

TENDENCIAS RECIENTES DE LOS EVENTOS DE PRECIPITACIÓN DIARIA Y EXTREMA EN ESPAÑA (1950-2012)

Roberto SERRANO-NOTIVOLI¹, Santiago BEGUERÍA², Martín DE LUIS¹,
Ernesto TEJEDOR¹, Luis Alberto LONGARES¹, Miguel Ángel SAZ¹, José María
CUADRAT¹

¹*Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de
Zaragoza.*

²*Estación Experimental de Aula Dei (EEAD-CSIC)*
rs@unizar.es

RESUMEN

La precipitación es una de las variables que presenta mayor incertidumbre en cuanto a sus tendencias temporales. Su elevada variabilidad interanual, especialmente en climas mediterráneos, dificulta el estudio de comportamientos homogéneos en el tiempo. A pesar de que los regímenes de precipitación en España son bien conocidos, el estudio a escala diaria ha sido menos abordado principalmente por la dificultad que supone obtener un conjunto de series de observaciones continuas en el tiempo.

Utilizando la base de datos SPREAD de precipitación diaria de alta resolución (5 x 5 km), se analizaron las tendencias anuales de los eventos de precipitación diaria y extrema en España en el periodo 1950-2012. Se calcularon 12 índices de precipitación diaria y extrema a escala anual reflejando las intensidades medias y máximas por año, el número de eventos por encima de umbrales predefinidos y la duración media y máxima de las rachas secas y húmedas. De todos estos índices se calcularon las tendencias para cada uno de los casi 21.000 puntos de malla de SPREAD en la España peninsular y las islas Baleares y Canarias.

La distribución espacial de las tendencias, en términos generales mostró: 1) un ligero incremento en la duración de los eventos de lluvia con especial incidencia en la costa mediterránea; 2) una tendencia negativa en la precipitación de alta intensidad y positiva en la de baja intensidad, con un comportamiento inverso en el área mediterránea y 3) una ligera tendencia negativa en la intensidad de eventos concretos.

Palabras clave: precipitación, eventos extremos, España, tendencias.

ABSTRACT

Precipitation is one of the variables with more uncertainty in regard of their temporal trends. The great interannual variability, especially in Mediterranean climates, makes hard the study of homogeneous behaviours over time. Despite the well-known precipitation regimes in Spain, the study at daily temporal scale has been less addressed mainly due to the difficult of obtain a continuous data series of observations.

Using the SPREAD daily precipitation dataset at high-resolution (5 x 5 km), we analysed the annual trends of the daily and extreme precipitation events in Spain in the 1950-2012 period. 12 indices were computed at annual scale showing the mean and maximum intensities, the number of events over pre-defined thresholds and the mean and maximum duration of the dry and wet spells. From these indices, the trends were computed for all the 20,000 grid points of the SPREAD dataset in peninsular Spain, Balearic and Canary Islands.

The spatial distribution of the trends, overall, showed: 1) a slight increase in the duration of the events, especially in the Mediterranean coast; 2) a negative trend in high-intensity precipitation and positive in low-intensity events, with an inverse behaviour in the Mediterranean area; and 3) a slight negative trends in the intensity of specific events.

Key words: precipitation, extreme events, Spain, trends.

1. INTRODUCCIÓN

La precipitación es un elemento clave en los riesgos asociados al clima. Inundaciones, sequías, procesos erosivos o afecciones a las actividades económicas, son algunas de las principales consecuencias de los eventos extremos relacionados con las lluvias que afectan cada año en diferente grado al territorio español. La precipitación, tanto en la España peninsular como en las islas Baleares y Canarias, es muy variable espacial y temporalmente. De hecho, zonas con los mismos volúmenes anuales no tienen por qué compartir el mismo reparto temporal a lo largo de todo el año, lo que supone un inconveniente no sólo para la planificación de los riesgos, sino incluso para una adecuada gestión del agua como recurso.

El área mediterránea se caracteriza por una acumulación temporal de las cantidades de lluvia anuales en unos pocos días que pueden dar lugar a momentos de riesgo extremo (Serrano-Notivoli et al., 2018a). Por otro lado, la mitad occidental de la península se caracteriza por un régimen más regular, con un menor número de eventos de carácter extremo debido a la regularidad de las precipitaciones.

