

# EVOLUCIÓN DE LAS PRECIPITACIONES ESTACIONALES EN EL SUROESTE ESPAÑOL: POSIBLES EFECTOS AMBIENTALES

Leoncio GARCÍA BARRÓN

*Departamento de Física Aplicada II. Universidad de Sevilla*

## RESUMEN

El estudio muestra la evolución de las series pluviométricas estacionales de larga duración de los observatorios del suroeste de la Península Ibérica y los posibles efectos ambientales deducibles a partir de la tendencia en las series primaverales de precipitación.

**Palabras clave:** Precipitación estacional, tendencia de primavera, suroeste de España.

## ABSTRACT

*The study shows to the evolution of the seasonal series long play of precipitation in the observatories of the southwest of the Iberian Peninsula and the possible environmental effects from the trends of spring series.*

**Key words:** Seasonal precipitation, trends of spring series, southwest of Spain.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las series meteorológicas de precipitación y temperatura, como elementos meteorológicos de mayor relevancia, aportan información sobre el comportamiento climático y sus repercusiones en los sistemas naturales. El conocimiento de la estructura y evolución de las series históricas de registros termopluviométricos redundan en beneficio de otros estudios de carácter científico y técnico (agrícolas, medioambientales, etc.). De su interpretación se pueden obtener conclusiones aplicables en diversos campos sociales y económicos, ya que permite fundamentar decisiones relacionadas con la producción agraria y regulación de regadíos, con los recursos hidráulicos en el consumo urbano e industrial, con la planificación energética, con actividades turísticas y comerciales, en la protección del medio ambiente, etc. La conexión de los estudios climáticos con otros campos hace que se deriven amplias relaciones interdisciplinares.

El objetivo de este estudio es caracterizar el régimen de precipitaciones y poner de manifiesto, en su caso, posibles efectos ambientales asociados a la evolución pluviométrica durante el último siglo de las series estacionales en la región suroccidental española.

## 2. OBSERVATORIOS

Los observatorios de base elegidos son aquellos del suroeste español, Andalucía Occidental y Extremadura, en los que las series de datos son superiores al siglo. Los registros corresponden

al Observatorio de Marina de San Fernando ( $36^{\circ} 27'N$ ,  $5^{\circ} 45'W$ ) en Cádiz, Riotinto ( $37^{\circ} 42'N$ ,  $6^{\circ} 36'W$ ) en la provincia de Huelva, Tablada-Sevilla ( $37^{\circ} 22'N$ ,  $6^{\circ} 00'W$ ), Córdoba ( $37^{\circ} 53'N$ ,  $4^{\circ} 47'W$ ) y Badajoz ( $38^{\circ} 53'N$ ,  $6^{\circ} 58'W$ ). El periodo de registros analizados comprende desde 1882/83 hasta 1998/99, salvo Córdoba que se inicia en 1894. Empleamos, por tanto, una escala temporal superior a 102 años y una celda superficial de 300 Km de lado aproximadamente. Pertenecen a dos cuencas hidrográficas distintas, Guadiana y Guadalquivir, las que es posible caracterizar por sus analogías en la irregularidad de precipitaciones intra e interanuales. Las series originales han sido sometidas a un proceso de relleno de lagunas por regresión respecto de los observatorios mejor correlacionados, y sometidos a pruebas de homogeneidad relativa (GARCÍA y PITA, 2001). Consideramos el inicio del año pluviométrico el día 1 de Septiembre, y consecuentemente las estaciones comprenden los sucesivos trimestres; así la primavera incluye marzo, abril y mayo.

### 3. ANÁLISIS DESCRIPTIVO

Con el fin de enmarcar los resultados es conveniente establecer las características generales -a partir de los valores centrales y medidas de dispersión- de las series mensuales, estacionales y anuales correspondientes a cada uno de los observatorios analizados, prescindiendo de su carácter cronológico, el cual se tratará posteriormente. La tablas adjuntas 1 y 2 muestran estos valores.

En la figura 1 de distribución mensual de la precipitación a lo largo del año podemos apreciar, con carácter general, un incremento progresivo de agosto a noviembre en que se alcanza el máximo, una meseta oscilante hasta marzo, y un progresivo y pronunciado descenso hasta julio. Las variaciones entre observatorios se producen en el perfil de la meseta. Hemos de señalar que debido a la irregularidad interanual de las precipitaciones el perfil no se conserva estacionario, sino que sufre ligeras modificaciones en función del periodo temporal considerado en el cálculo.

