

TENDENCIA DE LA PERSISTENCIA DE LA PRECIPITACIÓN OTOÑAL EN EL LITORAL MEDITERRÁNEO DE LA PENÍNSULA IBÉRICA (1941-1990)

Marc J. PROHOM DURÁN y Javier MARTÍN VIDE

Grup de Climatologia. Dpt. de Geografia Física i A.G.R. Universitat de Barcelona

RESUMEN

Se analiza la evolución temporal de la distribución y duración de las secuencias de días con precipitación apreciable en otoño, en Barcelona, Valencia, Alicante, Almería y Málaga, con datos del período 1941-90. Se aprecia una tendencia creciente en la probabilidad de día lluvioso después de día lluvioso en noviembre.

Palabras clave: Litoral mediterráneo; otoño; Península Ibérica; probabilidad de día lluvioso después de día lluvioso; secuencia lluviosa.

ABSTRACT

An analysis of the distribution and duration of wet spells in autumn, for several Mediterranean Spanish cities: Barcelona, Valencia, Alicante, Almería and Málaga (period 1941-90), is made. An increasing trend in the probability of a rainy day after a rainy day in November has been detected.

Key words: Mediterranean litoral; autumn; Iberian Peninsula; probability of a rainy day after a rainy day; wet spell.

1. OBJETIVOS, METODOLOGÍA Y FUENTE DE DATOS

El estudio de la variabilidad climática, tanto espacial como temporal, ha adquirido una gran actualidad y relevancia entre la comunidad científica. Uno de sus principales objetivos es evaluar la magnitud de la variabilidad natural del clima a diferentes escalas temporales, o frecuencias, para ponderar las anomalías climáticas actuales dentro de la hipótesis del cambio climático antrópico. De otro modo, se intenta distinguir entre la variabilidad natural, de diferentes frecuencias, y la variabilidad posiblemente inducida por la actividad antrópica. En este sentido, los cambios y tendencias en la variabilidad de los diferentes elementos climáticos pueden ser unos indicadores del cambio climático tanto o más sensibles que los usuales de los parámetros estadísticos medios.

La precipitación constituye un parámetro climático poco agradecido en el análisis de la variabilidad por su consabida irregularidad temporal y espacial. Sin embargo, la detección de posibles variaciones o tendencias en el comportamiento de su variabilidad en España es de suma importancia, debido, en buena medida, a sus implicaciones socioeconómicas en aquellas áreas que se encuentran en el límite de la sostenibilidad hídrica.

El objetivo de la presente comunicación se centra en el análisis de la variación temporal que ha experimentado la frecuencia de la precipitación en el litoral mediterráneo de la Península Ibérica. Así, la precipitación se ha estudiado no en la evolución temporal de las cantidades, sino desde el punto de vista de su persistencia diaria, a lo largo de las últimas cinco décadas. Se ha elegido la estación otoñal, que en la referida área geográfica constituye, en conjunto, la de mayor peso en la pluviometría total anual (aunque en el litoral surmediterráneo el invierno es la estación más lluviosa). Así, en promedio, los meses otoñales (septiembre, octubre y noviembre) representan sobre el total anual: el 43% en Valencia, el 42% en Alicante, el 38% en Barcelona, el 34% en Almería y el 33% en Málaga (INM, 1995). El umbral de 0.1 mm ha sido el usado para definir el día lluvioso.

Los datos analizados proceden de los observatorios de primer orden del Instituto Nacional de Meteorología: Barcelona, Valencia, Alicante, Almería y Málaga. Estos cinco observatorios ya habían sido explotados conjunta y previamente por MARTÍN VIDE (1987), GÓMEZ NAVARRO (1997) y MARTÍN VIDE y GÓMEZ NAVARRO (1999) en estudios de persistencia y de secuencias lluviosas y secas. La cobertura temporal del análisis se extiende desde 1941 a 1990, período que, por su longitud y la resolución diaria de los datos, permite analizar variaciones y tendencias, al tiempo que engloba, en su última década, el posible impacto del calentamiento global.

