

EVOLUCIÓN PLUVIOMÉTRICA EN EL SUROESTE PENINSULAR: VARIABILIDAD Y DISPARIDAD

Leoncio GARCÍA BARRÓN*; Maribel GONZÁLEZ PÉREZ*;
Pablo GARCÍA MURILLO** y Arturo SOUSA**

* *Departamento de Física Aplicada II, Universidad de Sevilla*

** *Departamento de Biología Vegetal y Ecología, Universidad de Sevilla*

RESUMEN

Una de las características generales del clima en la Península Ibérica es la irregularidad pluviométrica. La variabilidad interanual de la serie de precipitaciones genera efectos ambientales y sociales por lo que su conocimiento es de interés en diversos campos. Complementariamente conviene, además, establecer la irregularidad entre elementos cronológicamente consecutivos; en tal sentido se introducen los índices de disparidad.

Para determinar la evolución temporal de la precipitación hemos analizado tanto el comportamiento del coeficiente de variación de las series anuales, computados en periodos móviles de once años, como el índice particular de disparidad correspondiente a cada uno de los años de las series. Se han elegido los observatorios con series de precipitación de larga duración del suroeste español.

Palabras clave: Irregularidad pluviométrica, variabilidad, disparidad, suroeste español.

ABSTRACT

One of the general characteristics of the climate in the Iberian Peninsula is the irregularity of the rainfall. To determine the temporary evolution of the precipitation we have analyzed the behavior of the coefficient of variation of the annual series and, also, the index of disparity among the serial years. The observatories have been chosen with the series of precipitation of long duration of the Spanish Southwest.

Key words: *precipitation, variability, disparity, Spanish Southwest.*

1. INTRODUCCIÓN

Una característica del régimen de precipitaciones en amplias zonas de la Península Ibérica es la gran irregularidad interanual, en que se producen años con valores muy inferiores a la media frente a otros con valores relativos muy altos, y ello -en ocasiones- en años sucesivos. Además, hay que considerar la irregularidad intraanual (GARCÍA-BARRÓN *et al.*, 2004) en que frecuentemente un porcentaje importante del total anual es debido a lluvias caídas -a veces, de forma torrencial- durante sólo algunos días. La irregularidad pluviométrica resta capacidad de síntesis al valor promedio de la precipitación anual que tiene que completarse con los parámetros de dispersión para obtener una interpretación más completa. Esta variabilidad es de gran importancia porque introduce un factor de riesgo en la toma de decisiones para la previsión, tanto en los aspectos agrícolas de secano y de regadío como de reservas para suministros a las poblaciones, y requiere contemplar periodos plurianuales (GARCÍA-BARRÓN, 2002).

Pretendemos determinar la evolución de la irregularidad pluviométrica durante periodos largos en el suroeste peninsular, y establecer si el perfil se mantiene relativamente estable o si, por el

contrario, existen épocas en que esta característica general es más pronunciada. También si el comportamiento es similar en todos los observatorios del área analizados y, por tanto, es posible definir, en este sentido, un único ámbito climático.

2. OBSERVATORIOS. CARACTERIZACIÓN PLUVIOMÉTRICA

Los observatorios 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° 27' N, 5° 45' W) en Cádiz, Riotinto (37° 42' N 6° 36' W) en la provincia de Huelva, Sevilla/Tablada (37° 22' N, 6° 00' W), Córdoba (37° 53' N, 4° 47' W) y Badajoz (38° 53' N, 6° 58' W). El periodo de registros analizados comprende desde 1882 hasta 2000, salvo Córdoba que se inicia en 1894. Empleamos, por tanto, una escala temporal superior al siglo y una celda superficial de 400 km de lado aproximadamente. El observatorio de San Fernando está situado en la zona costera; los de Badajoz, Córdoba y Sevilla (este más próximo al Océano Atlántico) pertenecen a dos cuencas hidrográficas distintas, Guadiana y Guadalquivir, a las que es posible caracterizar, basados en estudios previos, por su elevada irregularidad de precipitaciones intra e interanuales; el de Riotinto está situado en la vertiente sur de la Sierra de Huelva, la cual ejerce un efecto de pantalla sobre los vientos húmedos que penetran por el suroeste de la Península desde el océano Atlántico. 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-BARRÓN y PITA, 2001). Consideramos el inicio del año pluviométrico el día 1 de septiembre, tras el periodo de sequía estival.