En este sentido, el estudio temporal sobre la evolución de la distribución espacial de las precipitaciones nos ayuda a comprender mejor su comportamiento. A pesar de que la temperatura observada en España en las últimas décadas ha mostrado una clara tendencia positiva (González-Hidalgo et al., 2016; Vicente-Serrano et al., 2017), en el caso de las precipitaciones la señal no es tan evidente, en parte porque la alta variabilidad interanual impide establecer tendencias claras en la evolución temporal de las mismas. Algunos trabajos previos han estudiado los cambios en la precipitación anual, mensual y estacional, tanto en el conjunto de la España peninsular como en distintas regiones (Del Río et al., 2010; Vicente-Serrano et al., 2014). Aunque todos ellos estuvieron basados en las tendencias de la precipitación de localizaciones concretas al utilizar únicamente los datos registrados en observatorios instrumentales. Este hecho hace difícil espacializar el fenómeno en lugares donde no ha existido observación.

Afortunadamente, hoy en día existen varias bases de datos en formato rejilla o *grid* (Herrera et al, 2012; Quintana-Seguí et al., 2017) con un cubrimiento espacial

excelente de todo el territorio que permiten abordar correctamente este tipo de análisis. Sin embargo, estas bases de datos pueden no ser adecuadas para el estudio de las tendencias debido a su resolución espacial/temporal o por el uso de un número limitado de datos de partida. La base de datos SPREAD (Serrano-Notivoli et al., 2017a) utiliza toda la información de precipitación disponible en España desde 1950 hasta 2012 a escala diaria para construir un *grid* de alta resolución.

En este trabajo se aborda el estudio de las tendencias de precipitación en España basadas en el uso de la base de datos SPREAD, sobre la que se calcularon 13 índices de precipitación diaria y sus tendencias. Tanto la metodología de cálculo como los resultados se discuten ampliamente en Serrano-Notivoli et al., 2018b.

2. DATOS UTILIZADOS Y METODOLOGÍA

Se utilizó la base de datos de precipitación SPREAD de resolución diaria en el periodo 1950-2012 con una resolución espacial de 5x5 km para el conjunto de la España peninsular, las Islas Baleares y Canarias. Para cada uno de los 20.952 puntos de malla se calcularon 12 índices de precipitación diaria (Tabla 1) a escala anual. La distribución espacial de estos índices se encuentra ampliamente descrita en Serrano-Notivoli et al. (2017a, 2017b y 2017c).

Índice	Descripción	Unidades
Duración		
CDD	Duración máxima de la racha seca	Days
CDDm	Duración media de la racha seca	Days
CWD	Duración máxima de la racha húmeda	Days
CWDm	Duración media de la racha húmeda	Days
Frecuencia		
NWD	Número de días de Lluvia ($P > 0$ mm)	Days
R10mm	Número de días con precip. mayor de 10 mm	Days
R20mm	Número de días con precip. mayor de 20 mm	Days
Intensidad		
RX1	Precipitación máxima en 1 día	mm
RX5	Precipitación máxima en 5 días	mm
PMED	Intensidad mediana de la precipitación (Mediana de la precip. diaria en días húmedos)	mm
SDII	Intensidad media de la precipitación (Precipitación anual / Número de días de lluvia)	mm
R95rel	Contribución a la precipitación anual de los eventos de precipitación diaria por encima del percentil 95.	%

Tabla 1: Índices de precipitación diaria estudiados.

Con el fin de evaluar la tasa de cambio de los valores anuales de los índices, se calcularon las tendencias utilizando la pendiente de Sen (Sen, 1968) y la

significación de Mann-Kendall (Mann, 1945), considerando significativo un valor de $\alpha < 0,05$.