La metodología utilizada ha consistido en el cálculo de las probabilidades empíricas de día lluvioso después de día lluvioso (P_{11}) y de día seco después de día seco (P_{00}), que, obviamente, no son complementarias. La expresión utilizada para la obtención de la probabilidad de día lluvioso después de día lluvioso es:

$$P_{11} = \frac{n_{11}}{n_{11} + n_{10}}$$

siendo,

n_{11} , número de transiciones día lluvioso/día lluvioso

n_{10} , número de transiciones día lluvioso/día seco

o, bien, el simple cociente del número de días lluviosos después de día lluvioso y el número de días lluviosos. El mismo procedimiento se ha utilizado para determinar la probabilidad de día seco después de día seco. La duración media de las secuencias lluviosas viene dada por: $1/P_{10}$.

Los cálculos se han referido a las 5 décadas del período estudiado, para, precisamente, mitigar la elevada variabilidad interanual.

2. RESULTADOS

2.1. Evolución de las probabilidades P_{11} y P_{00}

Al calcular, según el procedimiento explicitado en el apartado anterior, los valores decadales de P_{00} y P_{11} , no se obtuvo ninguna tendencia clara, por lo que se abordó el análisis estacional, con especial atención al otoño. Los resultados para esta estación sí que ofrecen una tendencia bastante clara por lo que hace referencia a la P_{11} . En efecto, se aprecia un claro y progresivo aumento de esta probabilidad en casi todos los observatorios estudiados (Fig. 1).

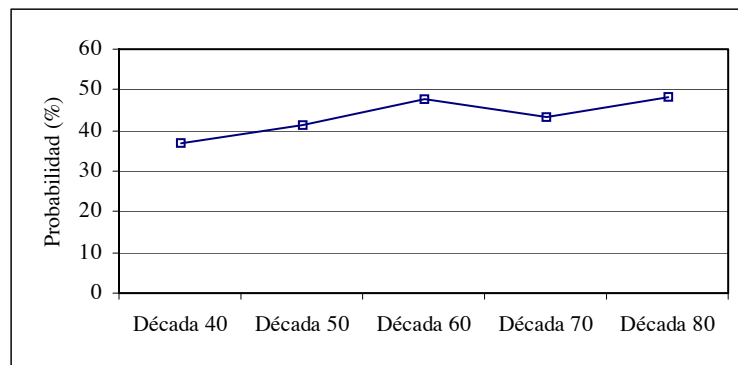


Figura 1. Evolución por décadas de la media de las probabilidades (5 observatorios) de día lluvioso después de día lluvioso (P_{11}) en otoño en el litoral mediterráneo de la Península Ibérica.

