	Jaén		-56		-69
Aracena	Huelva		-49		-68,5
Córdoba	Córdoba		-52,7		-65,1
Pontones C. H. Segura	Jaén		-41,7		-62,7
Sanlúcar Barrameda (*)	Cádiz	-27,8	-46,6	-45,6	-59,8
Pantano Guadalmellato	Cádiz		-40,8		-59,7
Cazalla Sierra	Sevilla		-44,2		-59
Utrera	Sevilla		-53		-58,3
Grazalema	Cádiz		-42,2		-58
Jerez Aeropuerto	Cádiz		-47,6		-58
Niguelas	Granada		-45,9		-57,9
Sevilla	Sevilla	-23,8	-40,3	-44,5	-56,5
Bailén	Jaén		-40,5		-55,8
Jaén (*)	Jaén	-37,1	-42,7	-51,2	-55,5
Trebujena	Cádiz		-42,7		-55,5
Huelva	Huelva		-37,6		-55,3
Algodor	Portugal		-44,9		-54,9
Pantano Guadalcaçín	Cádiz		-42,2		-53,4
Cazorla Navas	Jaén		-40,4		-53
Sao Marcos	Portugal		-46,4		-52,6
Bujalance	Córdoba		-37,4		-51,1
Sao Bras	Portugal		-41,8		-51,1
Pozo Alcon	Jaén		-28,6		-48,4
Arjonilla	Jaén		-21,2		-44,2
AlcalaGazules	Jaén		-31		-42,8
Úbeda	Jaén	-17	-16	-42,6	-41,9
Aljezur	Portugal		-33		-39,5
Alcoutin	Portugal		-18,7		-36,3
Tarifa (*)	Cádiz	-24,4	-22	-37,9	-36
Fuente de Piedra	Málaga		-29,1		-35,1
Gibraltar (*)	Reino Unido	-35,5	-26,6	-42,4	-34,4
Málaga (*)	Málaga	-36	-24,3	-42,1	-31,5
Guadix (*)	Granada		-15,7		-20,8

Tabla 1: PORCENTAJE DE DISMINUCIÓN DE LAS PRECIPITACIONES ENTRE DIFERENTES PERIODOS INTERNACIONALES 1901-1930 (01-30), 1931-1960 (31-60), 1961-1990 (61-90), 1971-2000 (71-00). LAS SERIES MARCADAS CON UN (*) COMIENZAN SUS REGISTROS EN EL SIGLO XIX

Pueden distinguirse tres periodos en la serie histórica regional: una primera etapa, desde los inicios, hasta 1840, con valores muy bajos y crecientes; una segunda, muy extensa, que abarca el resto del siglo XIX y que se extiende hasta 1970 donde los valores son bastante estables en su conjunto, y una tercera, que se prolonga hasta el final de la serie, en la que encontramos de nuevo precipitaciones muy bajas, a pesar de que parecen remontar ligeramente en los últimos años. Estos mismos periodos de diferente comportamiento en las precipitaciones en el siglo XX también han sido identificados en otras zonas de la Península (AGUILAR y PITA, 1996; CREUS, 1996; SALADIÉ *et al*, 2002).

En la tabla 2 se recogen los valores medios y las desviaciones típicas de estos tres periodos. En él se puede observar que el periodo central, el de mayor estabilidad, presenta unas precipitaciones medias significativamente superiores respecto a las otras dos etapas y una dispersión significativamente superior respecto a la del periodo 1971-2000 (ver también tabla 3). Además se observa cómo, a pesar de la aparente similitud entre los periodos primero y último por sus escasas precipitaciones, existen diferencias significativas entre ambos. En primer lugar, el último periodo registra unas precipitaciones inferiores a las del primero así

como una desviación típica superior, siendo esta última diferencia significativa para un nivel de confianza del 95%. Ambos fenómenos se ponen también de manifiesto en la figura 4, en la cual hemos representado la evolución seguida por las medias móviles de 30 años para las precipitaciones medias de la serie y para su rango intercuartílico, entendiendo este parámetro de dispersión como más adecuado que la varianza o la desviación típica, dados los cambios registrados en la media a lo largo del periodo.

