

# NÚMERO DE EPISODIOS DE PRECIPITACIÓN SUPERIOR A UMBRALES PREFIJADOS

Antonio Mestre Barceló  
César Rodríguez Ballesteros  
Área de Climatología y Aplicaciones Operativas (AEMET)

*RESUMEN: El disponer de un análisis de la frecuencia de ocurrencia de precipitaciones acumuladas superiores a un cierto umbral durante un determinado intervalo de tiempo constituye una información de base muy útil para el análisis de riesgos hidrológicos y, en general, en todas las tareas relacionadas con la planificación a largo plazo y la ordenación del territorio.*

*En esta colaboración se lleva a cabo un análisis en el que se trabaja con el número anual de eventos de precipitación que, acumulada sobre un determinado número de días consecutivos, supera un umbral prefijado. Así mismo se ha llevado a cabo un análisis preliminar acerca de la existencia o no de tendencias temporales en las series de número anual de eventos, sobre una selección de aquellas estaciones incluidas en la muestra de trabajo que tengan mayor longitud.*

## 1. INTRODUCCIÓN: ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DEL TRABAJO

El disponer de un análisis de la frecuencia de ocurrencia de precipitaciones acumuladas superiores a un cierto umbral durante un determinado intervalo de tiempo constituye una información de base muy útil para el análisis de riesgos hidrológicos y, en general, en todas las tareas relacionadas con la planificación a largo plazo y la ordenación del territorio.

En una colaboración anterior sobre este tema, que fue publicada en el *Calendario meteorológico 2015* (MESTRE y RODRÍGUEZ, 2014), se calcularon los periodos de retorno de las precipitaciones acumuladas sobre intervalos de tiempo variables desde 1 a 5 días consecutivos, utilizando para ello los datos más actualizados disponibles en el Banco Nacional de Datos Climáticos (BNDC) de AEMET de un conjunto seleccionado de estaciones principales. En este caso se trabajó con los habituales criterios utilizados en anteriores trabajos de este tipo realizados en AEMET (INM, 1998; INM, 2003; e INM, 2007), llevándose a cabo el cálculo de los periodos de retorno mediante el uso de la aplicación actualmente operativa en el BNDC de AEMET (LÓPEZ, 2010). En este trabajo se cubrió un ámbito temporal más amplio que en estudios previos, ajustando a una ley de extremos la población de valores máximos anuales de precipitación diaria y acumulada en varios días consecutivos de la serie histórica de cada estación. Se llevó a cabo así mismo un análisis de la distribución geográfica de los cocientes entre las precipitaciones para un determinado periodo de retorno para diversos periodos de acumulación superiores al día y el valor del correspondiente periodo de retorno para 24 horas. El análisis de extremos descrito está basado en la hipótesis de que la población de precipitaciones diarias máximas anuales de la que se parte es homogénea, por lo que para contrastar esta hipótesis se llevó a cabo posteriormente un análisis de tendencias de las series temporales de precipitaciones diarias máximas anuales, en el que no se manifestaron en general tendencias estadísticamente significativas a largo plazo en dichas series (MESTRE y RODRÍGUEZ, 2015).

En esta colaboración se lleva a cabo un análisis complementario al anteriormente citado utilizando la misma muestra de estaciones, en el que se trabaja no con el valor máximo anual de precipitación sobre un cierto intervalo sino con una variable más robusta, el número anual de eventos de precipitación que, acumulada sobre un determinado número de días consecutivos, supera un umbral prefijado, siguiendo el método de trabajo que se presenta en el siguiente epígrafe. Así mismo se ha realizado un análisis preliminar acerca de la existencia o no de tendencias temporales en las series de número anual de eventos, sobre una selección de aquellas estaciones incluidas en la muestra de trabajo que tengan mayor longitud.

## 2. METODOLOGÍA

En este trabajo se han utilizado los datos locales de precipitación diaria, referidos al día pluviométrico (de 07 horas UTC a 07 horas UTC), de un conjunto de estaciones principales extraídas del BNDC. Estas estaciones, en total 54, se relacionan en la siguiente tabla. Se han seleccionado aquellas estaciones principales que disponen de series suficientemente largas. En el caso de que hubiera lagunas en los datos diarios el año correspondiente ha sido excluido del cálculo.

