

Análisis de tendencias en el periodo 1921-2010 con series largas de precipitación



José Antonio López Díaz

Licenciado en Ciencias Físicas y en Ciencias Matemáticas.

Meteorólogo del Estado

Resumen

Para el estudio de las tendencias a largo plazo de la precipitación en España se han utilizado un conjunto de 66 series largas con control de homogeneidad. El periodo de estudio se extiende a los últimos 90 años. En primer lugar se estudian las tendencias en la serie de precipitación media en la península inferida a partir de las series largas, así como en las dos vertientes atlántica y mediterránea. A continuación, se aborda el análisis de las tendencias de las series en el total anual, incluyendo su distribución espacial. Por último, se analizan las tendencias a escala mensual.

Palabras clave

Tendencias de la precipitación, series largas de precipitación, tendencias mensuales y anuales, métodos no paramétricos

Abstract

A study of long-term rainfall trends in Spain over the last 90 years has been made on the basis of 66 long-time series following data and homogeneity checks. These data series were employed to analyse mean rainfall trends in Spain and in the Atlantic and Mediterranean basins. The study continued with an analysis of series trends in yearly totals together with their spatial distribution and was completed with an examination of monthly trends.

Keywords

Rainfall trends, long rainfall series, monthly and yearly trends, non-parametric methods

Series largas de precipitación

Las tendencias de precipitación desde comienzos del siglo XX se han analizado usando un conjunto de series largas de precipitación que se obtuvieron realizando una búsqueda de estaciones en el Banco de Datos Climatológico de AEMET siguiendo criterios de cobertura espacial y temporal, continuidad a largo plazo y calidad potencial. El criterio de cobertura temporal ha sido determinante, ya que se han buscado registros con longitudes cercanas o superiores a 100 años. La red de observación climatológica en España aumentó considerablemente entre 1910 y 1920, por lo que se ha impuesto un criterio inicial de existencia de observaciones con anterioridad a 1920. Las series así identificadas debían tener continuidad, permitiéndose cambios de emplazamiento o incluso desapariciones siempre que existiese en los alrededores, a una distancia no superior a 20 km, algún observatorio fiable y con perspectivas de continuidad en el futuro. El trabajo realizado ha dado como resultado un conjunto de 66 series mensuales potencialmente buenas, 65 distribuidas por el territorio español peninsular y Baleares, más la de Gibraltar cuyos datos se remontan a 1852.

La homogeneización de los datos y el relleno de lagunas se llevó a cabo con el paquete "Climatol" descrito con detalle en Guijarro, 2011. El procedimiento se basa en un ajuste iterativo de las anomalías de cada serie del conjunto con relación a un conjunto muy amplio de series climatológicas próximas disponibles en el Banco de Datos de AEMET. El procedimiento incluye pruebas de homogeneidad mediante el test SNHT (Alexandersson, 1986). La figura 1 muestra

