

# EVOLUCIÓN DE LAS PRECIPITACIONES EN LA CUENCA SUR MEDITERRÁNEA ESPAÑOLA

Ramón GARCÍA MARÍN<sup>1</sup>, Ana Beatriz MATEOS RODRÍGUEZ<sup>1</sup>, José Damián RUIZ SINOGA<sup>2</sup>, Álvaro GÓMEZ GUTIÉRREZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Investigación GEOAMBIENTAL, Universidad de Extremadura

<sup>2</sup> Dpto. de Geografía, Universidad de Málaga

rgarciama@uex.es, sinoga@uma.es, abmateos@uex.es, alvgo@uex.es

## RESUMEN

El presente trabajo trata de responder a dos de las más inquietantes cuestiones que actualmente se plantean sobre la evolución climática en el sur mediterráneo español. Estas interrogantes son: ¿Acaso están disminuyendo las precipitaciones en el sur mediterráneo español? y, asimismo, ¿Está esa evolución pluviométrica ligada a ciclos o se advierten tendencias nítidas en su devenir? La respuesta a ambas cuestiones se fundamenta en el análisis de las series de 9 de los principales observatorios históricos localizados en la región mediterránea española de Andalucía, con datos homogeneizados y fiables de los últimos 50 años.

**Palabras clave:** Cambio Climático, Precipitación, Tendencias, Sur Mediterráneo Español

## ABSTRACT

The concern provoked by a possible scarcity of water resources and the difficulty this would pose for the Spanish southern Mediterranean region requires that a rigorous temporal analysis of precipitations be carried out with the aim of verifying whether a progressive reduction in rainfall is already taking place. The objectives of this study are: i) to verify of a decrease in precipitations in southern Spain, and ii) to assess whether this decrease is related to temporal cycles or well-defined tendencies. The response to both questions is based on a series analysis of nine of the principal historical observatories located in the Spanish Mediterranean area of Andalusia, with homogenised reliable data from the 1960. The results obtained show the existence of great contrasts in the study region.

**Key words:** Climatic Change, Rainfall, Trends, Mediterranean Spanish South

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos 25 años han proliferado los estudios de la evolución de la precipitación, tanto a escala global como regional (DÍAZ *et al.*, 1989; AMANATIDIS *et al.*, 1993; HULME, 1995; BRUNETTI *et al.*, 2001; NORRANT y DOUGUÉDROIT, 2005; LÓPEZ-BUSTINS *et al.*, 2008; 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, 2010; SALADIÉ *et al.*, 2002; ESTEBAN-PARRA *et al.*, 2003; RODRIGO y TRIGO, 2007; DE LUIS *et al.*, 2009;...).

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 lo concerniente al área del mediterráneo occidental, MORENO y MARTÍN-VIDE (1986) ya apreciaron una disminución de la precipitación en buena parte de la región, mientras que QUEREDA *et al.* (2000) encontraron un aumento en Cataluña y Castellón y una disminución en el resto.

GUIJARRO (2001) revela tendencias de distinto signo en Baleares con un aparente gradiente NE-SE: tendencias negativas en Mahón (Menorca) y positivas en el aeropuerto de Ibiza. Este gradiente, de confirmarse, podría indicar posibles cambios en los patrones de la circulación atmosférica en el Mediterráneo Occidental.

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). Según AGUILAR *et al.* (2006), RODRIGO *et al.* (2000), RODRIGO y TRIGO (2007), y DEL RÍO *et al.* (2010), entre otros, existe 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 mediterráneo 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 sur mediterráneo 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 Cuenca Sur Mediterránea española.