Se han definido tres eventos representativos de los distintos periodos de acumulación de la precipitación. El primero se cumple cuando la precipitación diaria supera un determinado umbral. Se han seleccionado para este umbral los valores de 10, 20 y 50 mm. El segundo evento se cumple cuando la precipitación acumulada en 3 días consecutivos supera los umbrales antes citados; para ello se generó una ventana de 3 días, que se fue moviendo a lo largo de todo el periodo de dato disponible, contabilizándose el número de ventanas en las que se cumplía la condición establecida. El mismo

**RELACIÓN DE ESTACIONES UTILIZADAS EN ESTE ESTUDIO\***

A Coruña (A Coruña)	Jaén (Jaén)
Albacete "Base aérea" (Albacete)	Logroño "Aeropuerto" (La Rioja)
Alicante (Alicante)	Gran Canaria "Aeropuerto" (Las Palmas)
Almería "Aeropuerto" (Alicante)	León "Aeropuerto" (León)
Foronda-Txokiza (Araba/Alava)	Lleida (Lleida)
Oviedo (Asturias)	Lugo "Aeropuerto" (Lugo)
Ávila (Ávila)	Madrid-Retiro (Madrid)
Badajoz "Aeropuerto" (Badajoz)	Navacerrada (Madrid)
Barcelona "Aeropuerto" (Barcelona)	Málaga "Aeropuerto" (Málaga)
Bilbao "Aeropuerto" (Bizkaia)	Melilla (Ciudad Autónoma de Melilla)
Burgos "Aeropuerto" (Burgos)	Murcia "Aeropuerto" (Murcia)
Cáceres (Cáceres)	Pamplona "Aeropuerto" (Navarra)
Cádiz (Cádiz)	Ourense (Ourense)
Santander "Aeropuerto" (Cantabria)	Autilla del Pino (Palencia)
Almazora (Castellón)	Pontevedra (Pontevedra)
Ceuta-Monte Hacho (Ciudad Autónoma de Ceuta)	Salamanca "Aeropuerto" (Salamanca)
Ciudad Real (Ciudad Real)	Santa Cruz de Tenerife (Santa Cruz de Tenerife)
Córdoba "Aeropuerto" (Córdoba)	Segovia (Segovia)
Cuenca (Cuenca)	Sevilla "Aeropuerto" (Sevilla)
San Sebastián (Gipuzkoa)	Soria (Soria)
Girona "Aeropuerto" (Girona)	Tarragona "Aeropuerto" (Tarragona)
La Molina (Girona)	Teruel (Teruel)
Granada "Base aérea" (Granada)	Toledo (Toledo)
Guadalajara (Guadalajara)	Valencia (Valencia)
Huelva (Huelva)	Valladolid "Aeropuerto" (Valladolid)
Huesca "Aeropuerto" (Huesca)	Zamora (Zamora)
Palma de Mallorca (Illes Balears)	Zaragoza "Aeropuerto" (Zaragoza)

\* véase el Anexo, al final de este libro, para ampliar la información acerca de estas estaciones

procedimiento se aplicó a las series de datos para el tercer evento, fijando en este caso la condición de que la precipitación acumulada en 5 días consecutivos fuera superior a un umbral determinado (10 mm, 20 mm, 50 mm).

El análisis de posibles tendencias en las series temporales del número anual de eventos se ha llevado a cabo para los eventos definidos mediante regresión simple. Los resultados obtenidos, tanto del número medio de eventos de cada tipo, como de la pendiente de la recta de regresión expresada en número de eventos/año, en este caso solo para un subconjunto de los eventos considerados en este trabajo, se presentan en el siguiente epígrafe.

### 3. RESULTADOS

A efectos de visualizar los resultados obtenidos se han generado una serie de mapas (figuras 1, 2 y 3) en los que se presentan para cada una de las estaciones de la tabla anterior, respectivamente: los valores del número medio anual de días en los que la precipitación supera los umbrales de 10, 20 y 50 mm (figura 1), el número medio anual de secuencias de 3 días consecutivos en los que la precipitación acumulada supera los valores anteriormente citados (figura 2) y el número medio anual de secuencias de 5 días consecutivos en los que la precipitación acumulada supera los citados valores umbrales (figura 3).

