

CARACTERIZACION PLUVIOMÉTRICA ESPACIO-TEMPORAL DE ESPAÑA DENTRO DEL PROYECTO AMHY/FRIEND

Esther CAPÓ*, María del Carmen LLASAT* y Luis QUINTAS**

**Grupo de Análisis de situaciones Meteorológicas Adversas. Dpto. de Astronomía y Meteorología. Universidad de Barcelona*

*** Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX. Ministerio de Fomento*

RESUMEN

Se ha analizado la evolución espacio-temporal de la pluviometría en España en los últimos 140 años. Para ello se han seleccionado nueve series pluviométricas mensuales largas (1859-1997) suficientemente representativas, y se ha efectuado su análisis de homogeneidad y tendencias. Los resultados se han comparado con los obtenidos en el proyecto AMHY/FRIEND para otras regiones mediterráneas.

Palabras clave: Precipitación, España, homogeneidad, variabilidad climática.

ABSTRACT

In this paper the spatial and temporal evolution of rainfall in Spain for the last 140 years has been analysed. With this purpose nine long monthly rainfall series (1859-1997) representative enough have been selected and submitted to homogeneity and trend analysis. Results have been compared to those obtained in the AMHY/FRIEND project for other mediterranean regions.

Key words: Precipitation, Spain, homogeneity, climatic variability.

1.INTRODUCCIÓN

Uno de los temas medioambientales que más preocupan en la actualidad es la posible evolución futura de los recursos hídricos y de su disponibilidad para el hombre (DOOGE y KUUSISTO, 1998). Uno de los principales factores a considerar en este problema es la evolución de la precipitación y el posible impacto que el cambio o variabilidad climática tenga sobre ella. A diferencia de la temperatura, la precipitación está notablemente sujeta a la interacción de factores sinópticos, mesoescalares e, incluso, microescalares, con lo que la respuesta a cualquier alteración natural o antropogénica es mucho más complicada y de difícil generalización (GANOULIS *et al.*, 1998; OMAR ABEL, 1998; BARRIENDOS *et al.*, 1998). Así pues, la representatividad de una serie local es de muy escaso alcance, siendo necesario recurrir a análisis de carácter regional.

El grupo AMHY (Alpine and Mediterranean Hydrology) fue constituido en 1991 y engloba a más de 20 países de la cuenca mediterránea. Al igual que otros grupos incluidos, como él, en el proyecto FRIEND (Flow Regimes from International Experimental and Network Data) del Programa Hidrológico

Internacional de UNESCO, está focalizado a la aplicación de diferentes metodologías y conceptos relacionados con los recursos hídricos y la gestión de inundaciones y sequías en los diversos países.

El objeto del presente artículo contempla los dos apartados anteriores. Es por ello que se han seleccionado las series pluviométricas mensuales más largas disponibles, representativas de las diferentes regiones indicadas en el "Libro Blanco del Agua en España" (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 1999) tras un proceso de regionalización basado en más de 2000 estaciones pluviométricas. Con ello se pretende que los resultados obtenidos puedan considerarse representativos a escala regional y, consecuentemente, se puedan comparar a otros resultados obtenidos tanto dentro del proyecto AMHY/FRIEND (LLASAT y RODRÍGUEZ, 1997), como de otras investigaciones (RODRÍGUEZ y LLASAT, 1996a; RODRÍGUEZ *et al.*, 1999).