Un aspecto destacable de la observación de la tabla 2 es que el coeficiente de variación estacional de primavera no supera el valor 0,5 para ningún observatorio. Por tanto, frente a la mayor irregularidad del comportamiento invernal indica una relativa estabilidad temporal, de forma que las oscilaciones interanuales de primavera se producen agrupadas alrededor de la media sin grandes desviaciones. Este resultado resalta la importancia de analizar la constancia temporal de los valores centrales que se expone en la sección siguiente.

Con el fin de evaluar correctamente la evolución temporal de las series estacionales, conviene indicar la proporción de la precipitación media estacional respecto del total anual. De la observación de la tabla 3 podemos deducir la relativa uniformidad del comportamiento intra- anual en los distintos observatorios, la mayor contribución de las precipitaciones invernales, seguidas por las de otoño y primavera, y la escasa relevancia pluviométrica del verano.

### 4. EVOLUCIÓN TEMPORAL

El análisis del comportamiento a lo largo del tiempo de las series de precipitación de cada observatorio nos permite conocer la evolución de cada una de ellas y en particular su tendencia. Así mismo, podemos efectuar comparaciones que nos permitan detectar, en su caso, analogías y

Tabla 1: Valores promedios y desviación típica de las series mensuales de precipitación.

Descripción de la precipitación mensual (l/m <sup>2</sup> )												
	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago
<b>Badajoz</b>												
Media	25,5	52,7	66,9	56,7	53,6	50,6	51,9	45,7	37,8	22,0	3,3	4,8
Desv. típ.	25,9	41,1	49,5	45,0	46,1	46,1	37,7	31,9	29,0	25,8	6,9	10,3
<b>Riotinto</b>												
Media	32,6	84,5	106,5	104,6	96,4	86,1	90,1	68,6	51,5	22,5	2,7	4,4
Desv. típ.	40,2	77,4	84,5	96,2	87,4	77,1	69,0	48,7	38,1	26,0	6,8	10,4
<b>San Fernando</b>												
Media	21,6	66,1	92,2	92,3	72,2	62,7	67,1	46,6	29,2	12,5	0,8	2,3
Desv. típ.	32,5	57,1	75,6	75,8	57,9	45,2	45,3	35,9	26,7	22,4	3,7	8,5
<b>Sevilla</b>												
Media	22,8	66,2	86,4	81,6	72,1	63,0	70,9	52,2	36,9	17,4	1,5	3,4
Desv. típ.	26,9	59,2	69,1	72,6	70,2	58,2	54,1	39,4	33,8	30,3	4,8	9,6
<b>Córdoba</b>												
Media	27,4	77,7	91,3	86,7	73,9	74,9	78,9	59,2	44,9	19,3	3,2	3,5
Desv. típ.	30,4	75,9	67,0	73,0	68,6	65,6	62,8	45,0	36,6	22,5	8,3	7,2

Tabla 2: Valores promedios desviación típica y coeficiente de variación de las series estacionales y anual de precipitación.

Descripción de la precipitación estacional y anual (l/m <sup>2</sup> )					
	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	ANUAL
Badajoz					
Media	145,2	160,9	135,6	30,1	471,7
Desv. típ.	70,4	86,4	51,4	30,3	125,6
Coef var	0.48	0.54	0.38	1.01	0.27
Riotinto					
Media	223,6	287,1	210,1	29,7	750,6
Desv. típ.	129,5	162,4	87,4	29,2	243,8
Coef var	0.58	0.56	0.41	0.98	0.32
San Fernando					
Media	179.9	227.1	142.9	15.6	565.6
Desv. típ.	98.4	112.1	69.5	24.9	157.9
Coef var	0.54	0.49	0.48	1.58	0.28
Sevilla					
Media	175.5	216.7	160.0	22.2	574.5
Desv. típ.	93.5	129.7	75.7	32.7	183.6
Coef var	0.53	0.60	0.47	1.47	1.32
Córdoba					
Media	196,4	235,5	183,0	25,9	640,8
Desv. típ.	110,0	138,1	91,8	25,2	220,2
Coef var	0.56	0.59	0.50	0.97	0.34

Tabla 3: Distribución porcentual de las precipitaciones estacionales respecto del total anual.