## **2. ÁREA DE ESTUDIO**

La investigación se llevó a cabo en la Cuenca Sur Mediterránea española a lo largo de un gradiente pluviométrico, donde existen diversos subtipos climáticos mediterráneos: húmedo, subhúmedo, seco y semiárido, y una reducción de la precipitación en más de 1.000 mm/año,

desde el extremo húmedo al semiárido (figura 1). Las precipitaciones son muy variables e irregulares y, en general, muestran un gradiente de disminución oeste-este, desde los enclaves muy lluviosos cercanos al estrecho de Gibraltar hasta el dominio subdesértico que se establece en la costa almeriense (CAPEL, 1987).

De acuerdo con PITA (2003), este territorio podría regionalizarse climáticamente, estableciendo una triple distinción entre climas costeros, climas de interior y climas de montaña. El clima mediterráneo subtropical caracteriza a la mayor parte de la costa mediterránea andaluza. El hecho más característico de este ámbito es la gran suavidad térmica invernal, que se genera en virtud de la intervención de tres mecanismos básicos: la influencia suavizadora del mar, la orientación sur de la costa, que la convierte en una solana privilegiada para la recepción de los rayos solares, y la protección frente a las coladas septentrionales que le otorgan las cadenas montañosas Béticas.

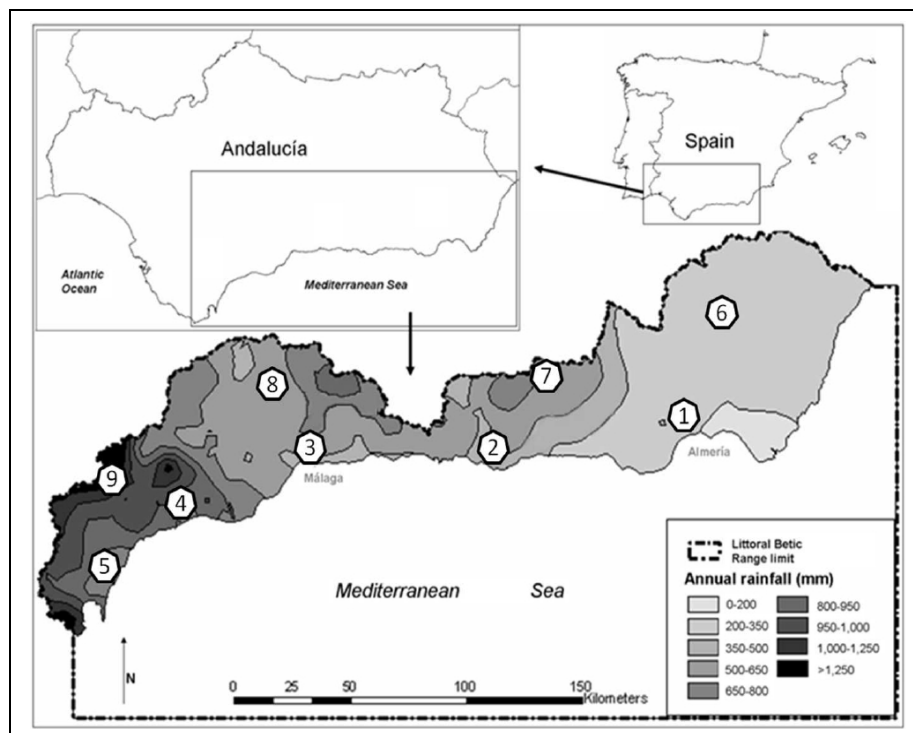


Figura 1. Localización del área de estudio con indicación de los observatorios analizados y gradiente pluviométrico anual. 1: Almería; 2: Motril; 3: Málaga; 4: Marbella; 5: San Roque; 6: El Higueral; 7: Sierra Nevada; 8: Antequera; 9: Gaucín.

### 3. BASE DE DATOS Y MÉTODOS

Para elaborar este estudio se han seleccionado 9 observatorios meteorológicos, 2 de ellos localizados en el litoral sureste mediterráneo, otros 2 en el litoral mediterráneo suroccidental, otro entre estos anteriores (Málaga) y otros 4 en el interior sur mediterráneo andaluz (figura 1 y tabla 1). Los datos (registros diarios en mm) han sido suministrados por la Agencia Andaluza del Agua, dependiente del Gobierno de Andalucía.