2. DATOS Y METODOLOGÍA

Estación	Longitud	Latitud	Región	Año Inicial	Año final	Nº de años	Años con datos
Oviedo	-05° 50' 47"	+43° 21' 50"	N	1860	1995	136	85
A Coruña	-08° 25' 10"	+43° 22' 02"	NO	1876	1997	122	118
Santiago de C.	-08° 32' 21"	+42° 53' 00"	NO	1859	1994	136	94
Soria	-02° 28' 55"	+41° 46' 33"	CN	1864	1997	134	129
La Vid	-03° 29' 12"	+41° 37' 44"	CN	1884	1994	111	91
Burgos	-03° 42' 01"	+42° 20' 29"	CN	1862	1990	129	123
Valladolid	-04° 46' 22"	+41° 38' 44"	CN	1859	1997	139	135
Ávila	-04° 41' 47"	+40° 39' 25"	CN	1881	1997	117	90
Segovia	-04° 07' 32"	+40° 57' 04"	CN	1881	1997	117	107
Salamanca	-05° 39' 36"	+40° 57' 28"	CN	1859	1983	125	113
Madrid	-03° 40' 41"	+40° 24' 40"	CN	1859	1997	139	136
Ciudad Real	-03° 55' 15"	+38° 59' 20"	CS	1866	1997	132	105
Badajoz	-06° 58' 20"	+38° 52' 42"	CS	1866	1984	119	109
Jaén	-03° 47' 17"	+37° 46' 40"	CS	1867	1984	118	98
Granada	-03° 35' 43"	+37° 10' 42"	CS	1860	1997	138	104
Sevilla	-05° 59' 32"	+37° 23' 30"	CS	1859	1970	112	96
San Fernando	-06° 12' 17"	+36° 27' 55"	CS	1805	1988	184	126
Málaga	-04° 25' 36"	+36° 43' 28"	L	1881	1990	110	89
Alicante	-02° 09' 57"	+38° 22' 00"	L	1856	1997	142	125
Valencia	-02° 02' 52"	+39° 28' 48"	L	1859	1997	139	130
Pamplona	-01° 38' 11"	+42° 49' 03"	NE	1881	1997	117	106
Zaragoza	-05° 02' 50"	+41° 38' 53"	NE	1859	1997	139	112
Barcelona	+02° 09' 20"	+41° 24' 34"	NE	1859	1994	136	115
Sta. Cruz de T.	-16° 14' 56"	+28° 27' 18"	C	1865	1997	133	117

Tabla 1. Estaciones pluviométricas. Regiones: N (Norte), NO (Noroeste), CN (Centro Norte), CS (Centro Sur), L (Levante), NE (Noreste) y C (Canarias). Las estaciones marcadas en gris son las representativas de cada región. Los 'años con datos' no contienen más de 3 meses vacíos.

La Tabla 1 muestra los datos a partir de los cuales se ha realizado el análisis. De las 24 estaciones mostradas sólo se han seleccionado las series que cumplieran unos criterios mínimos de continuidad y duración, utilizándose las restantes para el relleno de las lagunas o para el análisis de la significación de los resultados.

La metodología desarrollada ha contemplado tres fases. La primera ha estado constituida por el proceso de relleno de los huecos de información, ya que para proceder a los análisis posteriores es necesario disponer de series continuas. Con tal fin se ha realizado la correlación mensual por parejas de todas las series pertenecientes a una misma región, previa normalización de las mismas. El criterio de normalización utilizado ha sido la tipificación mensual, como es habitual en series de precipitación. Cuando se ha trabajado a escala regional (anomalías comunes,...) la normalización se ha realizado para el periodo común.

La segunda fase ha consistido en el análisis de homogeneidad de las series representativas de cada región (RODRIGUEZ *et al.*, 1996b). Dada la escasa correlación entre ellas, no superior a 0,5, no ha sido posible utilizarlas para aplicar criterios de homogeneidad relativa, como el test de Alexandersson (ALEXANDERSSON, 1986). El resto de series también se ha descartado por no cumplir las condiciones mínimas de continuidad que exige la aplicación de estos tests. El análisis de homogeneidad queda restringido, por tanto, a criterios de homogeneidad absoluta tales como el criterio de von Neumann (RODRÍGUEZ, 1995). Una vez comprobada la homogeneidad de las series, se ha efectuado el cálculo de sus estadísticos básicos.

