

EVOLUCIÓN DE LAS PRECIPITACIONES EN EL SUROESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA (EXTREMADURA)

Ramón García Marín
*Universidad de Murcia**

Susanne Schnabel
Francisco Javier Lozano Parra
Manuel Pulido Fernández
*Universidad de Extremadura***

RESUMEN

El presente trabajo trata de responder a dos de las más inquietantes cuestiones que actualmente se plantean sobre la evolución climática en la España suroccidental: ¿Están disminuyendo las precipitaciones en esta zona en las últimas décadas? y ¿Está esa evolución pluviométrica ligada a ciclos o se advierten tendencias nítidas en su devenir? Para ello se analizaron las series de precipitación de observatorios localizados en las proximidades de ocho de las fincas experimentales del Grupo de Investigación GeoAmbiental de la Universidad de Extremadura, situadas en esta región, con datos homogeneizados y fiables de los últimos 50 años. Los resultados obtenidos evidenciaron una tendencia decreciente de las precipitaciones y mostraron indicios de una posible relación de dicho descenso, particularmente en los meses invernales, con el aumento en el valor de variables dinámicas como el índice NAO.

Palabras clave: Precipitación, Tendencias, Extremadura, España suroccidental

Rainfall evolution in the southwest of the Iberian Peninsula (Extremadura)

ABSTRACT

This paper attempts to answer two of the most disturbing questions now arising about the climatic evolution in southwestern Spain: Are rainfall amounts decreasing in this area in recent decades? And Is this evolution linked to rainfall cycles or do clear trends exist? Rainfall data of the last 50 years belongs to climate stations representative of 8 farms with silvopastoral land use, located in the Spanish region of Extremadura, were analyzed. The results showed a significant decreasing trend in rainfall. Some indications about a possible relationship between this reduction in the total amount of rainfall, particularly in the winter months, and an increasing trend in the value of dynamic variables such as the NAO index were also evidenced.

Keywords: Rainfall, Trends, Extremadura, SW Spain

Fecha de recepción: 5 de marzo de 2012.

Fecha de aceptación: 9 de julio de 2012.

* Departamento de Geografía. Universidad de Murcia. Campus de La Merced. 30001 Murcia (España). E-mail: ramongm@um.es

** Departamento de Arte y Ciencias del Territorio. Universidad de Extremadura. Avda. de la Universidad, 10071 Cáceres (España). E-mail: schnabel@unex.es, jlozano@unex.es, mapulidof@unex.es.

1. INTRODUCCIÓN

La preocupación existente por la evolución futura de los recursos hídricos en el contexto de la problemática del cambio climático ha suscitado un gran interés por el estudio de las tendencias de las series de precipitación. En los últimos 25 años han proliferado los estudios de la evolución de la precipitación, tanto a escala global como regional (Amanatidis *et al.*, 1993; Hulme, 1995; Brunetti *et al.*, 2001; Norrant y Douguédroit, 2005; Mehta y Yang, 2008; entre otros).

Referentes al ámbito español también existen numerosos trabajos que tratan de analizar las variaciones y tendencias pluviométricas (Wheeler y Martín-Vide, 1992; Galán Gallego *et al.*, 1999; González-Hidalgo *et al.*, 2001, 2009, 2011; Esteban-Parra *et al.*, 2003; Rodrigo y Trigo, 2007; López-Bustins *et al.*, 2008; De Luis *et al.*, 2009;...).

Los diversos y fatales períodos de sequía sufridos a finales del siglo XX y comienzos del siglo XXI, especialmente los ciclos secos de 1978-1982, 1992-1995 y 2005-2007 (García-Marín y Calvo, 2008; García-Marín, 2009), junto al incremento de las exigencias de recursos hídricos por el desarrollo demográfico y económico moderno, han planteado un auténtico reto investigador en los momentos en los que las hipótesis de cambio climático reducen las previsiones de precipitación en valores del orden del 20-25 % para mediado el siglo XXI (IPCC, 2007).

Moreno y Martín-Vide (1986) apreciaron una disminución de la precipitación en buena parte de la región mediterránea. Quereda *et al.* (2000) encontraron un aumento en Cataluña y Castellón y una disminución en el resto de la costa mediterránea, mientras que Ruiz-Sinoga *et al.* (2011) concluyeron que existe un aumento generalizado en el número de días secos en el suroeste peninsular español. En esa misma línea, varios autores: (Aguilar *et al.* (2006), Rodrigo *et al.* (2000), Rodrigo y Trigo (2007), y Del Río *et al.* (2010), han observado una disminución en la precipitación invernal, sobre todo durante el mes de marzo, a principios de primavera y verano, lo que se traduce en un descenso de la precipitación media anual en el sur de la Península Ibérica.

La Cuenca Occidental del Mediterráneo, en el borde meridional de la zona templada, entre los 35°N y los 45°N, podría estar abocada, de este modo, a experimentar impactos climáticos y biogeográficos de gran intensidad. En consecuencia, a lo largo del siglo XXI, se podría asistir a una sensible readaptación de su escenario biogeográfico afectado en gran medida por un aumento de la evapotranspiración y disminución de la precipitación.