Esta base de datos está totalmente homogeneizada por la administración competente. La comprobación de la homogeneidad de las series reconstruidas se realizó por medio de la prueba SNHT de Alexanderson (ALEXANDERSON y MOBERG, 1997) y como contraste se

aplicó la prueba de EP (EASTERLING y PETERSON, 1995), sin considerar serie de referencia. La determinación de no emplear serie de referencia surgió del hecho de la falta de criterios objetivos para asegurar que dicha serie de referencia fuese a su vez homogénea.

Además, para realizar el presente estudio, se aplicó el test de Pettit, desarrollado recientemente por WIJNGAARD *et al.* (2003). Este es un test no paramétrico (no asume ninguna distribución) basado en la serie de los rangos  $\{r_i: i=1, \dots, n\}$ . El rango se define como la posición del dato en la serie ordenada de menor a mayor. En caso de que haya observaciones con el mismo valor se les asigna a todas el mismo rango, correspondiente a la media aritmética de los rangos que corresponderían a los elementos. Se considera como hipótesis nula la homogeneidad de la serie y se calcula el siguiente estadístico:

$$X_k = 2 \sum_{i=1}^k r_i - k(n+1), k = 1, \dots, n$$

En caso de existir una discontinuidad en la posición K-ésima, el estadístico presentará un extremo cerca de esa posición. El nivel de significación y los valores críticos viene tabulado en función del tamaño de la muestra y del siguiente valor:

$$X_K = \max_{1 \leq i \leq n} (|X_i|)$$

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 mencionado. En su elección también se ha tenido en cuenta la proximidad con las estaciones experimentales del grupo de trabajo del área de Geografía Física de la Universidad de Málaga (España), donde se estudian las relaciones suelo-agua-plantas (<http://www.hydrosur.uma.es>).

Tabla 1. Características básicas de las estaciones pluviométricas analizadas.

Observatorio	Coordenadas UTM	Alt. a.s.l. (m)	Periodo	pp. media	Desviación típica	Nº medio días lluvia
Almería	4077256-547479	6	1962-2007	194,5	75,8	35,5
Motril	4067264-453879	45	1965-2007	361,3	158,7	39,8
Málaga	4064690-373188	12	1962-2007	477,1	164,3	51,2
Marbella	4041057-331329	115	1962-2007	723,0	310,6	57,3
San Roque	4009846-285647	109	1962-2007	838,2	315,6	54,3
El Higueral	4131968-544293	886	1962-2007	350,8	131,9	37,1
Sierra Nevada	4091190-483681	1319	1962-2007	651,4	218,3	50,0
Antequera	4097869-360630	540	1962-2007	486,1	165,5	57,2
Gaucín	4043753-292558	697	1962-2007	1126,7	418,0	63,4

Para establecer o deducir un pronóstico evolutivo de la precipitación para los años siguientes al último de la serie, es decir para después de 2007, debe de 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) a un nivel de confianza del 95%.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 2 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 2, 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 litorales orientales (Almería y Motril) presentan un menor número de ciclos pluviométricos que los observatorios litorales occidentales e interiores. Además, los ciclos secos son más prolongados que los húmedos, aunque estos últimos ofrecen una mayor intensidad. Conforme se avanza hacia la costa suroccidental española los ciclos son bastante más breves y, por lo tanto, más numerosos, aunque los ciclos húmedos presentan una prolongación similar a los secos. Este hecho se traduce en una tendencia pluviométrica positiva (Marbella y San Roque).

Los observatorios del interior ofrecen unos resultados mucho más significativos (Sierra Nevada, El Higueral, Antequera y Gaucín). El número de ciclos pluviométricos es similar al que ofrecen los observatorios del litoral mediterráneo suroccidental, aunque en este caso los ciclos húmedos presentan cada vez menores cantidades de lluvia, lo que se traduce en una tendencia decreciente de la precipitación anual.