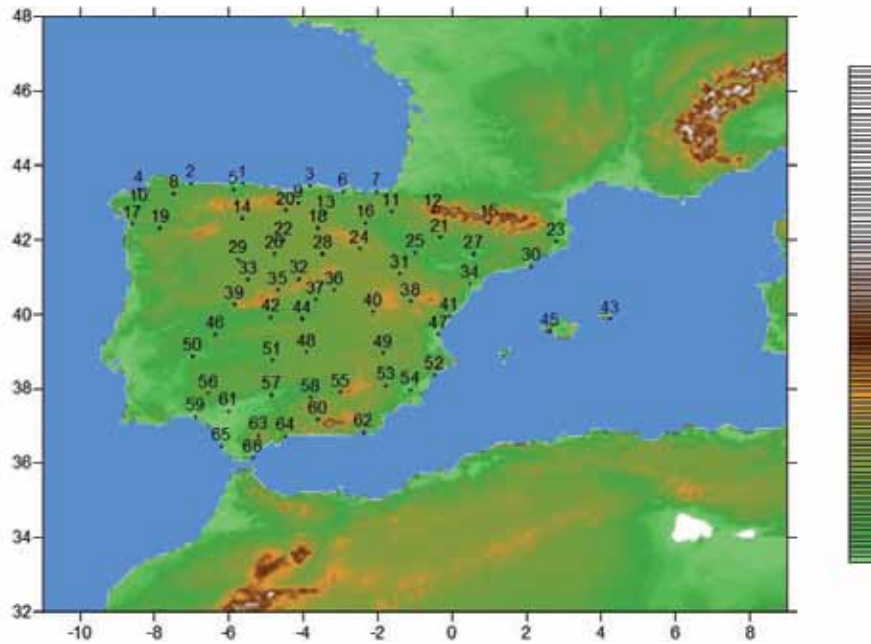


Fig. 1. Mapa de situación de las estaciones pluviométricas que componen las 66 series largas de precipitación

la relativamente uniforme cobertura espacial de los 66 observatorios que componen esta base de datos.

Análisis de las series estimadas de precipitación anual media en la España peninsular, vertiente atlántica y vertiente mediterránea

A partir de las 66 series largas de precipitación se ha construido una serie de precipitación total anual media en la España peninsular y en sus dos vertientes, la atlántica y la mediterránea. Para ello se ha procedido a efectuar una regresión múltiple con las series disponibles en AEMET para el periodo 1941-2010 de precipitación anual media en la vertiente atlántica y en la mediterránea. En cada vertiente se han usado como regresores las series de total anual de las estaciones pertenecientes a cada vertiente de entre las 66 series largas. Ambas regresiones dan un coeficiente de determinación muy elevado.

En la figura 2 se han representado las series obtenidas suavizadas con un filtro gaussiano para todo el periodo de datos de las series largas disponible incluyendo extrapolación 1851-2010. Destacan a simple vista los óptimos pluviométricos centrados en finales de los años 30 y en principios de los 60 del pasado siglo.

En la tabla 1 se han reflejado, para los tres periodos de 30 años desde 1921 hasta 2010, y para los últimos 60 años y 90 años, las tendencias en la Península y las dos vertientes. Tanto aquí como en el resto del artículo, para estimar las tendencias y para hallar la significación estadística de las mismas se han empleado procedimientos no paramétricos, que garantizan independencia frente al tipo de distribución estadística de la variable. En concreto, la tendencia se ha estimado con el estimador de la tau de Kendall, que es la mediana de las tendencias determinadas por todas las

PERIODO	PEN			ATL			MED		
1921 - 1950	2	0	0.0	1	0	0.0	-14	-2	-0.0
1951 - 1980	-59	-8	-0.1	-83	-11	-0.1	-125	-21	-0.2
1981 - 2010	358	55	1.1	432	61	1.0	282	51	0.6
1951 - 2010	-68	-10	-0.3	-89	-12	-0.3	-46	-8	-0.3
1921 - 2010	-31	-5	-0.2	-45	-6	-0.2	-11	-2	-0.0

Tabla 1. Para la península y las dos vertientes, a la izquierda la tendencia en mm/100 años, en el centro la anterior tendencia como porcentaje respecto a la media de la serie, a la derecha el p-valor del test de Mann-Kendall en la forma Log[[p-valor]], con signo según tendencia. Valor crítico al 10 % 1.0, al 5 % 1.3