La variabilidad interanual de la serie de precipitaciones informa de la desviación de los términos de la misma respecto de la media del conjunto. Para determinar la variabilidad de cada observatorio empleamos el coeficiente de variación definido como el cociente entre la desviación típica y el respectivo promedio para un periodo determinado.

La tabla 1 muestra el resumen del análisis descriptivo de las series de precipitación: los valores promedios y coeficiente de variación de las series anuales de cada uno de los observatorios. Los resultados corresponden a las series globalmente consideradas sin atender a la sucesión cronológica. Además de la información intrínseca que proporcionan, sirven de base para enmarcar posteriores apartados.

Tabla 1. Promedio (l/m^2) y coeficiente de variación de las series anuales de precipitación

	Badajoz	Córdoba	Riotinto	San Fernando	Sevilla
Media	471,7	640,8	750,6	565,6	574,4
Coef. var.	0,27	0,34	0,32	0,28	0,32

3. EVOLUCIÓN DE LA VARIABILIDAD INTERANUAL

Con la intención de detectar su evolución temporal hemos elegido como base el periodo de once años, el cual trasladamos progresivamente a lo largo de la secuencia temporal hasta generar una nueva serie (disminuida en diez elementos). Para ello, empleamos el coeficiente de variación,

computado por periodos de once años, para cada elemento i de la serie, como el cociente de la desviación típica σ de precipitación anual en la subserie parcial formada por el año de referencia y los diez anteriores y el respectivo promedio μ del tal subserie,

$$C_i = \sigma_{(i, i-10)} / \mu_{(i, i-10)}$$

Los resultados obtenidos dan lugar a las respectivas series anuales de coeficiente parcial de variación en cada observatorio. En general, observamos rasgos evolutivos comunes en todos los observatorios.

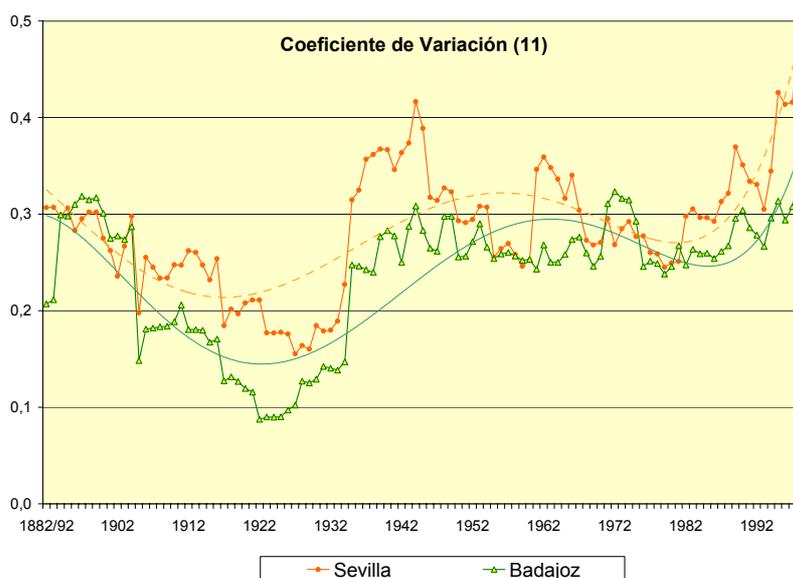


Fig. 1. Evolución del coeficiente de variación, computado por periodos progresivos de once años, en los observatorios de Badajoz y Sevilla

En la figura 1 se han seleccionado las gráficas correspondientes a Badajoz y Sevilla, a las que se han incorporado las respectivas líneas de ajuste polinómico de quinto grado. A partir de la amplia irregularidad a final de siglo, destaca la presencia de una época en que la variabilidad ha sido marcadamente menor: durante los años 1900 a 1930; hacia esta fecha se detecta un aumento pronunciado hasta 1950, y tras suavizarse ocurre un nuevo incremento a partir de mediados de la década de los setenta que se mantiene actualmente. Este comportamiento global casi oscilatorio, reflejado en la suavización de la línea de ajuste de la gráfica, es más marcado en Riotinto y Sevilla.

Sin embargo, también, es posible apreciar diferencias de comportamiento entre observatorios (CAMARILLO, 1997). Durante la segunda mitad de la serie generada, de la década de los treinta a los ochenta, el observatorio de Badajoz presenta una mayor regularidad que los demás y que él mismo en el periodo precedente, con oscilaciones del orden de 0,05 unidades frente a las 0,15 de los demás observatorios.