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 región de estudio:

- i) Los observatorios litorales más orientales (Almería y Motril) ofrecen tendencias negativas. El observatorio de Málaga, a pesar de su posición más occidental podría unirse a este grupo.
- ii) Los observatorios localizados en el litoral sur mediterráneo occidental, Marbella y San Roque, ofrecen tendencias positivas de notable significación. Estos observatorios incrementan su precipitación en 2,7 y 2,2 mm/año.
- iii) Por último, son los observatorios localizados en el interior mediterráneo andaluz los que presentan las tendencias negativas más representativas. Éstos reducen su precipitación anual considerablemente a lo largo del período de análisis (Sierra Nevada, El Higueral, Antequera y Gaucín).

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante el test Mann-Kendall, solamente los observatorios del interior mediterráneo andaluz (Sierra Nevada, Antequera y Gaucín) ofrecen una tendencia negativa significativa (tabla 2).

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

Tabla 2. Tendencias de la precipitación anual. Test Mann-Kendall y nivel de significación  
P:  $*$ = $P<0,05$ ;  $**$ = $P<0,01$ .

Observatorios	periodo	n	Test Z	Variación anual (mm/year)
Almería	1962-2007	46	-0,89	- 0,55
Motril	1965-2007	43	-0,08	- 0,21
Málaga	1962-2007	46	-0,59	- 0,57
Marbella	1962-2007	46	0,98	2,73
San Roque	1962-2007	46	0,36	2,22
El Higueral	1962-2007	46	-0,82	- 1,52
Sierra Nevada	1962-2007	46	<b>-1,97*</b>	- 3,33
Antequera	1962-2007	46	<b>-2,12*</b>	- 3,12
Gaucín	1962-2007	46	<b>-1,67**</b>	- 4,67

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 del interior (Sierra Nevada, Antequera y Gaucín). También es significativa la tendencia decreciente de la precipitación en la estación meteorológica de Málaga (tabla 3).

Tabla 3. Tendencias de la precipitación estacional. Test Mann-Kendall y nivel de significación  
P:  $*$ = $P<0,05$ ;  $**$ = $P<0,01$ .

Observatorios	Test Z				Variación de la lluvia estacional (mm/year)			
	I	P	V	O	I	P	V	O
<b>Almería</b>	-0,99	-1,50	0,21	-0,30	- 0,34	- 0,40	0,30	- 0,11
<b>Motril</b>	-1,17	-0,21	1,17	1,29	- 1,72	- 0,44	0,28	1,67
<b>Málaga</b>	<b>- 1,74**</b>	0,41	<b>1,86**</b>	-0,03	- 0,70	0,17	0,15	- 0,19
<b>Marbella</b>	-0,84	1,48	<b>1,95**</b>	<b>1,95**</b>	- 1,22	0,67	0,72	2,56
<b>San Roque</b>	-0,27	-0,26	<b>2,16*</b>	1,14	- 0,79	- 0,23	0,45	2,79
<b>El Higueral</b>	-0,61	-0,82	0,02	-0,79	- 0,54	- 0,22	0,22	- 0,98
<b>Sierra Nevada</b>	<b>- 1,85**</b>	-1,00	1,45	-0,68	- 2,02	- 0,70	0,47	- 1,08
<b>Antequera</b>	<b>- 2,76**</b>	-0,57	0,96	-1,48	- 1,51	- 0,23	0,11	- 1,49
<b>Gaucín</b>	<b>- 2,84**</b>	0,80	<b>1,78**</b>	-0,53	- 5,83	0,96	0,59	- 0,39