Proporción pluviométrica estacional (%)					
	Otoño	Invierno	Primav.	Verano	ANUAL
Badajoz	30,8	34,1	28,7	6,4	100,00
Riotinto	29,8	38,2	28,0	4,0	100,00
S.Fernando	31,8	40,2	25,3	2,8	100,00
Sevilla	30,5	37,7	27,8	3,9	100,00
Córdoba	30,6	36,7	28,6	4,0	100,00

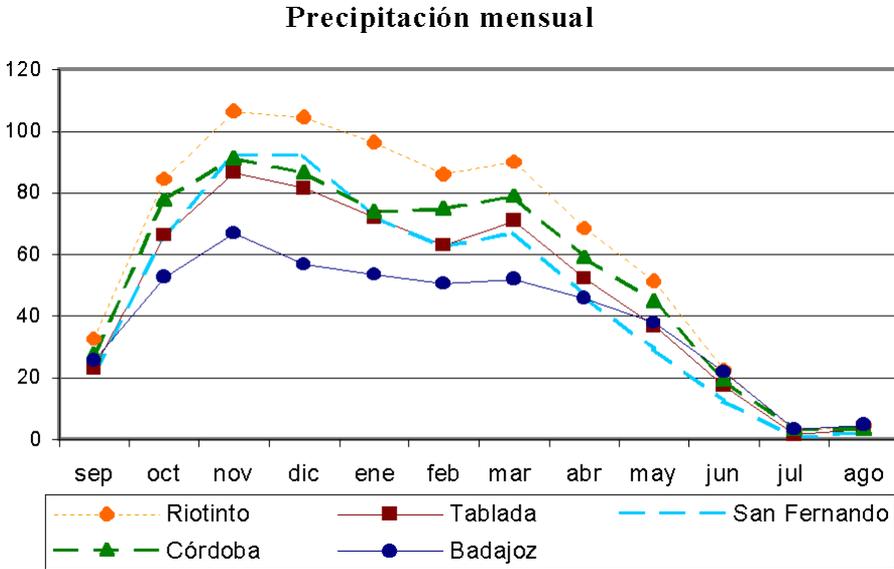


Figura 1: Distribución la precipitación mensual ( $l/m^2$ ) en observatorios del suroeste español.

diferencias en la organización de las mismas y establecer comportamientos climáticos en el ámbito geográfico considerado.

Para mostrar de asociación entre los términos correspondientes de las series de precipitación entre los distintos observatorios incluimos la tabla 4 con los coeficientes de correlación lineal. En la tabla de doble entrada se ha elegido exponer los resultados entre las series de precipitación anual (normal) y entre las series de precipitación primaveral (cursiva). Deducimos que los patrones de evolución temporal mantiene relativa semejanza entre los observatorios, con coeficientes superiores a 0.7 en las series anuales y a 0.6 en las primaverales. (Si consideramos sólo los últimos 50 años los coeficientes sufren ligeras disminuciones).

El método más simple y directo de aproximarnos a la evolución de cada serie temporal es conocer su tendencia lineal, expresada por la pendiente de recta de regresión. La significación, para un nivel de confianza determinado, refleja en que medida la pendiente explica por sí la variación de los términos de la serie. En la tabla 4 se exponen, para las series estacionales y anual, los valores correspondientes al coeficiente de la recta y su respectiva significación. El límite de aceptación de tendencia se establece en 0,05. Las tendencias estadísticamente significativas se resaltan en negrilla.

En la interpretación de la tendencia anual destacamos el distinto signo de la pendiente entre series de los diferentes observatorios; si bien, únicamente el observatorio de Córdoba presenta una disminución significativa de las precipitaciones a lo largo del siglo. Además de que el conjunto

Tabla 4: Coeficientes de correlación lineal de las series de precipitación anual (normal) y de las series de precipitación primaveral (cursiva) entre los observatorios.

Coeficientes de Correlación (anual y primaveral)					
–	Badajoz	Córdoba	Riotinto	San Fernando	Sevilla
Badajoz	–	0.72	0.85	0.72	0.77
Córdoba	<i>0.62</i>	–	0.70	0.72	0.77
Riotinto	<i>0.78</i>	<i>0.78</i>	–	0.75	0.83
San Fernando	<i>0.62</i>	<i>0.69</i>	<i>0.73</i>	–	0.82
Sevilla	<i>0.69</i>	<i>0.73</i>	<i>0.82</i>	<i>0.81</i>	–

de observatorios no alcanzan significación estadística, ya en sí denotan un comportamiento que no caracteriza uniformemente al conjunto regional. Esta circunstancia ha sido puesta de relieve por otros autores al comparar observatorios de distintas regiones peninsulares y mediterráneas (GALÁN *et al.*, 1999; QUEREDA *et al.*, 1996; CAMARILLO 1997).