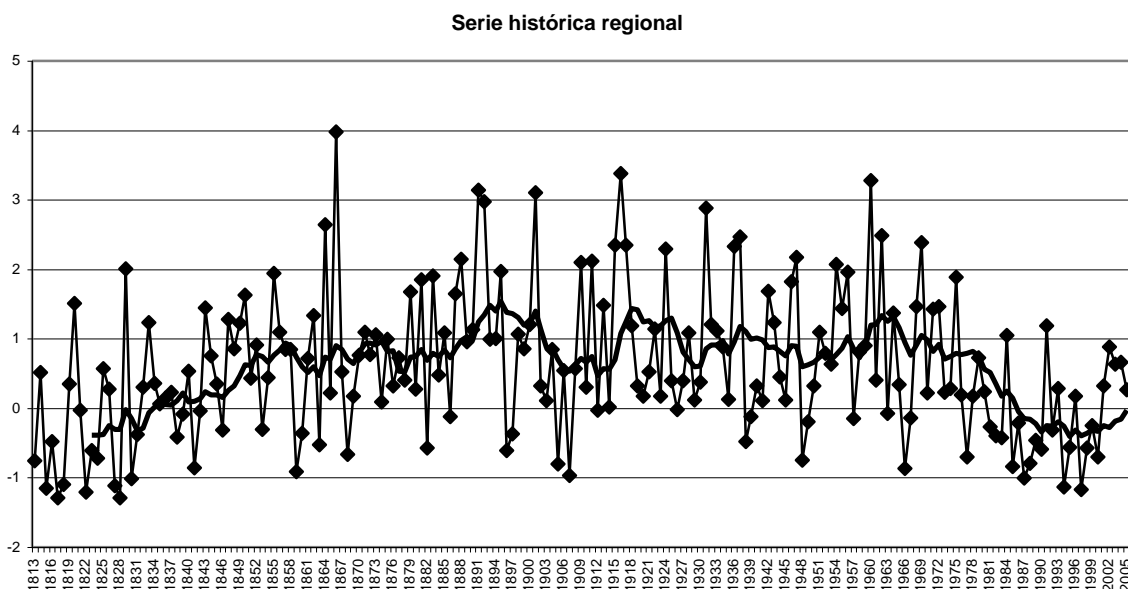


Fig. 3: Serie histórica regional de precipitación de marzo estandarizada según el periodo 1971-2000 a la que se ha aplicado una media móvil de 11 años (1813-2005).

Asistimos, pues, a lo largo de estos dos siglos a una disminución paulatina de la variabilidad pluviométrica y a un volumen de precipitaciones que se mantiene predominantemente estable, con la excepción de la etapa 1813-1840, de marcado ascenso y la etapa actual (1971-2000) en la que lo que se detecta es un descenso notable. Así pues, la singularidad de este último periodo vendría dada por ese marcado descenso de las precipitaciones unido a su reducida variabilidad. Ello lo convertiría en único a lo largo de todo el periodo instrumental, además de dotarlo de un presumible agravamiento de las condiciones hídricas de este mes, por implicar una alta permanencia en valores pluviométricos bajos.

Periodo	Media (mm)	Desviación típica (mm)
1813-1840	53,3	46,0
1841-1970	83,1	47,3
1971-2000	45,8	32,1

Tabla 2: ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE DIFERENTES PERIODOS EN LA SERIE HISTÓRICA REGIONAL

Periodos	t-Student (Medias)	F Snedecor (Varianzas)
1813-1840/ 1941-1970	2,6 (*)	1,4
1813-1840/ 1971-2000	0,6	2,7 (*)
1941-1970/ 1971-2000	5,2 (*)	2,0 (*)

Tabla 3: VALORES DE LAS PRUEBAS DE COMPARACIÓN DE MEDIAS Y VARIANZAS ENTRE DIFERENTES PERIODOS EN LA SERIE REGIONAL. LOS VALORES MARCADOS CON UN (*) INDICAN QUE SON SIGNIFICATIVOS A UN 95 % DE NIVEL CONFIANZA