Según los modelos actuales (HadAM3H, ARPEGE, REMO, RACMO, PROMES, etc.), estos procesos se deben al progresivo alejamiento de la zona de generación del *frente polar*. De acuerdo con el modelo PROMES, modelo regional de ecuaciones primitivas, hidrostático y completamente compresible, en su escenario menos favorable, para mediado el siglo XXI prevé las siguientes variaciones en la precipitación del sur peninsular español: i) disminución superior a 10 mm durante la estación invernal, ii) reducción próxima a los 20 mm en primavera, iii) descenso de entre 10 y 40 mm en la precipitación de verano, iv) **disminución superior a 20 mm en la mitad suroccidental** y sin cambios apreciables en el resto (De Castro *et al.*, 2005).

Ante dichas predicciones, cabe preguntarse si existen ya tendencias pluviométricas nítidas en el suroeste peninsular español, y que, además, confirmen los pronósticos ofrecidos a niveles regionales superiores por los distintos modelos de cambio climático mencionados. El objetivo de este estudio es, por tanto, caracterizar el régimen de precipitaciones y la evolución pluviométrica durante el último medio siglo en la región extremeña.

2. ÁREA DE ESTUDIO

La investigación se ha llevado a cabo en la Comunidad de Extremadura (figura 1), zona suroccidental de la Península Ibérica, donde existen diversos subtipos climáticos mediterráneos, con influencia atlántica en su extremo más occidental y continentalizado en su límite norte (Cañada, 1988). Las precipitaciones son muy variables e irregulares. La variabilidad interanual es muy elevada, con una desviación estándar de cerca de 170 mm sobre una precipitación media de 615 mm (García y Mateos, 2010).

Los valores más elevados se registran en los sistemas montañosos de la zona norte, donde se superan los 1.300 mm anuales, mientras que en las comarcas de Tierra de Barros y La Serena, en la provincia de Badajoz, apenas se superan los 400 mm. La mayor parte del territorio extremeño (un 60%) ofrece valores medios de precipitación anual entre los 500 y 700 mm, mientras que cerca del 15% de la superficie presenta valores de precipitación por debajo de los 500 mm.

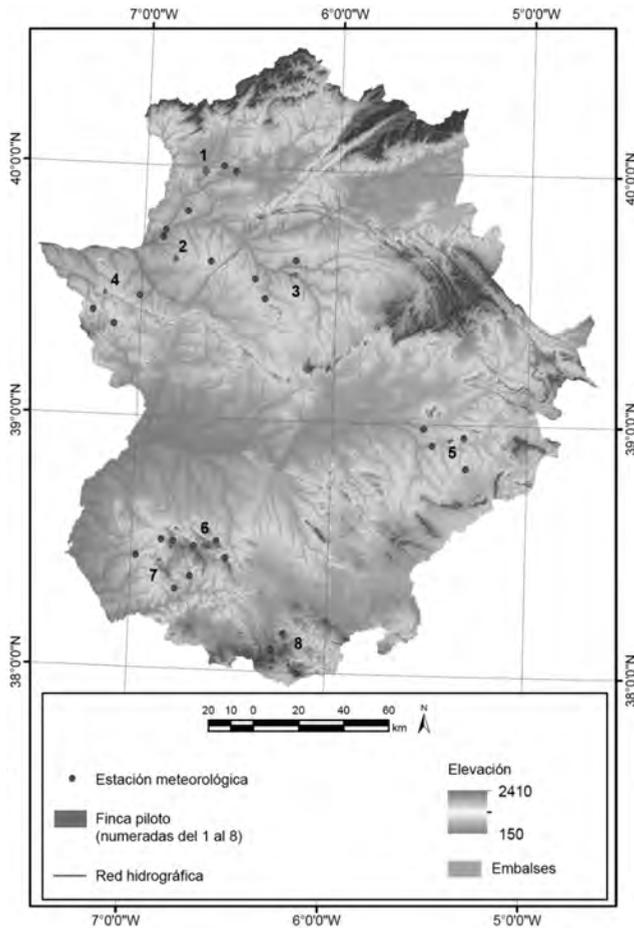


Figura 1. Localización del área de estudio, con indicación de las estaciones meteorológicas analizadas y fincas experimentales (con observatorios propios) del Grupo de Investigación GeoAmbiental (Universidad de Extremadura).

El relieve es un factor determinante en la distribución espacial de las precipitaciones. Las zonas de montaña presentan los mayores valores de precipitación: en las comarcas del Sistema Central pueden llegar a registrarse hasta 1.500 mm, en la Sierra de Villuercas en torno a los 1.000 mm, en la Sierra de San Pedro unos 700 mm, y en Sierra Morena entre 600 y 800 mm anuales.