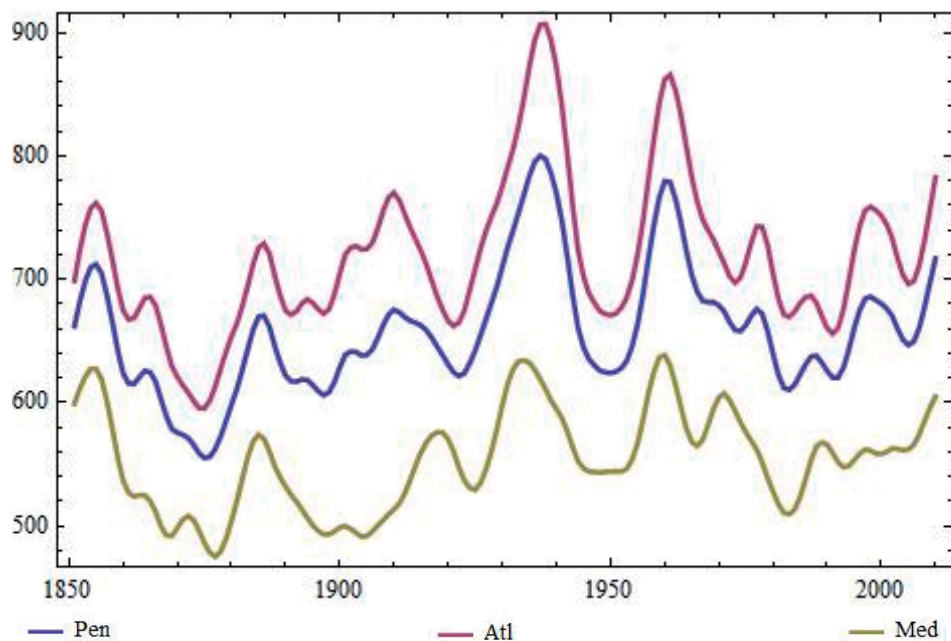


Fig. 2. Series temporales suavizadas con un filtro de Gauss (T = 15 años) de la precipitación anual media (mm) en la Península, vertiente atlántica y vertiente mediterránea

parejas de valores en la serie. Al ser un estimador más robusto que el habitual obtenido de la pendiente de la recta de regresión, depende menos de los detalles de datos de años aislados muy húmedos o secos. Por otra parte la significación estadística de las tendencias se ha determinado mediante el test de tendencia de Mann-Kendall, que es también no paramétrico.

En términos de tendencia absoluta en mm/100 años vemos que los valores más grandes corresponden al último periodo de 30 años, con valores del orden de 400 mm/100

años para tendencia creciente, aunque disminuye en la vertiente mediterránea. Estas tendencias, como porcentaje respecto a la media del periodo alcanzan valores muy notables, del orden del 50 %, como vemos por los valores centrales. Con todo, la significación estadística no llega al 5 %, pero sí al 10 % en la península y vertiente atlántica. Para los últimos 90 años (última fila) las tendencias son muy poco importantes.

La tabla 2 permite un análisis de dónde se sitúan los periodos más húmedos o secos en la serie de precipitación

AÑOS	PERIODOS MÁS HUMEDOS					PERIODOS MÁS SECOS				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5	1959	1936	1935	1937	1933	1990	1980	1991	1981	1950
10	1932	1933	1934	1930	1931	1945	1944	1986	1985	1981
15	1929	1928	1927	1930	1926	1980	1981	1979	1978	1943
20	1924	1925	1923	1928	1929	1980	1973	1976	1975	1974
25	1924	1955	1923	1925	1936	1971	1970	1981	1980	1972
30	1932	1934	1936	1935	1931	1980	1966	1978	1979	1973
40	1930	1932	1927	1924	1926	1970	1967	1968	1966	1969
50	1930	1929	1923	1928	1924	1944	1945	1943	1946	1942
60	1925	1921	1930	1922	1924	1948	1942	1943	1949	1944

Tabla 2: Periodos más húmedos y secos en la España peninsular en 1921-2010. Para cada longitud de periodo en la columna de la izquierda, se indican los 5 periodos más húmedos/secos, reflejando el año de inicio de cada periodo