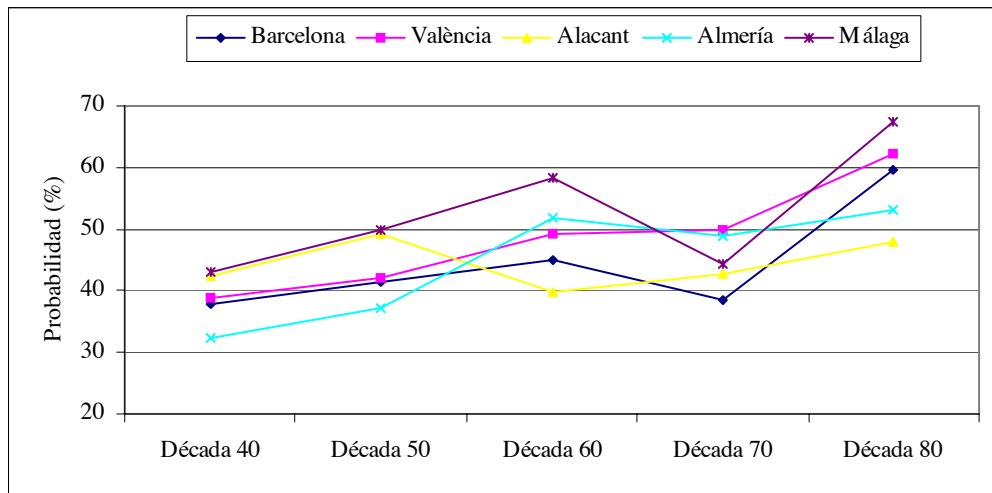


Figura 2. Evolución por décadas de la probabilidad de día lluvioso después de día lluvioso (P_{11}) para los cinco observatorios en noviembre.

Se puede apreciar en la figura, una leve inflexión de la curva en la década de los años 70, presente en los cinco observatorios, aunque, globalmente, el incremento se cifra en nada menos que un 20%. En cambio, la evolución de P_{00} muestra un comportamiento muy homogéneo, sin tendencias.

A la vista de los resultados de otoño, se calcularon las mismas probabilidades para sus meses. El principal resultado es un evidente incremento de P_{11} para el mes de noviembre a lo largo del período analizado, tal y como queda puesto de manifiesto en la figura 2. Queda visible, de nuevo, la inflexión negativa presente en la década de los años 70, si bien en algunos casos, como Valencia, el incremento es progresivo y sin interrupción. En un sentido opuesto destaca el comportamiento un tanto anárquico de Alicante, donde la evolución positiva no es tan evidente. Globalmente, el incremento medio en 50 años es del 20%, destacando Málaga con un 25%. Por otro lado, la P_{00} para el mismo mes de noviembre tiene una ligera tendencia a la baja (alrededor del 4-3%), pero sin llegar a compensar en ningún momento el aumento de P_{11} .

		Otoño	Septiembre	Octubre	Noviembre
Barcelona	Déc. 40	1,65	1,58	1,8	1,57
	Déc. 50	1,84	1,71	2,13	1,69
	Déc. 60	1,88	1,9	1,97	1,76
	Déc. 70	1,67	1,75	1,65	1,61
	Déc. 80	1,96	1,48	1,96	2,45
Valencia	Déc. 40	1,52	1,43	1,6	1,53
	Déc. 50	1,74	1,66	1,81	1,74
	Déc. 60	1,91	1,66	2,12	1,94
	Déc. 70	1,89	1,54	2,19	1,93
	Déc. 80	2,12	1,83	1,92	2,61
Alicante	Déc. 40	1,67	1,61	1,67	1,73
	Déc. 50	1,73	1,49	1,69	2
	Déc. 60	1,82	1,73	2,03	1,69
	Déc. 70	1,7	1,38	2,04	1,69
	Déc. 80	1,75	1,46	1,86	1,92
Almería	Déc. 40	1,46	1,4	1,52	1,46
	Déc. 50	1,53	1,47	1,49	1,63
	Déc. 60	1,71	1,29	1,75	2,08
	Déc. 70	1,61	1,2	1,73	1,91
	Déc. 80	1,66	1,44	1,43	2,1
Málaga	Déc. 40	1,59	1,39	1,68	1,71
	Déc. 50	1,61	1,21	1,61	2
	Déc. 60	2,11	1,64	2,05	2,64
	Déc. 70	1,97	2,29	1,88	1,74
	Déc. 80	2,1	1,47	1,89	2,93

Cuadro 1. Evolución por décadas de la duración media de las secuencias lluviosas.

2.2. Evolución de la duración media de las secuencias lluviosas y del número de episodios de lluvia

A la vista del aumento global experimentado en la P_{11} de otoño a lo largo del período de 50 años, se consideró oportuno expresar esa evolución mediante los valores de la duración media de las secuencias lluviosas de cualquier longitud (cuadro 1).