En una tercera fase se ha procedido al análisis de anomalías y tendencias. A fin de eliminar las oscilaciones estacionales se ha efectuado la normalización de las series a escala mensual según se ha mencionado anteriormente. Se han obtenido así las anomalías, las cuales, dada la elevada dispersión de las series, se han considerado como aquellos valores situados a una distancia de la media superior a la desviación cuadrática media. Para llevar a cabo el análisis de tendencias se han considerado las series de precipitación anual y ha sido realizado a partir de la media móvil, con una longitud de ventana de 10 años y cadencia anual, y de la tendencia acumulada, también con cadencia anual.

3. RESULTADOS

Los dos criterios básicos que se han tenido en cuenta a la hora de escoger una serie representativa de cada región han sido su continuidad y una buena correlación con el resto de series de su misma región, si bien para la zona Norte y Canarias se disponía de una sola serie. En el caso de las series de la región NE no se ha encontrado un coeficiente de correlación superior a 0,5 para ninguno de los meses del año, por lo cual se han tenido en cuenta las tres series por separado a la hora de efectuar el análisis (la regionalización pluviométrica en el Libro Blanco se ha realizado en base a criterios de precipitación areal). Las series seleccionadas aparecen resaltadas en la Tabla 1.

A excepción de las regiones Norte, Noreste y Canarias, las correlaciones mensuales entre las series representativas y las de su grupo son altas en general, especialmente en los meses de Septiembre a Abril, que presentan coeficientes de hasta 0,85, lo cual certifica la bondad de esta selección. Sus huecos, siempre inferiores a un 5 % de la longitud de la serie, han sido rellenados a partir del valor

normalizado de la serie vecina con la que mejor se correlacionara, siempre que el coeficiente fuera superior a 0,6. En el resto de los casos, las discontinuidades se han resuelto mediante el criterio del valor medio mensual (RODRÍGUEZ, 1995).

Según el criterio de von Neumann las nueve series presentan un grado de homogeneidad muy aceptable, con una razón, N , que varía entre 1,4 y 1,9. Sin embargo, como ya se ha dicho, no ha sido posible aplicar criterios de homogeneidad relativa, que podrían aportar mayor solidez a este resultado.

El cálculo de los estadísticos básicos de las series ofrece los resultados característicos de las series pluviométricas, entre los cuales destaca la elevada dispersión de los datos, que se traduce en una desviación típica del mismo orden que la media de la serie.

El análisis de anomalías revela que cada una de estas series presenta sus propias particularidades temporales, extrapolables a las regiones a las cuales representan teniendo en cuenta el elevado nivel de correlación que hay entre ellas y sus series vecinas (exceptuando, como ya se ha señalado, el caso de la región NE).

En la región NO destaca un intervalo especialmente anómalo (1890-1915) con un importante déficit de precipitación durante todos los meses del año; en los últimos diez años las anomalías se presentan principalmente entre Octubre y Abril. Un comportamiento similar puede apreciarse en la región N durante prácticamente todo el año entre 1870 y 1890. El invierno de los últimos años también ha resultado especialmente seco. Como periodos lluviosos destacan 1910-1935, 1950-1955 y 1970-1975.

Entre las series de la región NE no aparecen anomalías comunes. Mientras en Pamplona destaca un claro intervalo muy lluvioso entre 1930 y 1940, Zaragoza no presenta un comportamiento especialmente anómalo hasta la década de los 70, con intervalos puntuales desde 1940 y un mes de Julio especialmente lluvioso hacia 1923. En ambas series las anomalías negativas son débiles y aparecen muy dispersas, sin que intervalos secos puedan quedar bien definidos. Los episodios de máxima precipitación en Barcelona se concentran en los periodos 1910-1920, 1950-1960 y desde finales de los 70 hasta principios de los 80. Son especialmente secos los periodos 1880-1900 y 1940-1950 (RODRIGUEZ *et al.*, 1999).