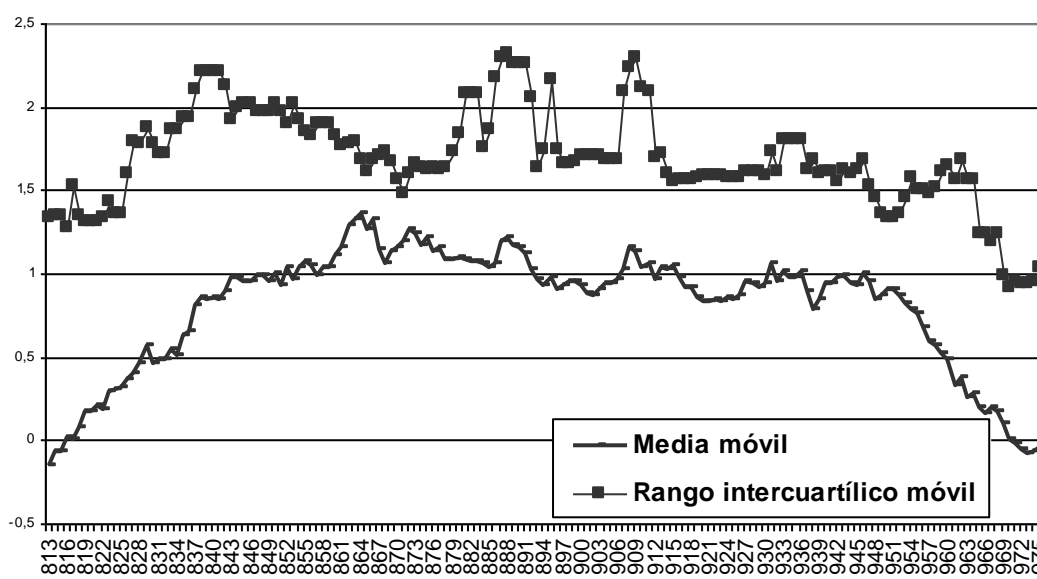


Fig.4: Media y rango intercuartílico móvil de 30 años de la serie regional histórica estandarizada para el periodo 1813-2005.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El estudio de numerosas series de precipitaciones del mes de marzo en el sur de la Península Ibérica pone de manifiesto los siguientes aspectos esenciales: en primer lugar, la existencia de una tendencia decreciente importante desde los años sesenta del siglo XX hasta la actualidad y a pesar del ligero repunte registrado en el año 2001. En segundo lugar, la significación estadística de esta tendencia incluso a escala plurisecular, lo que evidencia la magnitud histórica de este comportamiento. Este descenso de las precipitaciones, de una duración ya muy prolongada, se acompaña de una disminución significativa de la variabilidad pluviométrica, lo cual agrava aún más las consecuencias sobre los recursos hídricos por la permanencia de valores muy bajos de precipitación que no pueden compensarse interanualmente. Son también destacables las diferencias espaciales que aparecen en los porcentajes de disminución de la precipitación, destacando los gradientes norte-sur y este-oeste. Por otro lado, las diferencias espaciales encontradas son coherentes con el patrón

general de la precipitación en la región, con dirección predominante SE-NW (ROMERO *et al*, 1998; MARTIN-VIDE y FERNÁNDEZ, 2001).

Para evaluar la importancia de estas tendencias conviene situarlas en el marco de las tendencias registradas por esta variable a escala planetaria, en el contexto de los factores potencialmente generadores de tales tendencias y, desde luego, en el contexto de la amenaza de cambio climático que pesa sobre todo el planeta. En este sentido podemos apuntar algunos hechos de especial interés.

Sabemos que el índice de Oscilación del Atlántico Norte (NAO) representa el principal modo de variación en esta zona y, entre otros factores, se asocia con los cambios en la trayectoria y fuerza de las perturbaciones frontales, con la temperatura de la superficie del mar o con las anomalías en las temperaturas y en las precipitaciones en Europa, principalmente durante el invierno (HURREL, 1995). Se ha confirmado también la asociación de esta tendencia decreciente de las precipitaciones con un aumento de la temperatura del mar, el fenómeno el Niño y la Oscilación del Ártico (RODRÍGUEZ-PUEBLA *et al*, 2002). Otros muchos trabajos recientes, confirman los cambios significativos que se están produciendo en los patrones de circulación en el Atlántico Norte, especialmente desde los años ochenta (TRIGO y DACAMARA, 2000; FEALY y SWEENEY, 2005; KYSELÝ y DOMONKOS, 2006, entre otros).