3. RESULTADOS

La distribución espacial de las tendencias de los diferentes índices calculados fue en general heterogénea, aunque se observó en muchos de ellos una marcada diferencia entre la costa mediterránea y el resto de la Península (Figura 1), especialmente en aquellos relacionados con la frecuencia y duración de los eventos secos o húmedos (CDD, CDDm, CWD y CWDm). Algunos de los índices expresivos de la intensidad de los eventos (RX1, RX5 y R95rel) presentaron este comportamiento diferente en el Valle del Guadalquivir respecto al resto de la España peninsular.

En relación a la duración de los eventos secos o húmedos, se observaron tendencias negativas significativas en la longitud máxima y media de las rachas secas (CDD y CDDm) y un incremento de la longitud de la longitud máxima y media de las rachas húmedas (CWD y CWDm). Sin embargo, considerando el promedio de todos los puntos de malla, solamente es significativa la primera (CDD) con un descenso de 1,4 días por década.

Estos valores de tendencia contrastan con los de la frecuencia de los eventos, donde se observó un incremento claro, positivo y significativo del número medio de días de lluvia (NWD) de 2,4 días por década. Sin embargo, el número de eventos por encima de 10 y 20 mm (R10mm y R20mm) obtuvo un valor de tendencia en general negativo, aunque positivo en la franja mediterránea especialmente en los eventos de menor magnitud (R10mm). Considerando el valor promedio de todo el territorio, se observa un decrecimiento, aunque no significativo.

La intensidad de los eventos de precipitación reunió las mayores diferencias en valores de tendencia entre los diferentes índices. Los máximos de precipitación en uno y cinco días (RX1 y RX5) mostraron en casi todo el territorio una tendencia negativa no significativa, aunque con muchas variaciones espaciales. Tampoco la aportación de la precipitación por encima del percentil 95 (R95rel) resultó significativa, aunque en general fue negativa. Por otro lado, la media y la mediana de la precipitación diaria (SDII y PMED) mostraron una tendencia negativa significativa en general. La mediana de la precipitación (PMED) mostró un descenso de 0,4 mm por década para todo el territorio en promedio, mientras que considerando la media (SDII) el valor de pérdida fue de 0,5 mm por década a pesar que en este último caso las tendencias negativas significativas estuvieron concentradas especialmente en el sureste peninsular.

En general, los 12 índices mostraron una disminución generalizada de la duración e intensidad de la precipitación y un incremento de la frecuencia, especialmente en el número medio de días de lluvia. Estas tendencias fueron más acusadas en la franja mediterránea, donde se observaron tendencias negativas significativas en la duración de las rachas secas y la intensidad de los eventos de lluvia, y positivas significativas en el número de días de lluvia y en la longitud de las rachas húmedas.

4. DISCUSIÓN

La distribución espacial de las tendencias de los eventos de precipitación en España ha mostrado el comportamiento medio de esta variable desde la segunda mitad del siglo XX a una resolución espacial y temporal no disponible hasta el momento. Pero también ha servido para comprobar que no es posible aportar un valor único de tasa de cambio: ni para todos los índices estudiados en su conjunto, ni tampoco para cada uno de ellos por separado, todo ello en relación con la alta variabilidad espacial que presentan. En España, estas tendencias reflejan bien la diversidad de regímenes pluviométricos y, si bien no todos los índices se ajustan de la misma manera respecto a sus patrones espaciales, sí se adivinan comportamientos diferentes según la región que muestran cómo llueve en cada una de ellas.