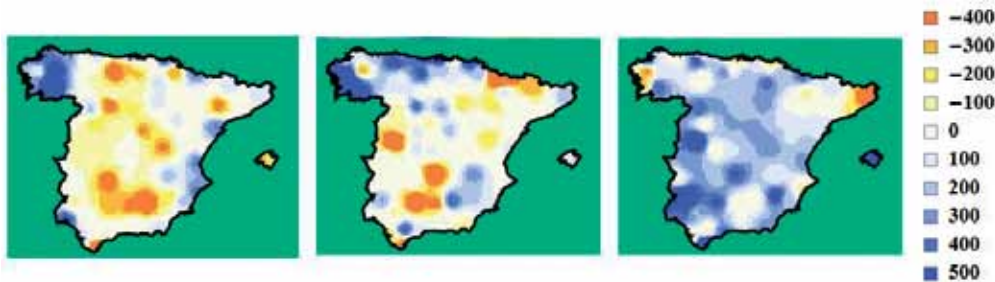


Fig. 3: De izquierda a derecha distribución espacial de las tendencias (mm/ 100 años) para los periodos sucesivos de 30 años 1921-1950, 1951-1980 y 1981-2010

media de la España peninsular, para periodos de diferentes longitudes en años. Quizá llame la atención que los lluviosos principios de los 60 del pasado siglo solo aparezcan en la tabla 2 para periodos de longitud 5 años. En cuanto pasamos a 10 años ya no consiguen estar entre los 5 periodos más húmedos, que para esta longitud están acaparados por los años 30. En realidad, la tabla muestra que los periodos más húmedos, para longitudes iguales o superiores a 10 años están dominados por periodos que comienzan a finales de los años 20 o principios de los 30. En cambio, los periodos más secos tienden a comenzar más tarde; hasta longitudes de 30 años predominan los periodos que comienzan en principios de los 80 o finales de los 70. Sin embargo, el periodo más seco de 5 años comienza en 1990.

Tendencias de precipitación anual

Al objeto de hacerse una idea de la distribución espacial de las tendencias anuales de la precipitación en la Península y Baleares se han representado en la figura 3 estas tendencias para los tres periodos sucesivos de 30 años.

Como ya se comentó al hablar de las series de precipitación anual de la península, el último grupo de 30 años es excepcional, también en cuanto a la distribución espacial de la tendencia creciente, que se extiende a la mayor parte del área representada. En cambio los dos anteriores son ciertamente mucho más heterogéneos en cuanto a la distribución espacial de las tendencias.

Para el periodo global estudiado de los últimos 90 años, para el que ya vimos que la tendencia de la precipitación en la Península es muy escasa, la figura 4 muestra que solo en una región del centro de Andalucía se alcanza una tendencia negativa significativa al 5 % con una subregión bastante extensa al 1 %. Otros dos contornos más reducidos de significación estadística se dan al nor-

te (tendencia decreciente al 1 %) y en la costa levantina (tendencia creciente).

Tendencias de precipitación por meses

Las tendencias de la precipitación para los 12 meses del año, en los tres periodos de 30 años sucesivos, aparecen en las figuras 5, 6 y 7 respectivamente. Del análisis de estos mapas se desprende que los dos meses que más llaman la atención son noviembre del primer periodo de tres décadas y octubre de último periodo: el primero por la extensión e intensidad de las tendencias decrecientes, el segundo por las tendencias crecientes. De hecho, si hacemos un análisis de los meses con mayor número de estaciones con tendencia significativa encontramos los resultados de la tabla 3.

Según la tabla 3, los dos meses anteriormente citados ocupan un lugar destacado por el número de tendencias, de forma especial el noviembre de 1921-1950, en que casi la mitad de las estaciones tienen tendencia decreciente significativa al 5 %.

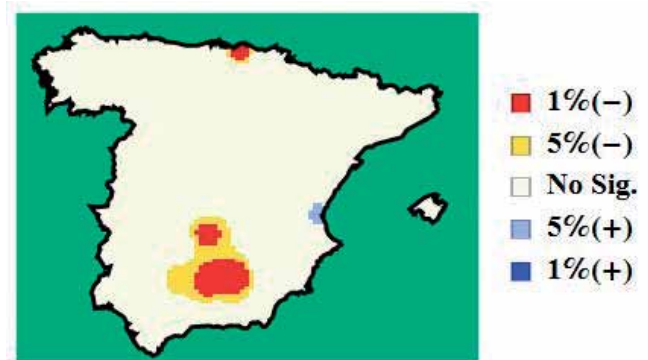


Fig. 4. Significación estadística de las tendencias anuales de precipitación en el periodo 1921-2010