Las series invernales muestran incrementos positivos significativos en los observatorios de Riotinto y Sevilla, y no tienen significación estadística en el resto, por lo que tampoco presentan un comportamiento generalizable.

Destaca, sin embargo, la tendencia descendente -generalizada y estadísticamente significativa- durante la primavera. en todos observatorios analizados de la región objeto de estudio. Podemos considerar, por tanto, que es una característica del régimen pluviométrico dentro del ámbito geográfico considerado. A su vez pueden servir de base para elaborar previsiones acerca del comportamiento pluviométrico futuro. Se incluyen en esta sección, las gráficas (figura 2) de invierno y primavera en Riotinto y Sevilla -con la ecuación de la recta y  $R^2$ - por manifestar pendientes significativas, aunque divergentes entre sí en ambas estaciones, en cada uno de los observatorio.

La figura 3 muestra, como ejemplo, las series de precipitación de primavera desde 1900 a 1999 en los observatorios de Riotinto, Sevilla y San Fernando. Se han incorporado las respectivas línea de ajuste polinómico de 5º grado, lo que nos permite apreciar el proceso evolutivo (suavizado de valores extremos puntuales). Se observa que en el primer tercio del siglo XX hay un valle pluviométrico, muy marcado en Riotinto, pero que en la última mitad del siglo se manifiesta de forma estable la pendiente negativa. Podemos, por tanto, interpretar que la tendencia primaveral descendente expuesta en párrafos anteriores sufre una intensificación durante las últimas décadas. Ello, a su vez, autoriza a no descartar -al menos como conjetura predictiva- la probable continuidad en el próximo futuro del mantenimiento de la pendiente descendente en la serie de precipitaciones primaverales del suroeste español.

## 5. POSIBLES EFECTOS AMBIENTALES

Estos resultados de disminución pluviométrica primaveral corroboran los obtenidos para otros observatorios del Sur peninsular (RASO, 1996). Su significación estadística y generalización espacial