Puede llamar la atención la escasa duración media de las secuencias lluviosas, que traduce una baja persistencia de los días lluviosos (MARTÍN VIDE, 1987). Las precipitaciones prolongadas en el litoral mediterráneo de la Península Ibérica requieren de situaciones sinópticas depresionarias bien definidas. Estas situaciones evolucionan con gran rapidez en este área, lo que explicaría la escasa duración de los episodios lluviosos (JANSÀ, 1985). Ahora bien, los resultados que arroja el cuadro

		Otoño	Septiembre	Octubre	Noviembre	Peso de Nov. (%)	Peso de Sept. (%)
Barcelona	Déc. 40	14	4	6	4	28,6	28,6
	Déc. 50	24	6	13	5	20,8	25,0
	Déc. 60	24	10	6	8	33,3	41,7
	Déc. 70	19	8	7	4	21,1	42,1
	Déc. 80	27	5	12	10	37,0	18,5
Valencia	Déc. 40	13	4	6	3	23,1	30,8
	Déc. 50	22	6	10	6	27,3	27,3
	Déc. 60	18	4	7	7	38,9	22,2
	Déc. 70	20	3	11	6	30,0	15,0
	Déc. 80	29	2	11	16	55,2	6,9
Alicante	Déc. 40	15	6	6	3	20,0	40,0
	Déc. 50	21	3	9	9	42,9	14,3
	Déc. 60	17	4	7	6	35,3	23,5
	Déc. 70	16	2	9	5	31,3	12,5
	Déc. 80	23	3	10	10	43,5	13,0
Almería	Déc. 40	8	1	3	4	50,0	12,5
	Déc. 50	11	2	5	4	36,4	18,2
	Déc. 60	13	1	5	7	53,8	7,7
	Déc. 70	9	0	3	6	66,7	0,0
	Déc. 80	14	0	3	11	78,6	0,0
Málaga	Déc. 40	8	2	3	3	37,5	25,0
	Déc. 50	15	1	4	10	66,7	6,7
	Déc. 60	20	2	6	12	60,0	10,0
	Déc. 70	18	4	8	6	33,3	22,2
	Déc. 80	19	1	5	13	68,4	5,3

Cuadro 2. Evolución decadal del número de episodios de lluvia iguales o superiores a 3 días para el conjunto del otoño, y mensualmente, y del peso porcentual de noviembre y septiembre.

l apuntan una tendencia global al aumento, pasándose de un promedio para otoño de 1,5 días (década de 1940) al umbral de los 2,0 días, casos de Barcelona y Alicante, o incluso superándolo, casos de Málaga y Valencia. Almería es el observatorio que queda más lejos del referido umbral, hecho que no debe sorprender ya que va ligado directamente a las características de su climatología árida. A pesar de ello, la evolución es también creciente.

Noviembre es el mes en el que se aprecia el aumento más espectacular. En este sentido destaca sobremanera la evolución en Málaga, donde puede decirse que la década de los años ochenta casi dobla a la de los cuarenta en cuanto a duración media se refiere (de 1,7 a 2,9 días).

Para confirmar los resultados del apartado anterior y del cuadro 1, se analizó si los episodios de lluvia de una cierta duración habían experimentado un incremento similar. Para ello, se fijó el umbral de definición de los episodios lluviosos en 3 o más días de lluvia consecutivos.

Los resultados efectivamente muestran un aumento progresivo para todos los observatorios en la estación otoñal, y, descendiendo a la escala mensual, se aprecia que es de nuevo noviembre sobre el que se apoya tal incremento (cuadro 2). En este sentido, es muy significativo el caso de Almería, donde el número de episodios iguales o superiores a 3 días supone más del 78% del total otoñal para la última década estudiada (años 80), siendo este valor del 68% para Málaga. Cabe recordar que ambos observatorios se caracterizan por poseer un régimen pluviométrico con máximo invernal y no otoñal (debido a la influencia atlántica), pero la evolución respecto a las décadas precedentes es claramente positiva.