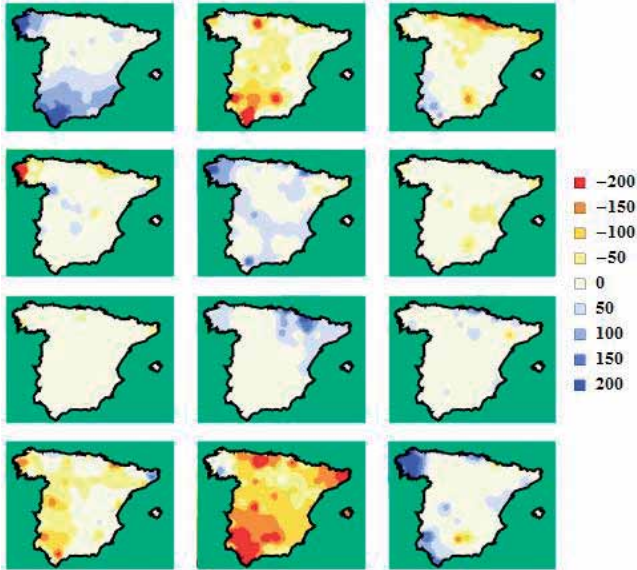


Fig. 5. Tendencias para los 12 meses del año en mm/100 años para el periodo 1921-1950

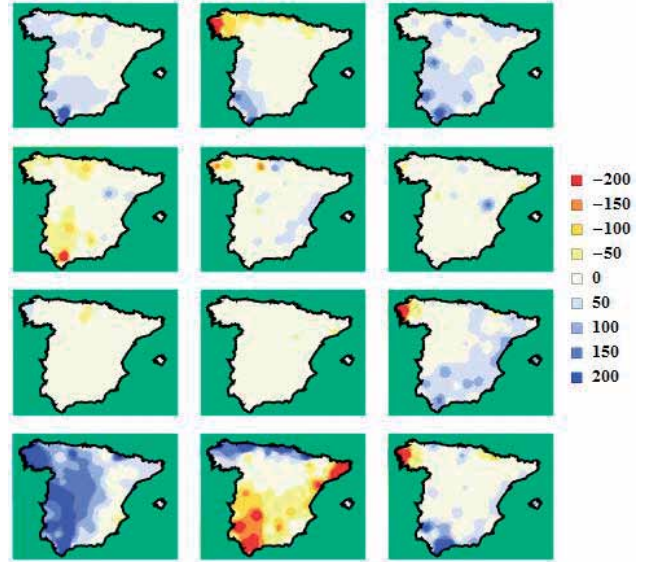


Fig. 7. Tendencias para los 12 meses del año en mm/100 años para el periodo 1981-2010

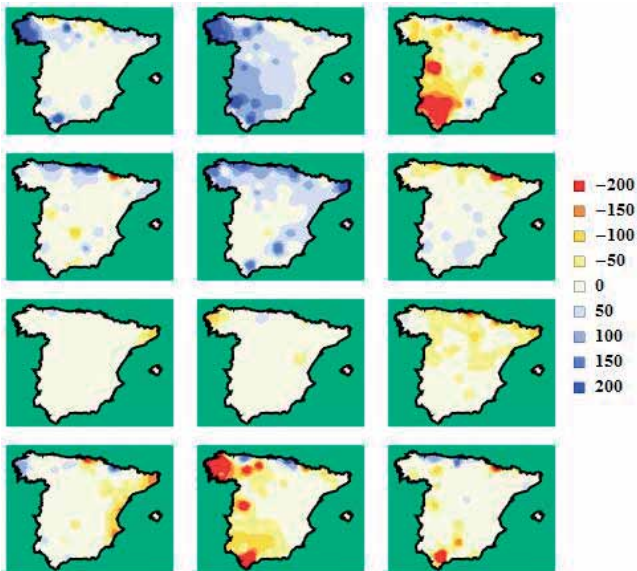


Fig. 6. Tendencias para los 12 meses del año en mm/100 años para el periodo 1951-1980