Indicamos como característica relevante de las tres últimas décadas: el incremento de variabilidad en todos los observatorios pero con pendientes mucho más pronunciadas en los de Sevilla y San Fernando (si bien éste posee la menor tendencia si se considera el siglo completo).

Los resultados expuestos son, en líneas generales, parcialmente concordantes con los obtenidos para la estaciones de Zaragoza (PÉREZ GRIJALBO y CREUS, 1994), con la salvedad que ese estudio sólo comprende hasta 1984 por lo que no puede apreciarse el comportamiento final indicado, Murcia (RODRÍGUEZ y LLASAT, 1996) y Meseta meridional (GALÁN *et al.*, 1999) en que también se muestra la baja variabilidad del primer tercio del siglo XX. Queda así señalada que la irregularidad interanual descrita sea extensible a otras regiones peninsulares, aun cuando de la comparación de las conclusiones de los distintos estudios no se derive coincidencia temporal generalizada del perfil evolutivo.

4. ÍNDICES DE DISPARIDAD

La disparidad es una medida de la variabilidad entre los términos consecutivos de la serie. Proporciona una información que no está implícita en los estadísticos que hemos denominados descriptivos, sino que es consecuencia de la estructura temporal de la serie. Por tanto, si la variabilidad pluviométrica es uno de los temas que suscita interés en áreas de conocimientos conectadas con la Climatología, por su repercusión social y económica en relación con programación de recursos y prevención de riesgos, consideramos importante profundizar en el aspecto de la disparidad como manifestación de la falta de estabilidad interanual de precipitaciones (MARTÍN VIDE, 2001).

4.1. Índice general de disparidad

Proponemos establecer, en primer lugar, el índice general de disparidad. A partir de las series de precipitación anual -con n términos- se genera una nueva serie de desviaciones consecutivas d_i ($i = 1, 2, \dots, n-1$), tal que definimos el índice general I_D "... como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las desviaciones partido por el número de términos de la serie, y dividido a su vez por el valor medio de la serie original de precipitación". Así, si p_i es la precipitación correspondiente al año "i" y p_{i+1} la precipitación del año siguiente, se calcula:

$$d_i = (p_{i+1} - p_i) \quad ; \quad D_d = \{ \Sigma (d_i)^2 / n-1 \}^{1/2} \quad ; \quad I_D = D_d / \mu_p$$

Los valores del índice general de disparidad obtenidos para las series pluviométricas anuales de cada observatorio se muestran en el tabla 2.

Tabla 2. Valores del índice general de disparidad de las series anuales de precipitación

Índice general de disparidad				
Badajoz	Córdoba	Riotinto	San Fernando	Sevilla
0,36	0,48	0,44	0,37	0,47

Se establece una asociación positiva entre los valores de los coeficientes de variación de las series completas y los respectivos índices generales de disparidad. Nótese, sin embargo, que el coeficiente de variación es independiente del orden temporal, y su valor no cambia si, en supuestos extremos, los términos se ordenaran todos en sentido creciente, o bien se intercalara una semiserie ascendente y otra descendente. Sólo depende de las desviaciones de cada elemento respecto del promedio. Por el contrario, dos conjuntos con los mismos valores presentan distintas disparidades en función de las posiciones relativas de los elementos, es decir, en función del orden cronológico de sucesión en las series temporales.

Como es previsible el coeficiente general de disparidad calculado a partir de la diferencia entre términos consecutivos es mayor que el coeficiente de variación ya que la desviación típica respecto de la media minimiza el procedimiento si la distribución es aproximadamente aleatoria.

4.2. Índice particular de disparidad

Es posible analizar la evolución de la serie de precipitación por medio del nuevo índice específico I_{di} vinculado a la disparidad de cada elemento de la serie de precipitación respecto de los elementos adyacentes anterior y posterior.

Generemos una serie dinámica cuyo término I_{di} sea el coeficiente de disparidad particular relativo al elemento i , formado únicamente por los elementos $\{i-1, i, i+1\}$ de la serie de precipitación, para $1 < i < n$,

$$D_{di} = \{[(p_i - p_{i-1})^2 + (p_{i+1} - p_i)^2] / 2\}^{1/2} ;$$

$$I_{di} = D_{di} / \mu_i$$

siendo μ_i la media de los tres elementos consecutivos centrados en i . Al valor I_{di} así definido, lo denominamos “índice particular de disparidad pluviométrica” relativo al año i . Para cada uno de los observatorios se obtiene una nueva serie temporal disminuida en los dos elementos de los extremos, que es objeto de análisis para poner, en su caso, de manifiesto el grado de irregularidad pluviométrica.