Por otro lado, en septiembre tienden, en conjunto, a disminuir los citados episodios, incluso desapareciendo en Almería en las dos últimas décadas (años 70 y 80). Por su parte, la evolución durante el mes de octubre no muestra una tendencia clara, permaneciendo el valor bastante estable en todos los casos.

En base a lo anteriormente señalado, cabría pensar que las situaciones sinópticas favorables a la persistencia de la precipitación han tendido a ser más frecuentes o, quizás, más duraderas a lo largo de las décadas analizadas.

2.3. Evolución del centro de gravedad otoñal

Con el objetivo de reforzar los resultados obtenidos en los dos apartados precedentes, se analizó finalmente la evolución temporal del llamado "centro de gravedad otoñal". Este concepto puede definirse como aquella fecha central o de equilibrio que separa igual número de secuencias lluviosas a lo largo, en este caso, de la estación otoñal. Su evolución decadal en el medio siglo analizado ofrece información acerca del desplazamiento en el calendario de los días de lluvia.

La figura 3 muestra en todos los casos un paulatino retraso del centro de gravedad, que, obviamente, se localiza en octubre, al tratarse del mes central. Concretamente, el retraso es, en promedio, de unos 6 días, siendo Almería y Barcelona los que protagonizan el mayor acercamiento hacia noviembre, con siete y ocho días, respectivamente, de diferencia máxima entre las décadas extremas.

Los resultados aportados por este último análisis corroboran, una vez más, el aumento del peso pluviométrico, en cuanto a días lluviosos, de noviembre, en detrimento de septiembre, cuyo peso

disminuye. Esto puede considerarse una tendencia relativamente reciente, que se apoya sobre todo en la década de los años 80. Para el caso de Barcelona, un estudio previo (MARTÍN VIDE, 1985) no mostraba unas diferencias claras entre los trentenios 1911-40 y 1941-70. Sin embargo, los resultados aquí expuestos muestran, en cambio, un retraso medio de unos 5 días sobre el promedio de las décadas de los años 40, 50 y 60 inscritas en el citado trabajo.

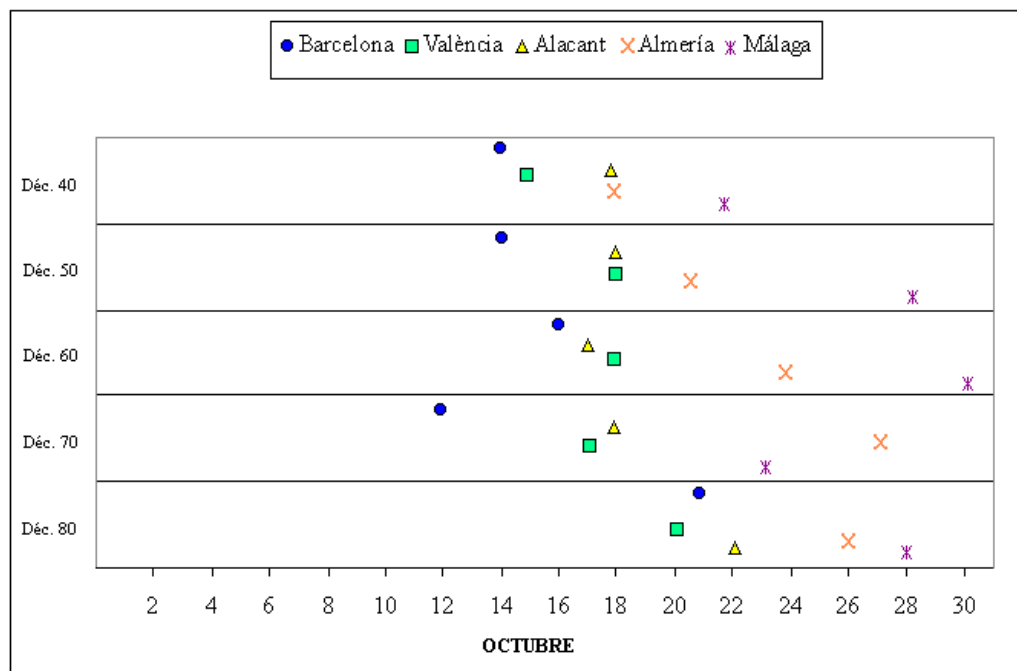


Fig. 3. Evolución decadal del centro de gravedad otoñal para los cinco observatorios estudiados.

3. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El estudio de la variación de la persistencia de la precipitación puede aportar elementos de interés en la evaluación del cambio climático. En el litoral mediterráneo de la Península Ibérica, a lo largo del período 1941-1990, se aprecia un aumento significativo de la probabilidad de día lluvioso después de día lluvioso (P_{11}) en la estación otoñal, cifrado en un 20% de promedio, siendo noviembre el mes sobre el que recae dicho aumento. Esto indicaría que las lluvias esporádicas o de duración breve (1 día) han tendido a disminuir en el intervalo estudiado, mientras que han aumentado las secuencias de lluvia más o menos prolongadas. Todo ello apoyaría la interpretación de que las precipitaciones otoñales son cada vez más dependientes de sistemas depresionarios organizados y de cierta enti-

dad. Sin duda, para corroborar este aspecto es necesario realizar un análisis sinóptico paralelo.

A escala mensual ha quedado patente el aumento del peso de noviembre en cuanto al número de secuencias de días de precipitación se refiere, en detrimento de septiembre. Por tanto, este último mes tendería a acrecentar su carácter estival, desde el punto de vista pluviométrico. El desplazamiento hacia noviembre del centro de gravedad en aproximadamente seis días de promedio en 50 años y el aumento constante de los períodos de lluvia superiores a tres días en el mismo mes refuerzan el resultado anterior.

Por último, es de notable interés, a modo de hipótesis final, el comportamiento de la curva de P_{11} representada en la figura 1. En ella se observa una evolución que sigue una pauta bastante similar a la curva de la temperatura media anual planetaria para el mismo intervalo temporal, con un cierto desfase. Así, al aumento en las dos primeras décadas, sigue un descenso moderado durante los años 70 y, de nuevo, un ascenso, en este caso importante, durante la década de los años 80.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GÓMEZ NAVARRO, L. (1997): *Regionalización climática de la España Peninsular mediante análisis markoviano de las sequías*. Universitat de Barcelona. Departament de Geografia Física i A.G.R., Tesis Doctoral inédita.
- INM (1995): *Guía resumida del clima en España*. Instituto Nacional de Meteorología, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, 110 pp.
- JANSÀ, A. (1985): "Ciclogénesis mediterránea. Una visión a escala sinóptica". *XI Jornadas Científicas de la AME. I Congreso de Meteorología Mediterránea*, Asociación Meteorológica Española, pp. 59-70.
- MARTÍN VIDE, J. (1985): "Notas sobre variaciones de la distribución de las secuencias lluviosas y secas en el año medio en Barcelona (1911-70)". *Estudios Geográficos*, **181**, 473-483.
- MARTÍN VIDE, J. (1987): "*Característiques climatològiques de la precipitació en la franja costera mediterrània de la Península Ibèrica*". Barcelona, Institut Cartogràfic de Catalunya.
- MARTÍN-VIDE, J. y GÓMEZ NAVARRO, L. (1999): "Regionalization of Peninsular Spain based on the length of dry spells". *International Journal of Climatology*, **19**, 537-555, Royal Meteorological Society.

AGRADECIMIENTOS

Esta comunicación se ha llevado a cabo gracias al proyecto CLI98-0930-CO2-02 (CICYT) y en el marco de las actividades del Grup de Climatologia (Generalitat de Catalunya). Uno de los coautores disfruta de una beca F.P.I. del Ministerio de Educación y Ciencia. Los datos originales para la confección del trabajo fueron proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología y digitalizados previamente en sendas tesis doctorales, obra de Martín Vide (1982) y Gómez Navarro (1997).