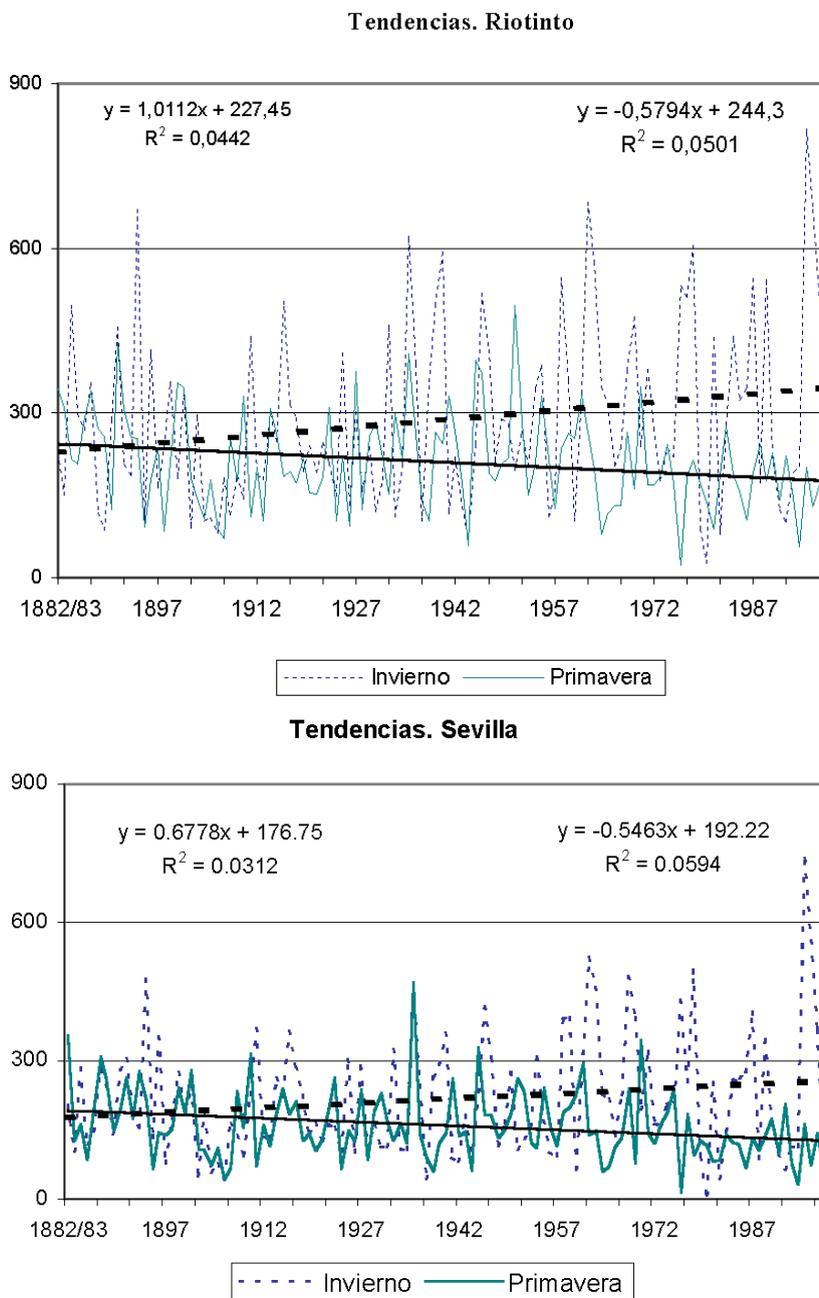


Figura 2: Series de precipitación con las respectivas líneas de tendencia de invierno (ascendente) y primavera (descendente) de Riotinto y de Sevilla.

Tabla 5: Tendencia lineal de las series de precipitación estacionales y anual.

	Otoño	Invierno	Primavera	Anual
Badajoz				
Pendiente	0.09	0.28	-0.30	0.11
Significación	0.64	0.23	0.03	0.74
Córdoba				
Pendiente	-0.64	-0.01	-0.94	-1.64
Significación	0.07	0.98	0.00	0.02
Riotinto				
Pendiente	0.15	1.01	-0.58	0.61
Significación	0.67	0.02	0.01	0.36
San Fernando				
Pendiente	-0.32	0.28	-0.78	-0.82
Significación	0.23	0.37	0.00	0.06
Sevilla				
Pendiente	-0.15	0.68	-0.54	-0.04
Significación	0.56	0.05	0.01	0.94

implica la aceptación como fenómeno climático el descenso de precipitaciones primaverales en el suroeste español cuyas consecuencias ambientales, consideramos, que no se han sido destacadas con anterioridad.

La disminución de las lluvias primaverales son del orden de 60 mm lo largo del anterior siglo, y considerando que el promedio de la precipitación de primavera oscila en el suroeste español en torno a 160 mm, ello supone un decremento aproximado de un tercio del total. Hemos visto que el efecto de esta disminución no es relevante sobre la precipitación anual total por compensaciones entre estaciones, pero para aquellas especies vegetales y cultivos de secano cuya producción esté regulada por las lluvias de primavera, de mantenerse la tendencia detectada, puede incidir de forma considerable en el futuro. En tal sentido, merecen citarse los castañares y encinares/alcornocales; aunque la maduración definitiva del fruto no se produce hasta otoño, el desarrollo de castañas y bellotas está directamente relacionado con las lluvias de primavera. A su vez, la disminución de precipitaciones provoca un agostamiento prematuro de las praderas naturales por adelantamiento del déficit hídrico y el consiguiente empobrecimiento de su capacidad pascícola. En nuestro criterio, incide sobre las condiciones naturales de la dehesa y repercute en los niveles de producción. Consideramos que también puede afectar a la vid y, en menor medida, a los olivares de secano. Por tanto, resaltamos el doble aspecto que ofrece la pluviometría primaveral: sin oscilaciones interanuales de gran amplitud presenta una tendencia generalizada descendente y ésta es de tal magnitud que la disminución puede comportar consecuencias ambientales.