Las áreas más áridas se localizan en el sector centro-este de la provincia de Badajoz, en las Vegas del Guadiana, Tierra de Barros y La Serena, como ya se ha mencionado anteriormente. Por otra parte, las comarcas de La Campiña, el área más oriental de La Serena, los Llanos de Olivenza y las estribaciones más meridionales de las sierras de Oretana Central y Occidental y los Llanos de Alcántara y Cáceres son áreas de transición, con precipitaciones algo superiores a los 500 mm. Las dehesas de Jerez de los Caballeros, Albuquerque-Valencia de Alcántara y las estribaciones de los Montes de Toledo suelen superar los 600 mm anuales (García y Mateos, 2010).

La región extremeña, debido a su situación geográfica, se encuentra en posición meridional de la zona de circulación general del oeste y, por tanto, recibe influencias de situaciones dinámicas atlánticas y subtropicales. Este territorio se sitúa en un ámbito regional escenario de los procesos de reajuste energético entre latitudes polares y tropicales. Durante estos procesos, los desplazamientos de las masas de aire desde sus regiones origen marcan una actuación básica, existiendo una gran variedad de situaciones atmosféricas y tipos de tiempo asociados (Cañada, 1990).

Durante la estación de invierno y estaciones equinocciales las situaciones sinópticas son más variadas, lo que explica la mayor versatilidad del tiempo en estas épocas del año. Estas variaciones están ligadas esencialmente al comportamiento del flujo circumpolar del oeste, que pueden envolver el espacio ibérico bajo tres formas básicas: circulación zonal, meridiana y celular (Capel Molina, 2000).

En el período estival, el hecho común es el desplazamiento de la corriente en chorro hacia latitudes muy altas, que deja a la región extremeña sometida al cinturón de altas presiones subtropicales. Entre las situaciones más frecuentes en esta estación figuran la cresta anticiclónica en altura acompañada de pantano barométrico en superficie y la depresión térmica superficial asociada a una vaguada poco profunda en altura (Martín Vide y Olcina Cantos, 2001). Durante estas situaciones sinópticas permanece un influjo dominante de la masa subtropical continental y una resistente estabilidad atmosférica que imposibilita las permutas verticales del aire, causando la aparición de temperaturas muy altas en Extremadura, llegando a superar los 40° C. Por otra parte, el establecimiento de una depresión térmica superficial sobre la región extremeña, como prolongación de la del Sáhara, constituye una situación frecuente en el verano, aunque dada su posición meridional, el embolsamiento de aire frío en altura se da sólo muy esporádicamente, de ahí el carácter tan prolongado y continuo de la sequía estival.

3. BASE DE DATOS Y MÉTODOS

Para elaborar este estudio se han seleccionado una serie de observatorios meteorológicos localizados en las proximidades de ocho fincas experimentales dependientes del Grupo de Investigación GeoAmbiental de la Universidad de Extremadura, situadas en esta región suroccidental de la Península Ibérica (figura 1 y tabla 1). Los datos (registros diarios en mm) han sido suministrados por la Agencia Estatal de Meteorología y Confederación Hidrográfica del Guadiana. Además, se han utilizado datos de registros almacenados por el citado grupo de investigación utilizando sus propias estaciones meteorológicas.

Esta base de datos ha sido homogeneizada. La comprobación de la homogeneidad de las series reconstruidas se realizó por medio de la prueba SNHT (Standard Normal Homogeneity

Test) de Alexanderson (Alexanderson y Moberg, 1997) y como contraste se aplicó la prueba de EP (Easterling y Peterson, 1995). Además, para realizar el presente estudio, se aplicó el test de Pettit, desarrollado recientemente por Wijngaard *et al.* (2003).

La aplicación del test de Pettit desveló una óptima homogeneidad de los datos de partida de cada una de las series de precipitación analizadas.

Estas estaciones meteorológicas son representativas del gradiente pluviométrico anteriormente mencionado. En su elección también se ha tenido en cuenta la proximidad con las fincas experimentales del grupo de investigación (figura 2), en el que se estudian las relaciones suelo-agua-planta en el ecosistema dehesa.

Tabla 1. Características básicas de las estaciones meteorológicas analizadas.

Observatorios/ Fincas Experimentales	Coordenadas UTM		Alt. (m)	Periodo	pp. media	Desviación típica
1	4428989,71	184578,47	312,8	1961-2010	609,6	170,0
2	4393869,05	171020,56	371,1	1961-2010	505,0	146,2
3	4386490,10	223274,09	319,7	1961-2010	557,0	151,0
4	4385332,69	276689,07	536,9	1961-2010	617,5	174,2
5	4379499,38	139431,02	414,5	1961-2010	440,1	126,1
6	4312898,00	292681,88	394,8	1961-2010	671,5	194,6
7	4221511,79	745388,09	690,1	1961-2010	665,0	183,1
8	4266859,05	184585,78	549,4	1961-2010	684,4	253,7