Durante los equinoccios las tendencias son variables, sin embargo se advierten ciertas similitudes según las distintas zonas geográficas de análisis. En primavera se observa un doble patrón en la tendencia pluviométrica. En aquellos observatorios más orientales, ya sean litorales o de interior, la precipitación de primavera descende, mientras que los suroccidentales ofrecen una tendencia positiva, a excepción de San Roque, aunque las tendencias no son muy significativas. Durante el otoño, aparecen tres patrones distintos en las tendencias pluviométricas. En el interior (El Higueral, Sierra Nevada, Antequera y Gaucín) y en el litoral más oriental (Almería) la tendencia es negativa, si bien menos significativa en este último caso. Los observatorios del litoral centro-oriental (Motril y Málaga) poseen una tendencia positiva. Y los observatorios occidentales (Marbella y San Roque) presentan una tendencia positiva y de incremento nítido en la precipitación de otoño.

En verano, el análisis de la tendencia pluviométrica muestra signos positivos en todos los observatorios analizados. Este hecho puede explicarse por la mayor ocurrencia de lluvias convectivas (SUMNER *et al.*, 2003), aunque en general los chubascos y tormentas suelen ser débiles. La significación estadística según el test de Mann Kendall es notable en los observatorios suroccidentales.

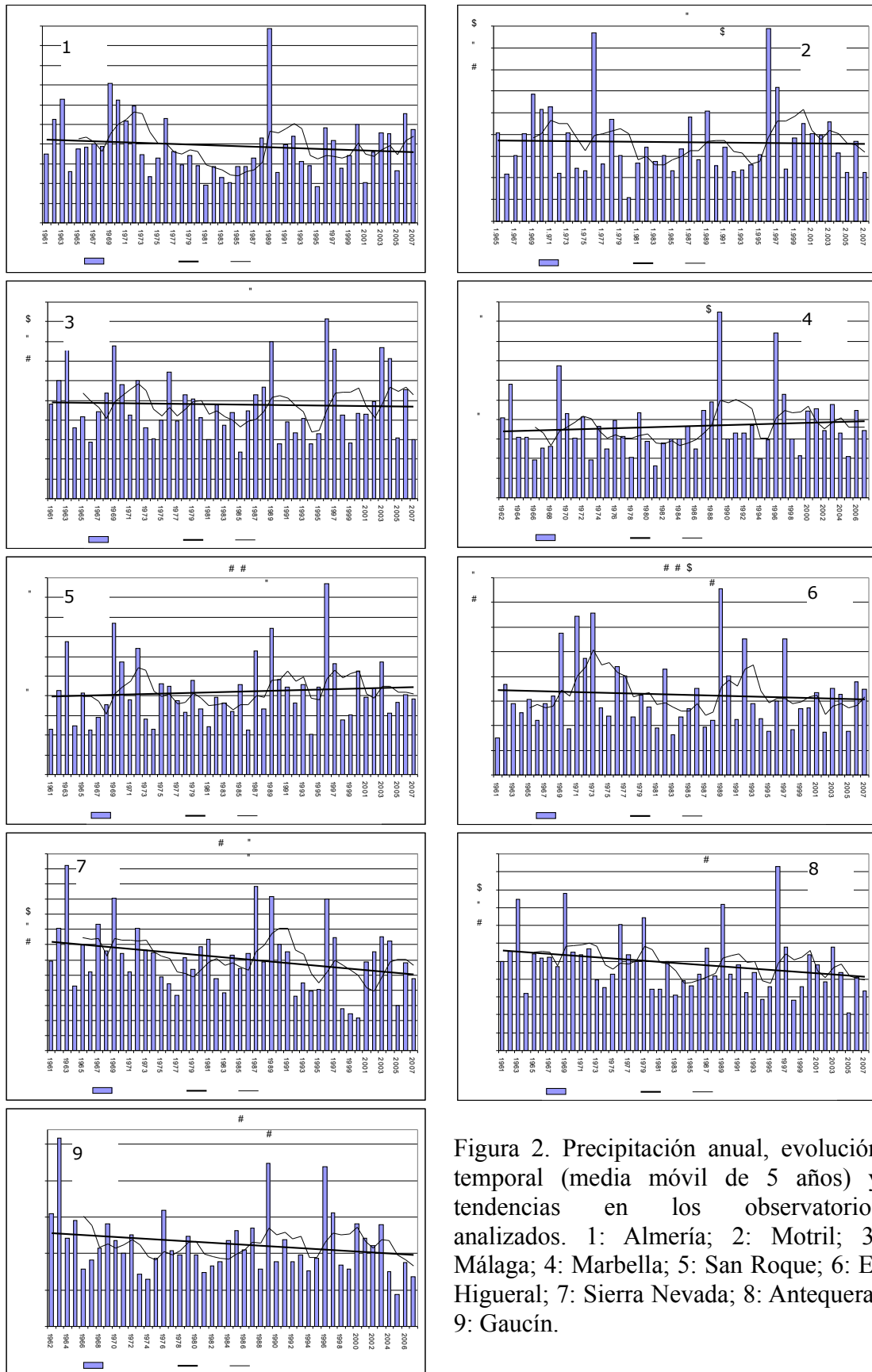


Figura 2. Precipitación anual, evolución temporal (media móvil de 5 años) y tendencias en los observatorios analizados. 1: Almería; 2: Motril; 3: Málaga; 4: Marbella; 5: San Roque; 6: El Higueral; 7: Sierra Nevada; 8: Antequera; 9: Gaucín.

Según SUMNER *et al.* (2003), existe una marcada disminución de los flujos húmedos que provienen del oeste, atlánticos, situaciones que provocan en el sur mediterráneo español la

mayor cantidad de precipitaciones en invierno y primavera. Como consecuencia, la cantidad de precipitación total anual sufrirá una reducción.