Nótese que la disparidad, obtenida a través de los cuadrados de las desviaciones entre términos consecutivos, no discrimina el signo de la variación. Un conjunto de valores ordenados cuyo perfil fuera de diente de sierra con distancias entre picos h , y otro conjunto de valores en escala ascendente, o en escala descendente, de incremento constante h , darían lugar a la misma representación del índice: una alineación horizontal de puntos. La interpretación pormenorizada de la evolución de las series de precipitación se complementa al considerar conjuntamente las gráficas de desviaciones acumuladas y de disparidad particular.

La tabla 3 recoge los valores del promedio, la desviación típica y coeficiente de variación de las series completas de disparidad particular. Podemos observar que el valor promedio de la serie de disparidad es inferior en cada observatorio al valor correspondiente del índice general de disparidad, pero manteniendo un buen nivel de asociación. Los valores del coeficiente de variación de tales series, consecuencia de su desviación típica, son muy superiores a los de las series

originales de precipitación, lo que indica que el método resalta la irregularidad pluviométrica y es adecuado para el análisis de la misma.

Tabla 3. Características de las series anuales del índice particular de disparidad

Índice particular de disparidad					
	Badajoz	Córdoba	Riotinto	San Fernando	Sevilla
Promedio	0,30	0,35	0,38	0,32	0,36
Desv. Típica	0,17	0,18	0,20	0,17	0,19
C Variación	0,56	0,48	0,52	0,51	0,53

Al considerar la ordenación cronológica de las series anuales de disparidad, podemos obtener conclusiones sobre el comportamiento pluviométrico a lo largo del tiempo. Aunque en las gráficas de representación de las series, se observa coincidencia de picos no es posible afirmar que la disparidad interanual de precipitación en los distintos observatorios haya estado sometida a análoga evolución temporal, como confirma la tabla 4 de coeficientes de correlación entre las series de los índices de disparidad de los observatorios. Estos valores están comprendidos entre 0,5 y 0,7, por lo que no son suficientemente elevados para aceptar que pautas temporales del conjunto de observatorios de la región suroccidental española sean uniformes entre sí.

Tabla 4. Coeficientes de correlación entre las series de índices de disparidad en los observatorios del suroeste español

Correlación del índice particular de disparidad				
	Riotinto	San Fernando	Sevilla	Córdoba
Badajoz	0,65	0,56	0,58	0,65
Riotinto	---	0,56	0,61	0,55
S.Fernando	---	---	0,64	0,51
Sevilla	---	---	---	0,67

La característica más destacable de la gráfica (Fig. 2) es lo “abrupto” del perfil temporal de todas las series, con dientes de sierra muy pronunciados, de gran amplitud en periodos cortos. Considerando las series del orden del siglo, estas no muestran una tendencia definida de modo que se mantiene la estabilidad de la media. La figura 2 muestra los patrones evolutivos del índice particular de disparidad en Sevilla y San Fernando. Si subdividimos el siglo XX en cuatro periodos, superpuesto a la gran oscilación global subyacente, podemos asignar al primer cuarto abundancia de años con baja disparidad, una segunda época -hasta mediado el siglo- con abundancia de años con alta disparidad; una tercera fase de baja, y en el último cuarto de siglo un proceso en que tantos los máximos como los mínimos relativos del perfil muestran un progresivo incremento.