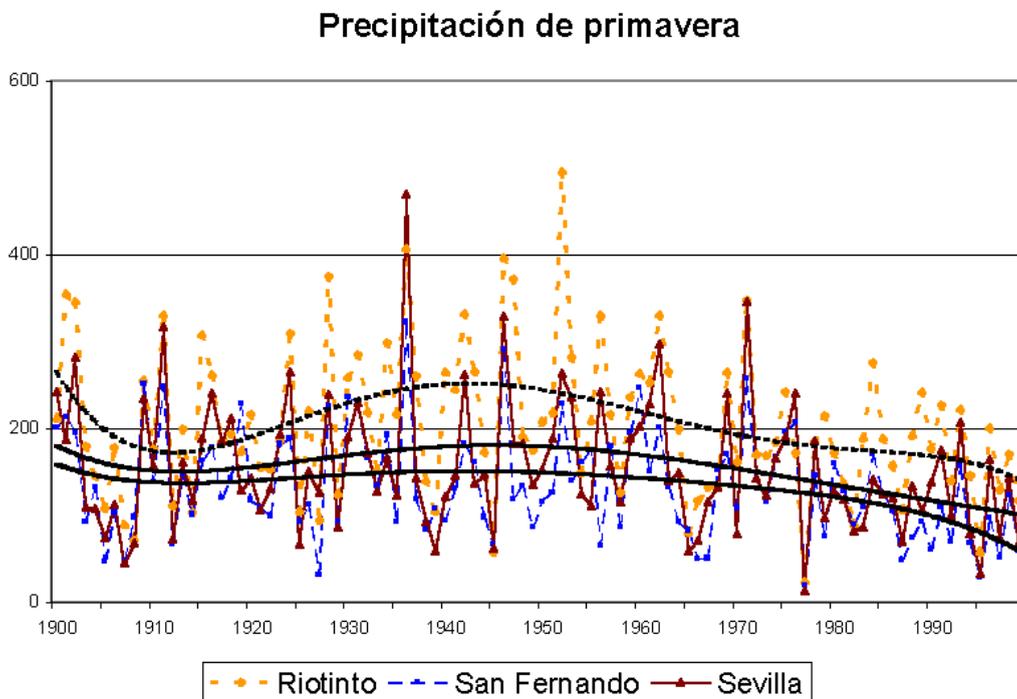


Figura 3: Series de precipitación de primavera de los observatorios de Riotinto, Sevilla y San Fernando, con las respectivas líneas de ajuste polinómico.

## 6. CONSIDERACIONES FINALES

Los resultados obtenidos sobre el progresivo descenso de las precipitaciones en primavera en el área analizada induce a extender el estudio a todo el suroeste peninsular incluyendo los observatorios meteorológicos de mayor antigüedad del sur de Portugal. Al mismo tiempo, el efecto conjunto de la tendencia positiva en la de las temperaturas mínimas –puesto de manifiesto por diversos autores (GARCÍA-BARRÓN, 2000)– y de la disminución de lluvias primaverales promueve a la realización de investigaciones bioclimáticas para detectar la posible repercusión a medio plazo, entre otros, en el marco agroforestal de la dehesa, como sistema ecológico y productivo adaptado al medio durante siglos.

## 7. REFERENCIAS

CAMARILLO, J.M. (1997): *Evolución de la precipitación en Andalucía Oriental a partir de series instrumentales: los cambios en la variabilidad pluviométrica*. Memoria de Investigación. Dpto. de Geografía Física y A.G.R. Universidad de Sevilla.

GALÁN, E. *et al.* (1999): Evolución de las precipitaciones anuales en la Meseta meridional durante el Siglo XX. En RASO y MARTÍN-VIDE (Eds.), *La Climatología Española en los albores del siglo XXI*. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología, pp. 169-180.

GARCÍA BARRÓN, L. (2000): *Análisis de series termoplúviométricas para la elaboración de modelos climáticos en el suroeste de España*. Dpto. de Física Aplicada II. Universidad de Sevilla.

GARCÍA-BARRÓN, L. y PITA M.F. (2001): Propuesta metodológica para la determinación de inhomogeneidades relativas en las series de observaciones. En PEREZ-CUEVA, A., LOPEZ BAEZA, E. y TAMAYO CARMONA, J. (Eds), *El tiempo del clima*. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC, serie A, nº 2), pp. 87-94.

QUEREDA, J. y MONTÓN, E. (1996): Evolución y tendencia secular de las precipitaciones en la cuenca occidental del Mediterráneo. En M.V. MARZOL (Ed.) *Clima y Agua*. Universidad de La Laguna, pp. 111-122.

RASO, J.M. (1996). Variación de las precipitaciones de primavera en el sur de la España peninsular durante el siglo XX. En M.V. MARZOL (Ed.) *Clima y Agua*. Universidad de La Laguna, pp. 123-132.