En la costa suroccidental mediterránea 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 siga 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 la costa suroccidental española. 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 occidental del sur mediterráneo español presenta tendencias 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.

## 6. CONCLUSIONES

La enorme inquietud provocada por la escasez actual de recursos hídricos y la dramática imagen que ello representa para la región sur mediterránea 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 precipitaciones. Los resultados obtenidos muestran la existencia de grandes contrastes en el sur mediterráneo español en función de la localización geográfica de los observatorios analizados:

- i) En el litoral sur oriental se ha encontrado una evolución decreciente de las precipitaciones (Almería, Motril y Málaga). No obstante, y según el test Mann-Kendall, ninguna de estas tendencias anuales son significativas estadísticamente.
- ii) En la costa sur-occidental (Marbella y San Roque), hay una tendencia pluviométrica anual creciente. Ello supone una contradicción estadística frente a las afirmaciones ampliamente sostenidas de la existencia de una evolución regular descendente de la precipitación en el sur mediterráneo español y frente a las previsiones de los actuales modelos de cambio climático. En este caso, tampoco la aplicación del test Mann-Kendall para las tendencias de precipitación anual ofrece significación. Por tanto, los test de tendencia vienen a reflejar las complejas variaciones cíclicas que muestran las precipitaciones mediterráneas.
- iii) En el interior (El Higueral, Sierra Nevada, Antequera y Gaucín) existe una tendencia de la precipitación anual decreciente, con una notable significación estadística. Son, sobre todo, las tendencias decrecientes de la precipitación de las estaciones de invierno y de otoño las que agudizan este descenso pluviométrico anual. Según Martín-Vide y



Fernández (2001), en esta región geográfica del interior de Andalucía existe una buena correlación negativa entre el índice NAO y la precipitación de los meses de octubre a mayo. En los últimos 30 años el índice NAO se ha presentado preferentemente positivo, lo que podría explicar esta reducción de los registros de lluvia.