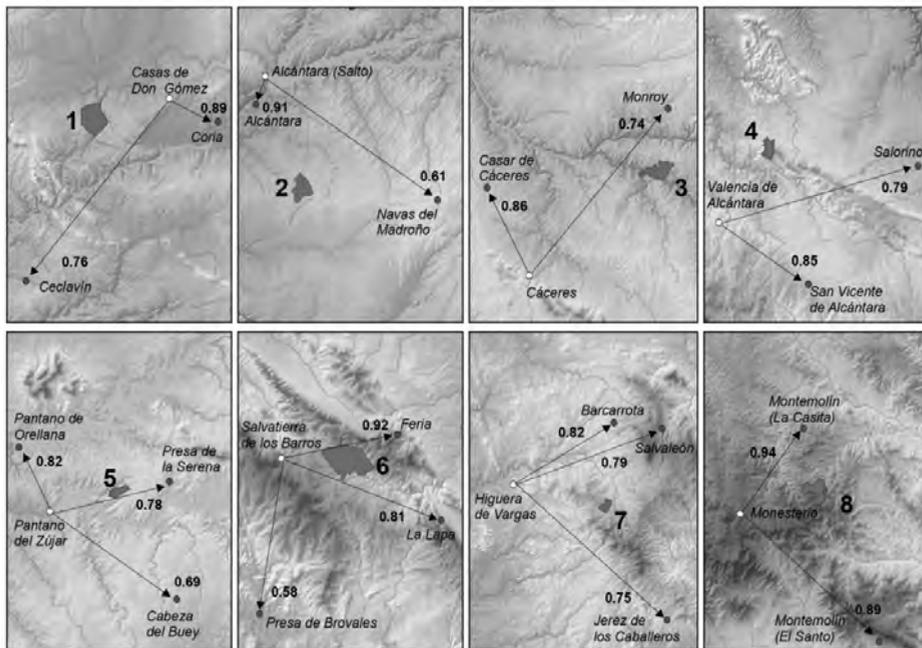


Figura 2. Fincas experimentales y observatorios adyacentes utilizados para la reconstrucción de los datos. La semejanza de los datos pluviométricos entre los observatorios seleccionados viene reflejada en sus altos valores de correlación positiva (r de Pearson)

Para establecer o deducir un pronóstico evolutivo de la precipitación para los años siguientes al último de la serie, es decir para después de 2010, debe sustituirse la línea poligonal por otra prolongable que se adapte o ajuste de la mejor forma posible a ella. Conviene, pues, sustituir los puntos verdaderos representativos de las lluvias reales por otros ficticios que estén en una línea de ley de distribución conocida (recta, parábola, etc.) y cuya distancia residual a los respectivos valores reales sea la mínima posible. En este caso, los métodos empleados para el cálculo de la trayectoria de la precipitación son el método de la tendencia definido por regresión lineal, y las medias móviles con banda de 5 años. Gracias a estos promedios móviles se crea una nueva serie, creciente o decreciente, que permite deducir una determinada tendencia secular en la serie estudiada (Walford, 1995). Para evaluar la significación estadística de las tendencias obtenidas se ha utilizado el test no paramétrico de Mann Kendall (Z-test), pues el beneficio de esta prueba es que los datos no tienen por qué ajustarse a una distribución particular.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 3 quedan representados los valores de precipitación anual, las líneas de tendencia y las líneas de precipitación media móvil de 5 años con la finalidad de suavizar la elevada variabilidad interanual de la precipitación e intentar establecer ciclos húmedos y secos a lo largo del período de estudio.

La irregularidad pluviométrica interanual queda representada nítidamente en la figura 3, y es común en todos los observatorios de estudio. No obstante, existen diferencias apreciables en cuanto al número y extensión de ciclos húmedos y secos. Los observatorios meridionales presentan ciclos secos más intensos y prolongados que los húmedos. Este hecho se traduce en una tendencia pluviométrica negativa más acusada.

En la tabla 2 se describe el tipo de tendencia (positiva y ascendente o negativa y decreciente) y la reducción o incremento de precipitación en milímetros por año. En este caso se vuelven a advertir diferencias notables según la localización geográfica. Todos los observatorios ofrecen una tendencia negativa, aunque en aquellos localizados en la provincia de Cáceres la tendencia es poco o nada significativa (fincas experimentales 1, 2 y 3 y estaciones meteorológicas adyacentes). Son los observatorios localizados al sur de la provincia de Badajoz los que presentan las tendencias negativas más representativas (fincas experimentales 7 y 8). Estos reducen su precipitación anual considerablemente a lo largo del período de análisis. De acuerdo a los resultados obtenidos mediante el test Mann-Kendall, solamente estos dos observatorios ofrecen una tendencia negativa significativa.

El análisis de las tendencias de precipitación estacional y sus posibles causas permitirá comprender mejor la evolución de la precipitación anual en Extremadura. En la tabla 3 quedan reflejadas las tendencias estacionales observadas y la reducción o incremento estacional de precipitación (mm/año).

La tendencia de la precipitación invernal muestra una trayectoria decreciente generalizada. Durante la estación invernal se encuentra de nuevo una alta significación para las tendencias negativas de las estaciones meteorológicas del sur (fincas experimentales 7 y 8).