En la región de Levante puede definirse una época muy lluviosa entre 1880-1890 y en la década de los 80, con pequeños intervalos discretos distribuidos a lo largo de toda la serie, especialmente en otoño e invierno. Las anomalías negativas aparecen muy dispersas y no pueden ser agrupadas en periodos bien definidos.

Entre 1880-1900 las estaciones de verano e invierno fueron especialmente lluviosas en la región Centro Norte; también aparecen anomalías positivas dispersas concentradas principalmente en los dos primeros trimestres de 1935-1970, durante el mes de Octubre a principios de los 40 y en Agosto a finales de los 50. Destacan por ser especialmente secos los meses de Mayo y Junio de mediados de los 60, los inviernos de 1845-1955 y los otoños de principios de los años 80. En el Centro Sur aparece un periodo lluvioso muy bien definido que abarca el segundo semestre de 1900-1912. Desde 1930 y hasta el final de la serie, se van alternando intervalos puntuales de anomalías positivas y negativas que abarcan los meses de Septiembre a Mayo. Finalmente, en Canarias las anomalías negativas aparecen periódicamente a lo largo de toda la serie, especialmente desde 1940, concentrándose en los meses de otoño e invierno. Los episodios lluviosos se alternan con los anteriores, destacando además la última década del pasado siglo.

La Figura 1 muestra las anomalías negativas comunes. Para detectarlas ha sido necesario rebajar el umbral de anomalía, considerando como tal aquella precipitación normalizada que distase del valor medio en más de 0.2 unidades. Se observa un periodo de déficit común a todas las estaciones comprendido entre 1930 y 1955. Por lo que respecta a una anomalía positiva común a todas, sólo se detecta una comprendida entre los meses de Junio y Julio de 1968.

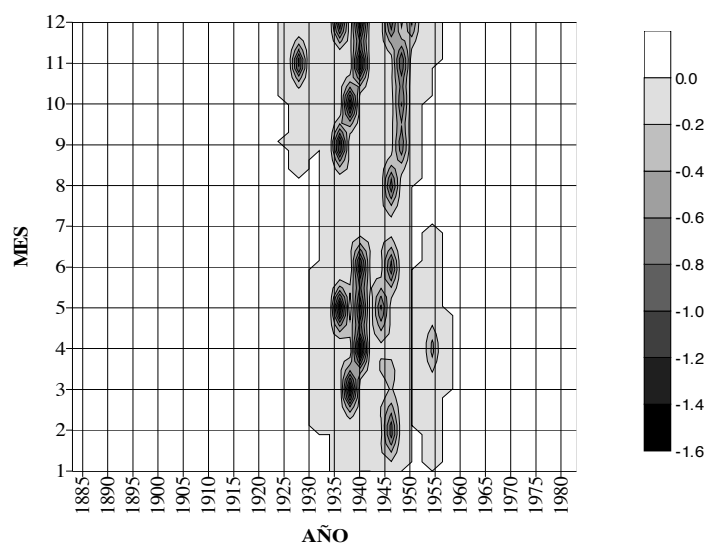


Figura 1. Anomalías negativas comunes a todas las estaciones.

El análisis de tendencias revela un comportamiento similar en todas las series analizadas. Todas las regiones están caracterizadas por un mínimo secular en la tendencia acumulada hacia finales de los años 40, precedido de un notable decrecimiento que se inicia hacia 1920. Desde este mínimo, en todas ellas se tiende hacia una pendiente prácticamente nula. La representación de la media móvil de las series de precipitación (ventana de 10 años y cadencia anual) corrobora los resultados obtenidos mediante el análisis de tendencias acumuladas.

4. CONCLUSIONES

La comparación de los resultados obtenidos en este trabajo con los mostrados en otros artículos relativos también a España o el área Mediterránea (LLASAT y RODRIGUEZ, 1997; RODRIGUEZ *et al.*, 1999; MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 1998) revelan la gran importancia que la longitud e inicio de la serie desempeñan en el análisis de la variabilidad climática. En efecto, mientras que aquí se ha tomado como periodo común a todas las series, 1883-1983, en los otros trabajos el análisis se inicia en 1940. Así, entre 1960 y 1970, las estaciones de Sevilla y Ciudad Real presentan una notable anomalía positiva que en Badajoz apenas se revela dada la fuerte anomalía positiva existente entre 1900 y 1915.