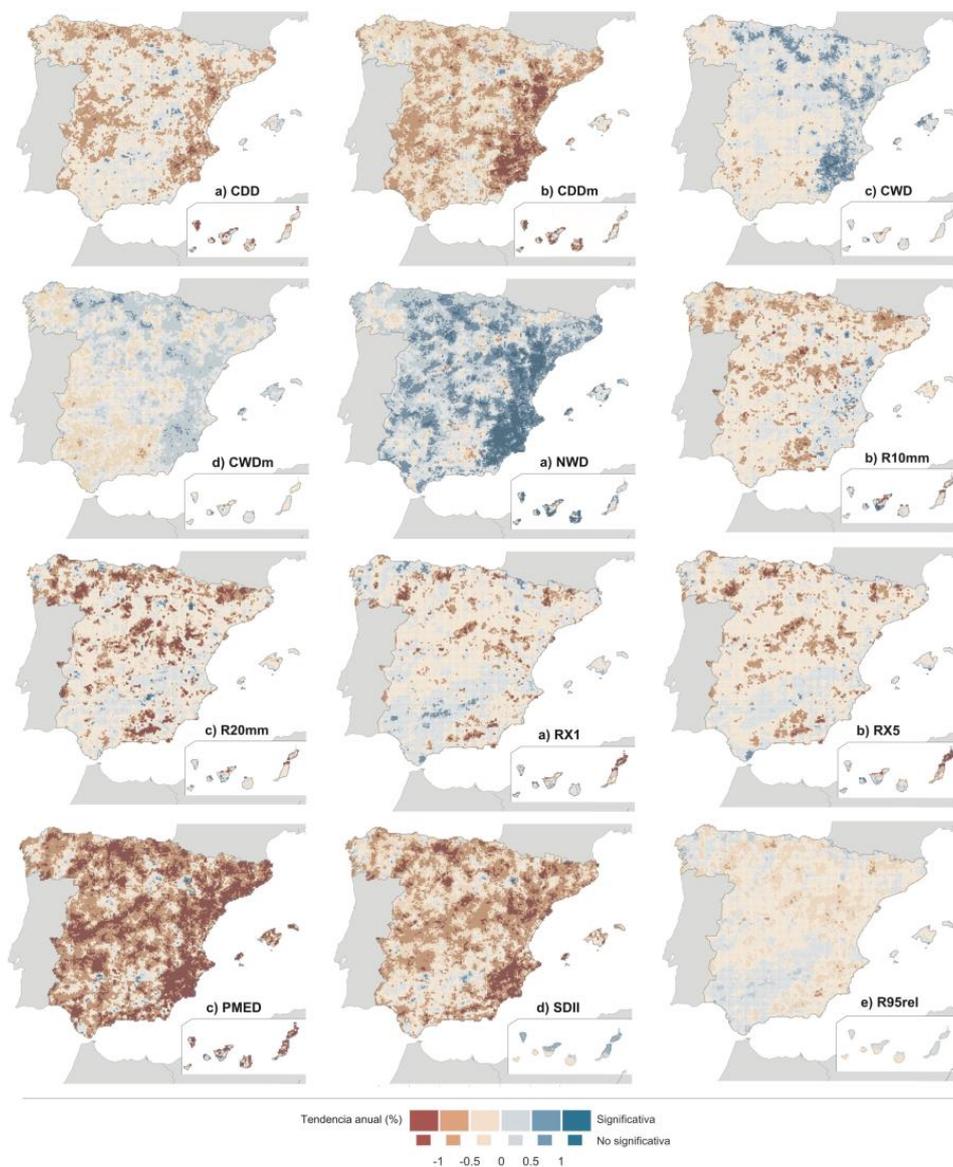


Figura 1: Distribución espacial de los índices de precipitación diaria en España

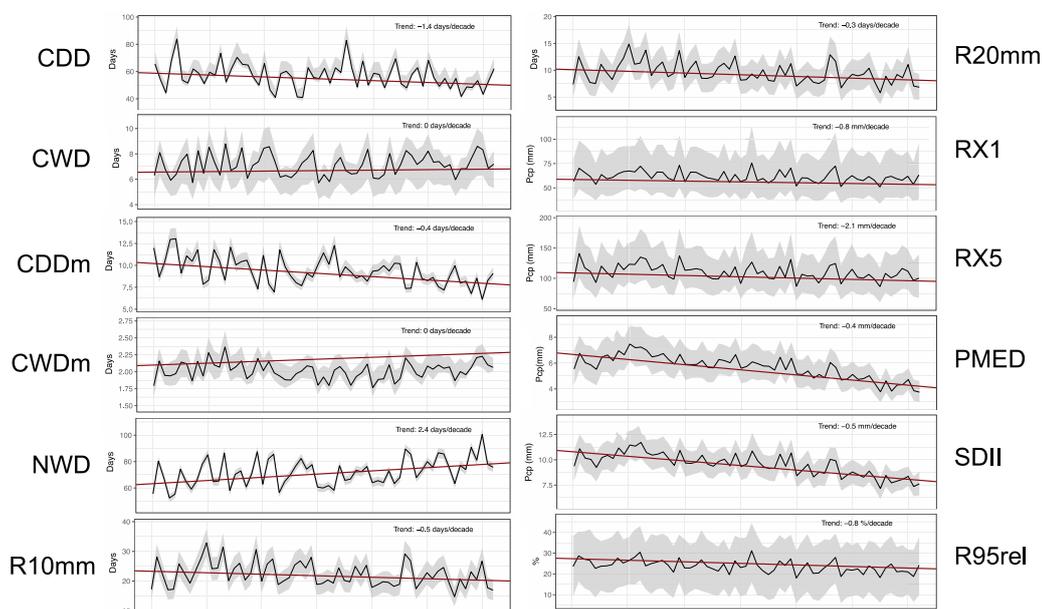


Figura 2: Evolución temporal anual de los índices de precipitación diaria en España

A pesar de que la orografía se configura como un factor clave en la distribución espacial de los índices (Serrano-Notivoli et al., 2017a), no es así en la de las tendencias. En este caso, el relieve suele actuar como factor complementario a otros, como la distancia al mar, para explicar esta distribución espacial. Este hecho de complementariedad, que ya se ha comprobado en España en otros índices como el CI (Serrano-Notivoli et al., 2018a, Martín-Vide, 2004), puede explicar patrones espaciales en áreas costeras asociadas a situaciones atmosféricas específicas. Por otra parte, la configuración geográfica de la Península Ibérica y las Islas Canarias y Baleares produce grandes variaciones en la distribución espacial de cualquier evento extremo relacionado con la precipitación.