Durante los equinoccios las tendencias son más variables. En primavera, las inclinaciones pluviométricas ofrecen resultados básicamente negativos, sobre todo en los observatorios del sur. En aquellos observatorios más orientales (finca experimental 5 y estaciones meteorológicas próximas) la precipitación de primavera asciende de forma muy leve, sin tendencias significativas. Durante el otoño las tendencias pluviométricas son positivas en la mayoría de los observatorios,

incluso en aquellos localizados al sur (fincas experimentales 6 y 7), no obstante estas tendencias no son significativas. En la zona de Sierra Morena Occidental las tendencias en otoño son negativas (finca experimental 8), pero tampoco parecen ser significativas de acuerdo con el test de Mann-Kendall.

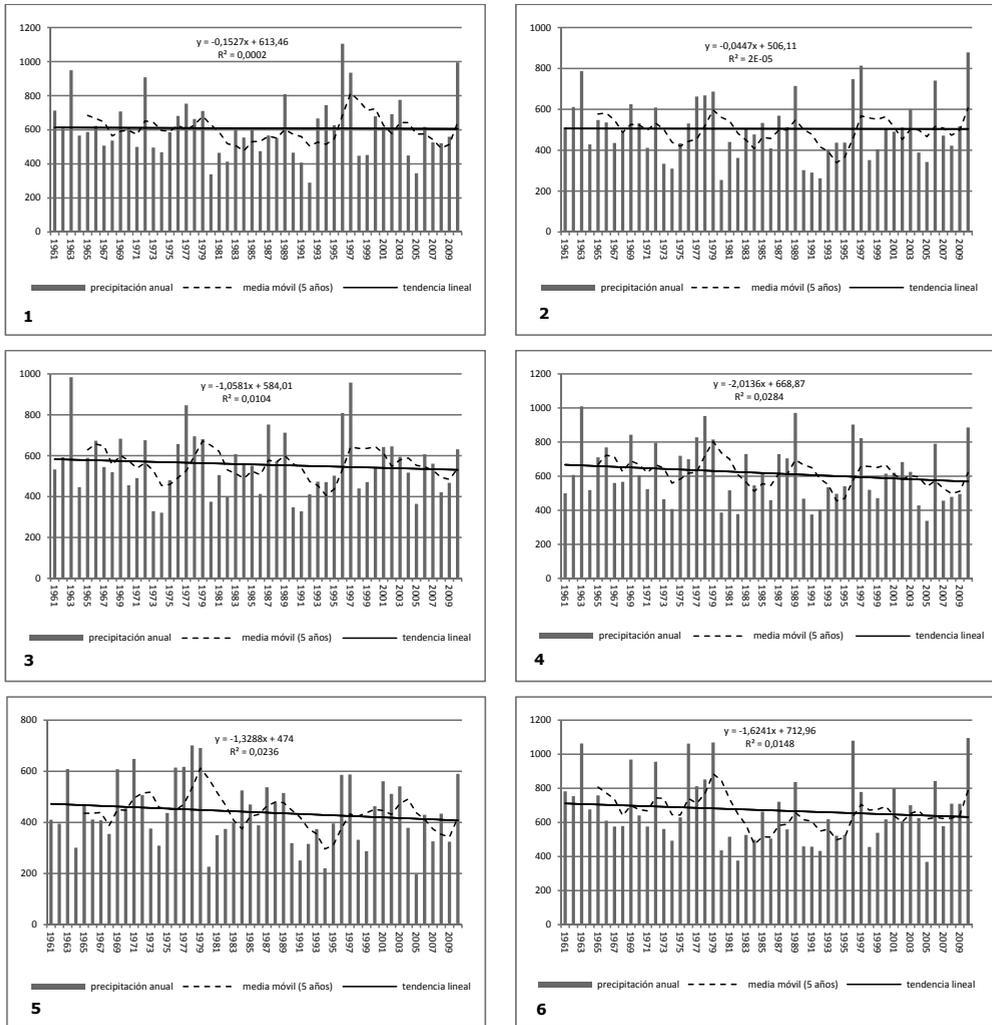


Figura 3. Precipitación anual, evolución temporal (media móvil de 5 años) y tendencias en los observatorios/fincas experimentales analizadas.

Tabla 2. Tendencias de la precipitación anual. Test Mann-Kendall y nivel de significación

P: *= $P < 0,05$; **= $P < 0,01$.

Observatorios/ Fincas Experimentales	Periodo	n	Test Z	Variación anual (mm/ año)
1	1961-2010	50	-0,54	-0,20
2	1961-2010	50	-0,49	-0,15
3	1961-2010	50	-0,59	-0,90
4	1961-2010	50	-1,14	-1,80
5	1961-2010	50	-0,90	-1,20
6	1961-2010	50	-0,79	-1,50
7	1961-2010	50	-1,77*	-3,05
8	1961-2010	50	-3,64**	-6,80

Tabla 3. Tendencias de la precipitación estacional. Test Mann-Kendall y nivel de significación

P: *= $P < 0,05$; **= $P < 0,01$.