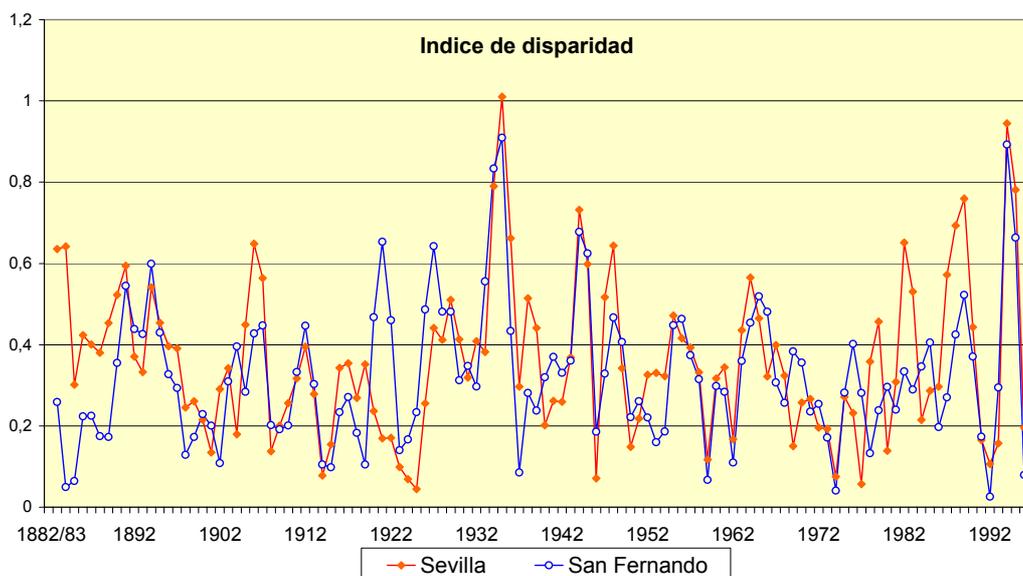


Fig. 2. Representación de las series del índice particular de disparidad correspondientes a los observatorios de Sevilla y San Fernando

5. CONCLUSIONES

La evolución de la variabilidad a lo largo del siglo XX en el suroeste peninsular indica una relativa estabilidad durante el primer tercio del mismo y un progresivo incremento durante las tres últimas décadas. Sin que podamos expresamente atribuirlo a causas antrópicas, ya que en épocas precedentes también se han producido con análoga amplitud, es destacable la fase ascendente de la variabilidad interanual de la precipitación en el último tercio del siglo.

La utilización del índice particular de disparidad, definido en el texto, se muestra como un método útil para poner de manifiesto la irregularidad de las series de precipitación de cada observatorio. Permite detectar la alternancia de años excesivamente secos frente a otros excesivamente lluviosos. Aun cuando no existe un comportamiento uniforme en el conjunto de observatorios, de forma general se aprecia que esta característica es más acusada entre 1925 y 1950 y con un tramo ascendente en el último cuarto de siglo.

6. 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 NADAL, J.M. y MARTÍN VIDE, J. (Eds.). *La Climatología Española en los albores del siglo XXI*. AEC, Serie A, 1, pp. 169-180.
- GARCÍA BARRÓN L. (2002). Evolución de las precipitaciones estacionales en el suroeste español; posibles efectos ambientales. En: PÉREZ CUEVA, A.J.; LÓPEZ BAEZA, E. y TAMAYO CARMONA, J. (Eds.). *El Agua y el Clima*. AEC, Serie A, 3, pp. 209-218.

- GARCÍA BARRÓN, L.; CAMARILLO, J.M. y SOUSA A. (2004). Contribución relativa del déficit mensual de precipitación a los periodos de sequía en el suroeste peninsular. En: *Sesiones Científicas*. Asociación Meteorológica Española, Actas XXVIII, pp. 21,1-7.
- GARCÍA-BARRÓN L. y PITA M.F. (2001). Propuesta metodológica para la determinación de inhomogeneidades relativas en las series de observaciones. En: PÉREZ CUEVA, A.J.; LÓPEZ BAEZA, E. y TAMAYO CARMONA, J. (Eds.). *El tiempo del clima*. AEC, Serie A, 2, pp. 87-94.
- MARTÍN-VIDE J. *et al.* (2001). Índices de irregularidad temporal y dimensión fractal de la precipitación anual en España. En: PÉREZ CUEVA, A.J.; LÓPEZ BAEZA, E. y TAMAYO CARMONA, J. (Eds.). *El tiempo del clima*. AEC, Serie A, 2, pp. 157-166.
- PÉREZ-GRIJALBO J.P. y CREUS J. (1994). Tendencia secular de la precipitación en Zaragoza. En: *Cambios y variaciones climáticas en España*. Publicación El Monte-Univ. de Sevilla, pp. 169-182
- RODRÍGUEZ R. Y LLASAT C. (1996). Características de las series pluviométricas de Sevilla y Murcia. En: MARZOL, M.V.; DORTA, P. y VALLADARES, P. (Eds.). *Clima y agua*. pp. 143-154