PERIODO	MES	Nº TEN. 5 %	Nº TEN. 1 %
1921 - 1950	11	30 (-)	9 (-)
1981 - 2010	10	17 (+)	3 (+)
1921 - 1950	8	8 (+)	3(+)
1981 - 2010	9	8 (+)	2 (+)
1921 - 1950	1	7 (+)	3 (+)

Tabla 3. Meses en los tres periodos de 30 años con mayor número de tendencias significativas

Para el periodo completo 1921-2010, merece la pena destacar que los mapas, tanto de tendencias como de su significación estadística (no representados), no muestran rasgos reseñables, salvo para marzo. En este mes el número de tendencias decrecientes en los últimos 90 años es sorprendentemente grande.

La figura 8 muestra que para este mes en los últimos 90 años las tendencias significativas al 1 % se extienden por amplias áreas de la mitad oeste salvo en el tercio septentrional. De hecho, en este mes el número de estaciones con tendencia decreciente significativa al 5 % es de la mitad, o sea, 33 estaciones, de las que 23 lo son incluso al 1 %.

Para hacerse una idea de lo excepcional de este mes, baste decir que el siguiente mes por número de tendencias significativas en este periodo es junio, en que tan solo 3 estaciones dan tendencia decreciente significativa al 5 %.

Otro rasgo que merece la pena comentar es que en el mes de noviembre, para los tres periodos de 30 años, como se desprende de las figuras 5-7, en el extremo SO de la península hay una tendencia decreciente muy significativa. Sin embargo, para el periodo global de 90 años no hay tendencia significativa en noviembre en esa zona. Esto implica que en esta zona hay una repetición de un patrón de tendencia decreciente cada 30 años que se asemeja a un diente de sierra con tres dientes, de tal forma que no hay tendencia significativa global en noviembre (ver Fig. 9). **ROP**



Fig. 8. Significación estadística de las tendencias en marzo para el periodo 1921-2010

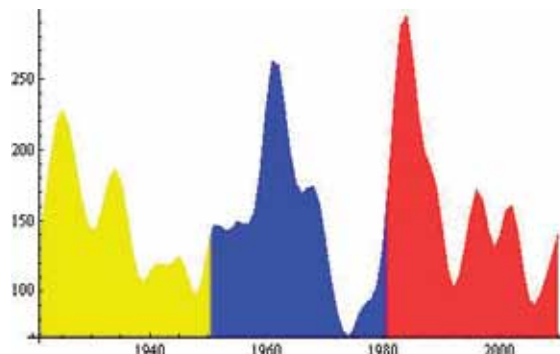


Fig. 9. Valor medio (mm) de las series de Grazales, San Fernando y Gibraltar en noviembre. Los colores marcan los tres periodos de 30 años

Referencias

- Alexandersson H (1986). A homogeneity test applied to precipitation data. *Jour. of Climatol.*, 6:661-675.
- Almarza, C.; López-Díaz, J. A. y Flores, C. (1996). Homogeneidad y variabilidad de los registros históricos de precipitación de España. Monografía Técnica A-143 Instituto Nacional de Meteorología, Ministerio de Medio Ambiente, ISBN 8449802210.
- Guijarro, J.A. (2011). User's guide to climatol. <<http://webs.ono.com/climatol/climatol-guide.pdf>>, 40 pp.
- Kunkel et al. (1999): Long-term trends in extreme precipitation events over coterminous United States and Canada, *J. Climate*, 12, 2515-2527

- Luna, M.Y., Guijarro, J.A., López, J.A. (2012). Reconstrucción, homogeneidad y tendencias de las series históricas de precipitación mensual acumulada en la España peninsular y las Islas Baleares. Ponencias 8º Congreso Asociación Española de Climatología (AEC), Salamanca 25-28 Septiembre de 2012, págs. 499-507
- Luna, M.Y., Guijarro, J.A., López, J.A. (2011). Tendencias observadas en España en precipitación y temperatura. *Revista Española de Física*. Vol 26-2, págs. 12-17