En el contexto de un cambio climático, es bien conocida la fase positiva que a partir de mediados de la década de los setenta, experimenta la NAO. Esta circunstancia explica el descenso de las precipitaciones que se registra en las latitudes subtropicales, lo que está relacionado con un aumento de las situaciones anticiclónicas en el sur de Europa (FOLLAND y KARL, 2001; SCHÖNWIESE y RAPP, 1997). Aunque fuera de los objetivos de este estudio, hemos verificado su evolución en los últimos años, a partir de los datos del índice NAO para marzo ofrecidos por HURREL (2006). La duración de esta fase tiene su valor máximo en 1994 y, a excepción de 1996, con un valor negativo muy bajo, permanece con valores positivos hasta el 2003 (último dato disponible), aunque decreciendo. Así pues, parece que esta etapa podría estar finalizando. No obstante, esta tendencia decreciente de las precipitaciones, se enmarca en un contexto de cambios más amplio que se están produciendo a escala global, desde los años ochenta, y forma parte de los cambios y variaciones climáticas más recientes y significativas. Si este comportamiento de las precipitaciones de marzo persiste y la recuperación iniciada en el año 2001 no continúa remontando, las consecuencias para la agricultura y los recursos hídricos pueden agravarse, por lo que deberían ser tenidas en cuenta en la planificación hidrológica.

6. AGRADECIMIENTOS

Petr Stepanek por proporcionar su versión ampliada del software Anclim. A Ricardo M. Trigo por permitirnos disponer del manuscrito del que es coautor (PAREDES *et al*, 2006), al Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) de Portugal, por ofrecer gratuitamente en internet los datos de su red de observación, y al Instituto Nacional de Meteorología por las series de precipitación suministradas para este estudio.

10. REFERENCIAS

- AGUILAR, M. y PITA, M.F. (1996). "Evolución de la variabilidad pluviométrica en Andalucía occidental. su repercusión en la gestión de los recursos hídricos", en MARZOL, M., DORTA, P. y VALLADARES, P. (Eds.). *Clima y agua. La gestión de un recurso climático*, Tabapress, La Laguna, pp.299-311.
- ALEXANDERSSON, H. (1986). "A homogeneity test applied to precipitation data", *Journal of Climatology*, 6, 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, 25-34.
- CRADOCK, J.M. (1979): "Methods of Comparing Annual Rainfall Records for Climatic Purposes". *Weather*, 34, 332-346.
- CREUS, J. (1996). "Variaciones en la disponibilidad hídrica mensual en el valle del Ebro", en MARZOL, M., DORTA, P. y VALLADARES, P. (Eds.). *Clima y agua. La gestión de un recurso climático*, Tabapress, La Laguna, pp.79-86.
- FEALY, R. y SWEENEY, J. (2005). "Detection of a possible change point in atmospheric variability in the North Atlantic and its effect on Scandinavian glacier mass balance", *International Journal of Climatology*, 25, 1819 - 1833.
- FOLLAND, C. K. y KARL, T. R. (2001). "Observed climate variability and change", en *Climate Change 2001. The scientific basis*, HOUGHTON, J. T. et al (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge, 99-182.
- GALÁN, E., CAÑADA, R., RASILLA, D., FERNÁNDEZ, F. y CERVERA, B. (1999). "Evolución de las precipitaciones en la Meseta meridional durante el siglo XX", en RASO NADAL, J.M. y MARTÍN-VIDE, J. (Eds.). *La climatología española en los albores del siglo XXI*. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC), Serie A, nº 1, Barcelona, pp. 169-180.
- GARCÍA BARRÓN, L. (2002). "Evolución de las precipitaciones estacionales en el Suroeste español; posibles efectos ambientales", en GUIJARRO, J. A., GRIMALT, M., LAITA, M. y ALONSO, S., (Eds.), *El agua y el clima*, Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC), Palma de Mallorca, pp.209-218.
- HURREL, J.W. (1995). "Decadal trends in the NAO: regional temperatures and precipitations". *Science*, 269, pp. 676-679.
- HURREL, J.W. (2006). North Atlantic Oscillation Index data: <http://www.cgd.ucar.edu/~jhurrel/>
- 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.
- KYSELÝ, J. Y DOMONKOS, P. (2006). "Recent increase in persistence of atmospheric circulation over Europe. Comparison with long-term variations since 1881", *International Journal of Climatology*, 26, 461-483.
- MARTÍN VIDE, J. y FERNÁNDEZ BELMONTE, D. (2001). "El índice NAO y la precipitación mensual en la España peninsular", *Investigaciones Geográficas*, 26, 41-58.
- PAREDES, D., TRIGO, R. M., GARCIA-HERRERA, R. y FRANCO TRIGO, I. (2006). "Understanding Precipitation Changes in Iberia in Early Spring. Weather Typing and Storm-Tracking Approaches". *Journal of Hydrometeorology*, Vol. 7, No. 1, pp. 101-113.
- PITA, M.F, CAMARILLO, J.M y AGUILAR, M. (1999). "La evolución de la variabilidad pluviométrica en Andalucía y sus relaciones con el índice de la NAO", en RASO NADAL, J.M. y MARTÍN-VIDE, J. (Eds.). *La climatología española en los albores del siglo XXI*.

Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC), Serie A, nº 1, Barcelona, pp. 399-408.

RASO, J.M.(1996). Variación de las precipitaciones en el sur de la España peninsular durante el siglo XX, en MARZOL, M., DORTA, P. y VALLADARES, P. (Eds.). *Clima y agua. La gestión de un recurso climático*, Tabapress, La Laguna, pp.123-132.

RODRIGO, F.(2002). "Changes in climate variability and seasonal rainfall extremes: a case study from San Fernando (Spain), 1821-2000", en *Theoretical and Applied Climatology*, 72, pp. 192-207.

RODRÍGUEZ-PUEBLA, C., ENCINAS, A.H., NIETO, S. y GARMENDIA, J. (1998). "Spatial and temporal patterns of annual precipitation variability over the Iberian Peninsula", *International Journal of Climatology*, 18, pp.299-316.

RODRÍGUEZ-PUEBLA, C., ENCINAS, A.H., FRÍAS, M.D. y NIETO, S.(2002). "Impacto de índices climáticos en las variaciones de precipitación acumuladas en los meses de febrero, marzo y abril", GUIJARRO, J. A., GRIMALT, M., LAITA, M. y ALONSO, S., (Eds.), *El agua y el clima*, Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC), Palma de Mallorca, pp. 315-323.

ROMERO, R., GUIJARRO, J.A., RAMIS, C. y ALONSO, S. (1998). "A 30-year (1964-1993) daily rainfall data base for the Spanish Mediterranean regions: first exploratory study", *International Journal of Climatology*, 18, pp. 541-560.

SALADIÉ, O., BRUNET, M., AGUILAR, E. SIGRÓ, J. y LÓPEZ, D. (2002). "Evolución De la precipitación en el sector suroriental de la depresión del Ebro durante la segunda mitad del siglo XX", en GUIJARRO, J. A., GRIMALT, M., LAITA, M. y ALONSO, S., (Eds.), *El agua y el clima*, Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC), Palma de Mallorca, pp.335-346.

SALADIÉ, O., BRUNET, M., AGUILAR, E. SIGRÓ, J. y LÓPEZ, D. (2004). "Variaciones y tendencia secular de la precipitación en el Sistema Mediterráneo Catalán (1901-2000)", en GARCÍA, J. C., DIEGO, C., FERNÁNDEZ, P., GARMENDIA, C. y RASILLA, D., (Eds.): *El clima, entre el mar y la montaña*, Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC), Serie A, nº 4, Santander, pp.399-408.

SERRANO, A., MATEOS, V.L y GARCIA, J.A. (1999). "Trend analysis of monthly precipitation over the Iberian Peninsula for the period 1921-1995", *Phys. Chem. Earth*, 24, pp.85-90.

SCHÖNWIESE, y RAPP, (1997). *Climate trend atlas of Europe based on observations 1891-1990*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS (2006):

<http://snirh.inag.pt/>

SNEYERS, R. (1975). *Sur l'analyse statistique des séries d'observation*. WMO Technical Note 143, 189 pp.

ŠTĪPÁNEK, P. (2005). AnClim - software for time series analysis (for Windows). Dept. of Geography, Fac. of Natural Sciences, MU, Brno. 1.47 MB.

TRIGO, R.M. y DACAMARA, C.C. (2000). "Circulation weather types and their influence on the precipitation regime in Portugal", *International Journal of Climatology*, 20, 1559-1581.

WMO (1967). *A Note on Climatological Normals*, Technical Note nº 84, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.