Observatorios/ Fincas Experimentales	Test Z				Variación de la lluvia estacional (mm/año)			
	I	P	V	O	I	P	V	O
1	-1,04	0,04	-2,61**	0,68	-0,40	0,10	-0,70	0,80
2	-0,84	-0,13	-2,43*	0,79	-0,25	-0,30	-0,60	1,00
3	-1,22	-0,68	-1,61	0,99	-1,30	-0,40	-0,30	1,10
4	-1,22	-0,28	-2,33*	-0,38	-1,15	-0,20	-0,40	-0,05
5	-1,02	0,17	-2,87**	0,63	-0,90	0,10	-0,70	0,30
6	-1,56	-0,95	-0,78	0,90	-1,60	-0,90	-0,10	1,10
7	-1,87*	-1,94**	-2,11*	0,80	-2,10	-1,40	-0,40	0,85
8	-2,03**	-3,20**	-2,83**	-1,41	-2,40	-1,90	-0,90	-1,60

La estación de verano muestra, quizás, los resultados más curiosos y significativos. Las tendencias pluviométricas ofrecen signos negativos en todos los observatorios analizados. Aparentemente, la variación de las precipitaciones estivales (mm/año) no es muy elevada, pero si se tiene en cuenta que durante esta estación las lluvias son escasas, la variación es bastante significativa.

Según Sumner *et al.* (2003), existe una marcada disminución de los flujos húmedos que provienen del oeste, atlánticos, situaciones que provocan en el suroeste peninsular español la mayor cantidad de precipitaciones en invierno y primavera. Como consecuencia, la cantidad de precipitación total anual sufrirá una reducción.

En el suroeste de la Península Ibérica existe una buena correlación negativa entre el índice NAO y la precipitación de los meses de octubre a marzo (Martín-Vide y Fernández, 2001), ofreciendo los meses de abril y mayo una correlación menor, aunque la dependencia pluviométrica sigue siendo apreciable; mientras que el trimestre estival (junio-agosto) no ofrece señal NAO. El mes de septiembre queda considerado como de transición entre el período estival y el período de clara significación de la señal NAO. En la fase positiva del índice NAO las altas presiones subtropicales se acentúan, lo que provoca que la trayectoria de las tormentas invernales se desplace hacia el norte y las precipitaciones disminuyan en el suroeste español. Desde la década de 1970 el índice NAO ofrece una tendencia predominantemente positiva, que se traduce en una inclinación decreciente de la pluviometría invernal en este territorio.

En otros estudios sobre las tendencias de precipitación en la Península Ibérica se encuentran ciertas similitudes con el análisis aquí realizado. Según López-Bustins *et al.* (2008), la mitad suroccidental española presenta tendencias de precipitación decrecientes, sobre todo la precipitación invernal. Además de analizar su dependencia respecto a la variación de la NAO, anteriormente comentada, los autores piensan que este descenso de la precipitación se relaciona con una situación sinóptica típica del periodo central del invierno: potente anticiclón centrado sobre Europa Central, comportando estabilidad atmosférica sobre el centro y oeste de la Península Ibérica y una circulación del NE en la fachada oriental mediterránea. Este patrón ha incrementado su frecuencia del orden de 2,71 días/década en los meses centrales del invierno a lo largo del periodo 1959-2000.

Según Martín-Vide y Fernández (2001), en esta región geográfica existe una buena correlación negativa entre el índice NAO y la precipitación de los meses invernales y de primavera. En los últimos 30 años el índice NAO se ha presentado preferentemente positivo, lo que podría explicar esta reducción de los registros de lluvia.

Las tendencias decrecientes de la precipitación en meses de verano son inquietantes, pues de seguir este camino agravarán de forma significativa la sequía estival. Si estos periodos secos se acrecientan, los procesos erosivos provocados por las precipitaciones torrenciales de comienzos de otoño serán mayores y debilitarán las condiciones eco-geomorfológicas del apreciado y protegido ecosistema dehesa (Ceballos y Schnabel, 1998). Otro hecho muy a tener en cuenta, desde un punto de vista económico, es la reducción en la producción de pastos, muy ligada ésta a la variabilidad de la precipitación (González *et al.*, 2012).

6. CONCLUSIONES

La enorme inquietud provocada por la escasez actual de recursos hídricos y la dramática imagen que ello representa para la región suroccidental española implica la necesidad de analizar de forma rigurosa la evolución de las precipitaciones con el fin de verificar si se está produciendo una reducción progresiva de las mismas.

Los resultados obtenidos muestran la existencia de contrastes en función de la localización geográfica de los observatorios analizados. En la provincia norte de Extremadura, Cáceres, se observa una evolución descendente de las precipitaciones. No obstante, y según el test Mann-Kendall, ninguna de estas tendencias anuales tiene significancia estadística.