Estos contrastes mostrados pueden incidir en aspectos sociales y económicos de considerable importancia, puesto que un descenso pluviométrico en el interior puede acarrear problemas quizá más significativos que un descenso de la precipitación sobre el litoral. Los embalses de regulación y almacenamiento de recursos hídricos, localizados preferentemente en el interior, podrían reducir el volumen de agua embalsado, del que se abastece la mayor parte de la población asentada a lo largo del litoral y la superficie de regadío existente en esta región mediterránea. Por lo tanto, los estudios e investigaciones de tendencias y evolución de las precipitaciones deben constituir un instrumento de gran utilidad para los gestores y administradores de recursos hídricos, sobre todo en territorios en donde los períodos de sequía provocan numerosas pérdidas económicas y conflictos sociales y políticos.

## 7. REFERENCIAS

- AGUILAR, M., SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, E. y PITA, M<sup>a</sup>.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, 41–51.
- ALEXANDERSSON, H. y MOBERG, A. (1997). Homogenization of Swedish Temperature Data. Part I: Homogeneity Test for Linear Trends. *Internacional Journal of Climatology*, 17, 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*, 13, 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*, 21, 299-316.
- CASTILLO, J.M. (1989). *El clima de Andalucía*, Almería, Instituto de Estudios Almerienses.
- CAPEL, J.J. (1987). El clima de Andalucía. En CANO, G. (Ed.): *Geografía de Andalucía*, Sevilla, Ed. Tartessos, Vol. II, 99-186.
- DÍAZ, H.F., BRADLEY, R.S. y EISCHEID, J.K. (1989). Precipitation fluctuation over global land areas since the late 1800's. *Journal of Geophysical Research*, 94, 1095-1120.
- 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*, Published online in Wiley InterScience, DOI: 10.1002/joc.2111.
- EASTERLING D. y PETERSON T. (1995). A new method for detecting undocumented discontinuities in climatological time series. *International Journal of Climatology*, 15: 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, 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), 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.* 48, 71-89.
- GARCÍA MARÍN, R. (2009). *La sequía en la cuenca del Guadalentín*. Ed: Asociación Murciana de Ciencia Regional (AMUCIR), Murcia (Spain).
- 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, nº7, 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* 29: 1415–1429.
- GONZÁLEZ-HIDALGO, J.C., BRUNETTI, M. y DE LUIS, M. (2010). A new tool for monthly precipitation analysis in Spain: MOPREDAS database (monthly precipitation trends December 1945–November 2005). *International Journal of Climatology*, Published online in Wiley InterScience, DOI: 10.1002/joc.2115.
- GUIJARRO, J.A. (2001). Problemática de la detección del cambio climático en Baleares. En PONS, G.X. y GUIJARRO, J.A. (Eds.) *El canvi climàtic*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 9, 147-158.
- HULME, M. (1995). Estimating global changes in precipitation. *Weather*, 50, 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, 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, 161-171.
- MEHTA, A.V. y YANG, S. (2008). Precipitation climatology over Mediterranean Basin from ten years of TRMM measurements. *Advances in Geosciences*, 17, 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, 37-44.
- MARTÍN-VIDE, J. y FERNÁNDEZ, D. (2001). El índice NAO y la precipitación mensual en la España peninsular. *Investigaciones Geográficas*, 26, pp. 41-58, Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante.
- 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, 89-106.
- PITA, M<sup>a</sup>.F. (2003). El clima de Andalucía. En LÓPEZ, A. (Coord.): *Geografía de Andalucía*. Barcelona, Ariel, 137-174.
- QUEREDA, J., MONTÓN, E. y ESCRIG, J. (2000). La evolución de las precipitaciones en la Cuenca Occidental del Mediterráneo: ¿Tendencia o ciclos?. *Investigaciones Geográficas*, 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* 20(7): 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* 27(4): 513–529.
- WALFORD, N. (1995). *Geographical Data Analysis*. Wiley, 458 pp.
- WHEELER, D. y MARTÍN-VIDE, J. (1992). Rainfall Characteristics of Mainland Europe's Most Southerly Stations. *International Journal of Climatology*, 12, 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* 23, 679–692.