La anomalía negativa común a todas las estaciones españolas aquí analizadas, localizada principalmente entre 1935 y 1955, incluye el periodo 1945-1950 detectado para toda la región septentrional mediterránea, así como el obtenido a partir de las precipitaciones areales y anuales de toda España. El tipo de análisis mostrado aquí presenta la ventaja de resolver a nivel mensual y así permite analizar mejor el impacto que sobre las estaciones de máxima precipitación puede tener, así como las causas físicas. Sin embargo, no se detecta la anomalía negativa que aparece desde los 70 y que parece obtenerse a partir de las precipitaciones areales para el periodo 1940-1995. Ello se debe a la escasa desviación que presentan las series en esta época respecto a la media calculada para más de 100 años.

Con respecto a la evolución temporal y tendencias cabe destacar el mínimo secular que se produce hacia finales de los 40 debido a la fuerte anomalía negativa registrada durante esos años. Finalmente, es importante observar la tendencia nula que se observa en la actualidad y que apunta a un mantenimiento de los valores anuales.

BIBLIOGRAFÍA

- ALEXANDERSSON, H. (1986): "A homogeneity test applied to precipitation data". *J. Climatology*, **6**, 661-675.
- BARRIENDOS, M., LLASAT, M. C. y RODRÍGUEZ, R. (1998): "Frequency of heavy rains and floods in northeast Spain since the 15th century" en *The Second International Conference on Climate and Water*, Finland, pp. 391-399.
- BUIHAND, T. A. (1982): "Some methods for testing the homogeneity of rainfall records". *J. Hidrology*, **58**, 11-27.
- DOOGE, J. y KUUSISTO, E. (1998): *Report of The Second International Conference on Climate and Water*, Finland, 48 pp.
- GANOULIS, J., VAFIADIS, M. y PATRIKAS, I. (1998): "Influence of atmospheric circulation classification schemes on local precipitation under climate change" en *The Second International Conference on Climate and Water*, Finland, pp. 56-65.
- LLASAT, M. C. y RODRÍGUEZ, R. (1997): "Towards a regionalization of extreme rainfall events in the Mediterranean area", in FRIEND'97: *Regional Hidrology: Concepts and models for Sustainable Water resource management*, IAHS, **246**, 215-222.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (1999): *Libro Blanco del Agua en España*, Madrid, 855 pp.
- OMAR ABEL, L. (1998): "Invariability of the annual maximum of daily rainfall in a region under a rainfall climate change" en *The Second International Conference on Climate and Water*, Finland, pp. 362-368.
- RODRÍGUEZ, R. (1995): *Análisis de Series Meteorológicas. Evaluación del cambio Climático*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona, 271 pp.

- RODRÍGUEZ, R. y LLASAT, M. C. (1996a): “Características de las series pluviométricas de Sevilla y Murcia”, en *Clima y Agua: la gestión de un recurso climático*, La Laguna, pp. 143-153.
- RODRÍGUEZ, R., LLASAT, M. C. y MARTÍN VIDE, J. (1996b): “Revisión de los criterios de homogeneidad aplicados a variables meteorológicas”, en *Modelos y Sistemas de Información en Geografía*, pp. 98-111.
- RODRÍGUEZ, R., LLASAT, M. C. y WHEELER, D. (1999): “Analysis of the Barcelona precipitation series”. *Int. J. Climatol.*, **19**, 787-801.

AGRADECIMIENTOS

Las series analizadas en el presente artículo son las del Instituto Nacional de Meteorología, incluidas en la base de datos HIDRO del CEDEX, organismo al que expresamos nuestro agradecimiento por su colaboración dentro de los trabajos AMHY/FRIEND.