El presente trabajo permite observar estos patrones y relacionarlos con factores físicos ya que la resolución espacial lo permite. Los trabajos previos similares que caracterizaron las tendencias de este tipo de índices y otros, estaban basados en un conjunto limitado de estaciones, lo que a su vez limita la representatividad de los resultados en comparación a estudios en los que se usa una red muy densa de estaciones y/o una rejilla o *grid* de alta resolución. Por ejemplo, Merino et al. (2015) encontraron patrones similares en la longitud de las rachas húmedas y el número de días de lluvia, pero mostraron un incremento general de las rachas secas (a diferencia de nuestros resultados), lo cual puede atribuirse al uso de unas pocas estaciones o incluso al proceso de homogeneización aplicado. Gallego et al. (2006, 2011) también encontraron tendencias negativas en la intensidad de los eventos.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se ha realizado en el marco de los proyectos CGL2015-69985-R, CGL2014-52135-C3-1-R, CGL2017-83866-C3-3-R y FACCE-JPI-ERANET-0548 financiados por el Ministerio de Economía y Competitividad y Fondos FEDER. Los investigadores han sido financiados por el Programa de Grupos de Investigación del Gobierno de Aragón (grupos H38, 'Clima, Cambio Global y Sistemas Naturales' y E68, 'Geomorfología y Cambio Global').