En el sur de la provincia de Badajoz (fincas experimentales 7 y 8) existe una tendencia de la precipitación anual decreciente, con una notable significación estadística. Son, sobre todo, las tendencias menguantes de la precipitación de las estaciones de invierno, primavera y verano las que agudizan este descenso pluviométrico anual. En este sentido, los estudios e investigaciones de tendencias y evolución de las precipitaciones deben constituir un instrumento de gran utilidad para los gestores ambientales y administradores de recursos hídricos, sobre todo en territorios en donde los periodos de sequía provocan numerosas pérdidas económicas y ambientales y conflictos sociales y políticos.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo forma parte del proyecto de investigación *Análisis y modelización integral de las dehesas: Cambios de uso y manejo y repercusiones sobre la sustentabilidad del sistema* (CGL2011-23361), financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad.

7. REFERENCIAS

- AGUILAR, M., SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, E. y PITA, M.F. (2006): Tendencia de las precipitaciones de marzo en el sur de la Península Ibérica, En: *Clima, Sociedad y Medio Ambiente*, Asociación Española de Climatología, Zaragoza, pp. 41–51.
- ALEXANDERSSON, H. y MOBERG, A. (1997): Homogenization of Swedish Temperature Data. Part I: Homogeneity Test for Linear Trends. *Internacional Journal of Climatology*, nº 17, pp. 25-34.
- AMANATIDIS, G.T., PALIATSOS, A.G., REPAPIS, C.C. y BARTZIS, J.G. (1993): Decreasing precipitation trend in the Marathon area, Greece. *International Journal of Climatology*, nº 13, pp. 191-201.
- BRUNETTI, M., COLACINO, M., MAUGERI, M. y NANNI, T. (2001): Trends in the daily intensity of precipitation in Italy from 1951 to 1996. *International Journal of Climatology*, nº 21, pp. 299-316.
- CAÑADA, R. (1988): *El clima de Extremadura: estudio analítico y dinámico*. Madrid, UAM, 1.522 pp.
- CAÑADA, R. (1990): Diferencias estacionales entre tipo de tiempo ciclónico y anticiclónico en Extremadura. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, nº 10, pp. 85-210.
- CAPEL MOLINA, J.J. (2000): *El clima de la Península Ibérica*. Ed. Ariel, Barcelona, 281 p.
- CASTILLO, J.M. (1989): *El clima de Andalucía*, Almería, Instituto de Estudios Almerienses.
- CEBALLOS, A. y SCHNABEL, S. (1998): Hydrological behaviour of a small catchment in the dehesa landuse system (Extremadura, SW Spain). *Journal of Hydrology*, nº 210, pp. 146-160.
- DE CASTRO, M., MARTÍN-VIDE, J. y ALONSO, S. (2005): El clima de España: pasado, presente y escenarios de clima para el siglo XXI. En: MORENO, J.M. (Ed.): *Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid; pp. 1-64.
- DEL RÍO, S., HERRERO, L., FRAILE, R., y PENAS, A. (2010): Spatial distribution of recent rainfall trends in Spain (1961-2006). *International Journal of Climatology*, nº 31(5), pp. 656-667.
- EASTERLING D. y PETERSON T. (1995): A new method for detecting undocumented discontinuities in climatological time series. *International Journal of Climatology*, nº 15, pp. 369-377.
- ESTEBAN-PARRA, M.J., POZO-VAZQUEZ, D., RODRIGO, F.S. y CASTRO-DIEZ, Y. (2003): Temperature and precipitation variability and trends in Northern Spain in the context of the Iberian Peninsula climate. En: BÖLLE H-J (Ed.): *Mediterranean climate. Variability and trends*. Springer, pp. 259–276.
- 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 albores del siglo XXI*. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología, (AEC, serie A, nº 1), pp. 169-180.

- GARCÍA-MARÍN, R. y CALVO, F. (2008): Frecuencia y evolución de rachas secas en la cuenca del Guadalentín (Sureste de España). *Boletín de la A.G.E.*, nº 48, pp. 71-89.
- GARCÍA-MARÍN, R. (2009): *La sequía en la cuenca del Guadalentín*. Ed: Asociación Murciana de Ciencia Regional (AMUCIR), Murcia (Spain).
- GARCÍA, R. y MATEOS, A.B. (2010): El Clima de Extremadura. En: SCHNABEL, S., LAVADO, J.F., GÓMEZ, A. y GARCÍA, R. (Eds): *Aportaciones a la Geografía Física de Extremadura*, Cáceres, Asociación Profesional para la Ordenación del Territorio, el Ambiente y el Desarrollo Sostenible (Fundicotex), pp. 25-52.
- GONZÁLEZ-HIDALGO, J.C., DE LUÍS, M., RAVENTOS, J. y SÁNCHEZ, J.R. (2001): Spatial distribution of seasonal rainfall trends in a western mediterranean area. *International journal of climatology*, vol. 21, nº 7, pp. 843-860.
- GONZALEZ-HIDALGO, J.C., LÓPEZ-BUSTINS, J.A., STEPÁNEK, P., MARTÍN-VIDE, J. y DE LUIS, M. (2009): Monthly precipitation trends on the Mediterranean fringe of the Iberian Peninsula during the second half of the 20th century (1951–2000). *International Journal of Climatology*, nº 29, pp. 1415–1429.
- GONZÁLEZ-HIDALGO, J.C., BRUNETTI, M. y DE LUIS, M. (2011): A new tool for monthly precipitation analysis in Spain: MOPREDAS database (monthly precipitation trends December 1945–November 2005). *International Journal of Climatology*, nº 31 (5), pp. 715-731.
- GONZÁLEZ, F., SCHNABEL, S., PRIETO, P.M., PULIDO-FERNÁNDEZ, M., GRAGE-RA-FACUNDO, J. (2012): Producción de los pastos en la dehesa y su relación con la precipitación y el suelo. En: R.M. CANALS y L. SAN EMETERIO (Eds.): *Nuevos retos de la ganadería extensiva: un agente de conservación en peligro de extinción*. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, Pamplona, pp. 37-43.
- HULME, M. (1995): Estimating global changes in precipitation. *Weather*, nº 50, pp. 34-42.
- IPCC (2007): Climate change 2007: the physical science basis. *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (ed. by S. SOLOMON, D. QIN, M. MANNING, Z. CHEN, M. MARQUIS, K.B. AVERYT, M. TIGNOR and H.L. MILLER). Cambridge University Press, Cambridge.
- LOPEZ-BUSTINS, J.A.; MARTIN-VIDE, J. y SANCHEZ-LORENZO, A. (2008): Iberian winter rainfall trends based upon changes in teleconnection and circulation patterns. *Global and Planetary Change*. Vol. 63, Issues 2-3, pp. 171-176.
- LÓPEZ-BUSTINS, J.A., SÁNCHEZ-LORENZO, A., AZORÍN-MOLINA, C. y ORDÓÑEZ-LÓPEZ, A. (2008): Tendencias de la precipitación invernal en la fachada oriental de la Península Ibérica. En: SIGRÓ, J., BRUNET, M. y AGUILAR, E. (Eds.): *Cambio Climático Regional y sus Impactos*, Asociación Española de Climatología, Serie A, nº 6, pp. 161-171.
- MEHTA, A.V. y YANG, S. (2008): Precipitation climatology over Mediterranean Basin from ten years of TRMM measurements. *Advances in Geosciences*, nº 17, pp. 87–91.
- MORENO-GARCÍA, M.C. y MARTÍN-VIDE, J. (1986): Estudio preliminar sobre las tendencias de la precipitación anual en el sur de la Península Ibérica: el caso de Gibraltar. II Simp. Agua Andalucía, Dpto. Hidrogeología. Universidad de Granada, I, pp. 37-44.
- MARTÍN-VIDE, J. y OLCINA J. (2001): *Climas y tiempos de España*. Alianza editorial S.A., Madrid, 258 p.

- MARTÍN-VIDE, J. y FERNÁNDEZ, D. (2001): El índice NAO y la precipitación mensual en la España peninsular. *Investigaciones Geográficas*, nº 26, pp. 41-58.
- NORRANT, C. y DOUGUEDROIT, A. (2005): Monthly and daily precipitation trends in the Mediterranean (1950–2000). *Theoretical and Applied Climatology*, vol. 83, nº 1-4, pp. 89-106.
- QUEREDA, J., MONTÓN, E. y ESCRIG, J. (2000): La evolución de las precipitaciones en la Cuenca Occidental del Mediterráneo: ¿Tendencia o ciclos?. *Investigaciones Geográficas*, nº 24, 17-35.
- RODRIGO, F.S., ESTEBAN-PARRA, M.J., POZO-VÁZQUEZ D. y CASTRO-DIEZ, Y. (2000): Rainfall variability in southern Spain on decadal to centennial time scales. *International Journal of Climatology*, nº 20 (7), pp. 721–732.
- RODRIGO, F.S. y TRIGO, R.M. (2007): Trends in daily rainfall in the Iberian Peninsula from 1951 to 2002. *International Journal of Climatology*, nº 27 (4), pp. 513-529.
- RUIZ-SINOGA, J.D., GARCÍA-MARÍN, R., GABARRÓN-GALEOTE, M.A. y MARTÍNEZ-MURILLO, J.F. (2011): Analysis of dry periods along a pluviometric gradient in Mediterranean southern Spain. *International Journal of Climatology*. Article first published online: 4 OCT 2011 | DOI: 10.1002/joc.2376.
- WALFORD, N. (1995): *Geographical Data Analysis*. Wiley, 458 p.
- WHEELER, D. y MARTÍN-VIDE, J. (1992): Rainfall Characteristics of Mainland Europe's Most Southerly Stations. *International Journal of Climatology*, nº 12, pp. 69-76.
- WIJNGAARD, J.B., KLEIN TANK, A.M.G. y KÖNNEN, G.P. (2003): Homogeneity of 20th Century European Daily Temperature and Precipitation Series. *International Journal of Climatology*, nº 23, pp. 679–692.