REFERENCIAS

- Del Río, S., Herrero, L., Fraile, R., Penas, A. (2010). Spatial distribution of recent rainfall trends in Spain (1961–2006). *International Journal of Climatology*, 31(5): 656–667, doi: <https://doi.org/10.1002/joc.2111>.
- Gallego, M.C., García, J.A., Vaquero, J.M., Mateos, V.L. (2006). Changes in frequency and intensity of daily precipitation over the Iberian Peninsula. *Journal of Geophysical Research*, 111: D24105, doi: <https://doi.org/10.1029/2006JD007280>.
- Mann, H.B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, 13(3): 245–259, doi: <https://doi.org/10.2307/1907187>.
- Martin-Vide, J. (2004). Spatial distribution of a daily precipitation concentration index in peninsular Spain. *International Journal of Climatology* 24: 959–971, doi: <https://doi.org/10.1002/joc.1030>.
- Gallego, M.C., Trigo, R.M., Vaquero, J.M., Brunet, M., García, J.A., Sigró, J., Valente, M.A. (2011). Trends in frequency indices of daily precipitation over the Iberian Peninsula during the last century. *Journal of Geophysical Research*, 116: D02109, doi: <https://doi.org/10.1029/2010JD014255>.
- González-Hidalgo, J.C., Peña-Angulo, D., Brunetti, M., Cortesi, N. (2016). Recent trend in temperature evolution in Spanish mainland (1951-2010): from warming to hiatus. *International Journal of Climatology* 36: 2405-2416, doi: <http://doi.org/10.1002/joc.4519>.
- Herrera, S., Gutiérrez, J.M., Ancell, R., Pons, M.R., Frías, M.D., Fernández, J. (2012). Development and analysis of a 50-year high-resolution daily gridded precipitation dataset over Spain (Spain02). *International Journal of Climatology*, 32: 74–85, doi: <https://doi.org/10.1002/joc.2256>.
- Merino, A., Fernández-Vaquero, M., López, L., Fernández-González, S., Hermida, L., Sánchez, J., García-Ortega, E., Gascón, E. (2015). Large-scale patterns of daily precipitation extremes on the Iberian Peninsula, *International Journal of Climatology* 36: 3873–3891, doi: <https://doi.org/10.1002/joc.4601>.
- Quintana-Seguí, P., Turco, M., Herrera, S., Miguez-Macho, G. (2017). Validation of a new SAFRAN-based gridded precipitation product for Spain and comparison to Spain02 and ERA-Interim. *Hydrology and Earth System Science*, 21: 2187–2201, doi: <https://doi.org/10.5194/hess-21-2187-2017>.
- Sen, P.K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *J. Am. Stat. Assoc*, 63(324): 1379–1389, doi: <http://doi.org/10.2307/2285891>.

- Serrano-Notivoli, R., Martín-Vide, J., Saz, M.A., Longares, L.A., Beguería, S., Sarricolea, P., Meseguer-Ruiz, O., de Luis, M. (2018a). Spatio-temporal variability of daily precipitation concentration in Spain based on a high-resolution gridded data set. *International Journal of Climatology*, 38(S1): 518-530, doi: <https://doi.org/10.1002/joc.5387>.
- Serrano-Notivoli, R., Beguería, S., Saz, M.A., Longares, L.A., de Luis, M. (2017a). SPREAD: a high-resolution daily gridded precipitation dataset for Spain – an extreme events frequency and intensity overview. *Earth Syst. Sci. Data*, 9: 721-738, doi: <https://doi.org/10.5194/essd-9-721-2017>.
- Serrano-Notivoli, Beguería, S., Saz, de Luis, M. (2018b). Recent trends reveal decreasing intensity of daily precipitation in Spain. *International Journal of Climatology*, doi: <https://doi.org/10.1002/joc.5562>.
- Serrano-Notivoli, R., Beguería, S., Saz, M.A., Longares, L.A., de Luis, M. (2017b). SPREAD: Una nueva base de datos de alta resolución para el estudio de la precipitación diaria en España. En *Actas de las XXIII Jornades de Meteorologia Eduard Fontserè*.
- Serrano-Notivoli, R. (2017c). Reconstrucción climática instrumental de la precipitación diaria en España: Ensayo metodológico y aplicaciones. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza.
- Vicente-Serrano, S.M., Rodríguez-Camino, E., Domínguez-Castro, F., El-Kenawy, A., Azorín-Molina, C. (2017). An updated review on recent trends in observational surface atmospheric variables and their extremes over Spain. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 43(1): 209-232, doi: <http://doi.org/10.18172/cig.3134>.
- Vicente-Serrano, S.M., Azorín-Molina, C., Sánchez-Lorenzo, A., Morán-Tejeda, E., Lorenzo-Lacruz, J., Revuelto, J., López-Moreno, J.I., Espejo, F. (2014). Temporal evolution of surface humidity in Spain: recent trends and possible physical mechanisms. *Climate Dynamics*, 42: 2655–2674, doi: <https://doi.org/10.1007/s00382-013-1885-7>.