En el mapa de la figura 1 se aprecia que el número de días de precipitación mayor de 10 mm alcanza los valores más elevados en Galicia y en las regiones cantábricas, así como en los observatorios de la muestra de trabajo ubicados en áreas de alta montaña, con valores máximos absolutos de 56 días en Pontevedra y 52 en San Sebastián. Los valores mínimos, iguales o inferiores a 10 días se presentan en los observatorios de Canarias, del sureste peninsular, del valle del Ebro y en algunos de Castilla y León y Castilla-La Mancha. Para el umbral de 20 mm, el número de días que cumplen esta condición alcanza valores por encima de 20 en Pontevedra y en San Sebastián, superándose el valor de 10 días en los observatorios de Galicia y de las regiones cantábricas, así como en los de montaña. Los valores mínimos, por debajo de 3, se aprecian en este caso en Canarias y en las dos mesetas, mientras en las regiones mediterráneas aumentan de sur a norte desde 2 en Almería hasta 10 en Girona. La distribución geográfica del número de días con precipitación mayor de 50 es ya bastante distinta a la de los anteriores umbrales, con valores máximos superiores a 2 en los dos observatorios de montaña, así como en Pontevedra y San Sebastián, con el máximo absoluto de 3 en La Molina. El

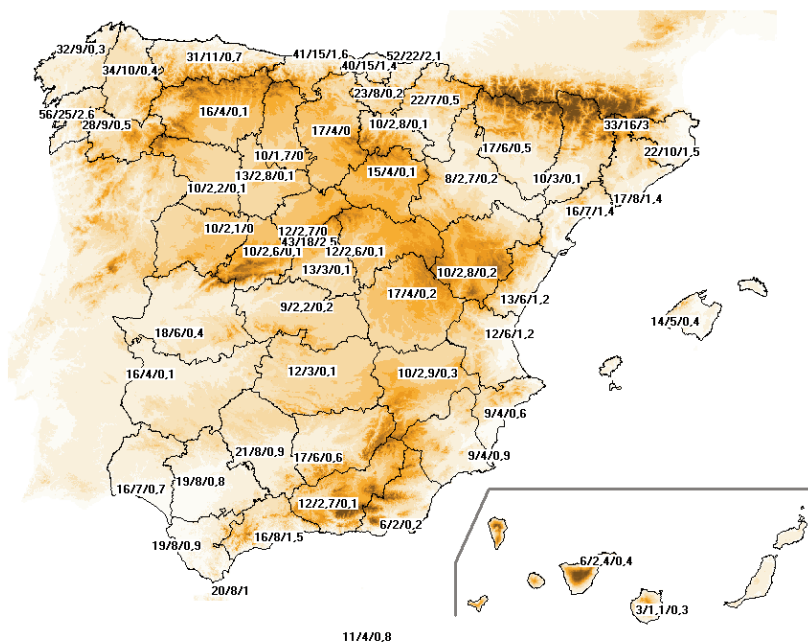


Figura 1. Número medio anual de días en los que la precipitación supera una serie de umbrales (10, 20 y 50 mm).

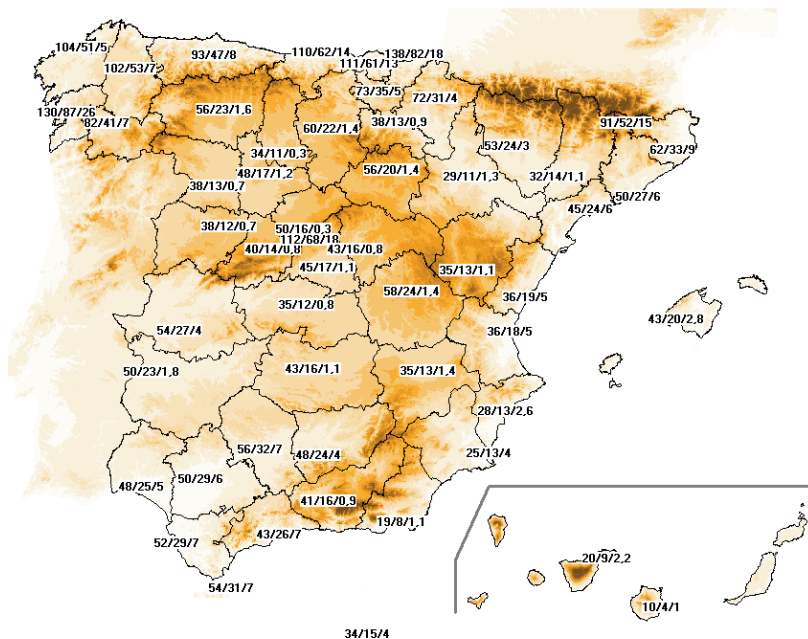


Figura 2. Número medio anual de secuencias de 3 días consecutivos en los que la precipitación acumulada supera una serie de umbrales (10, 20 y 50 mm).

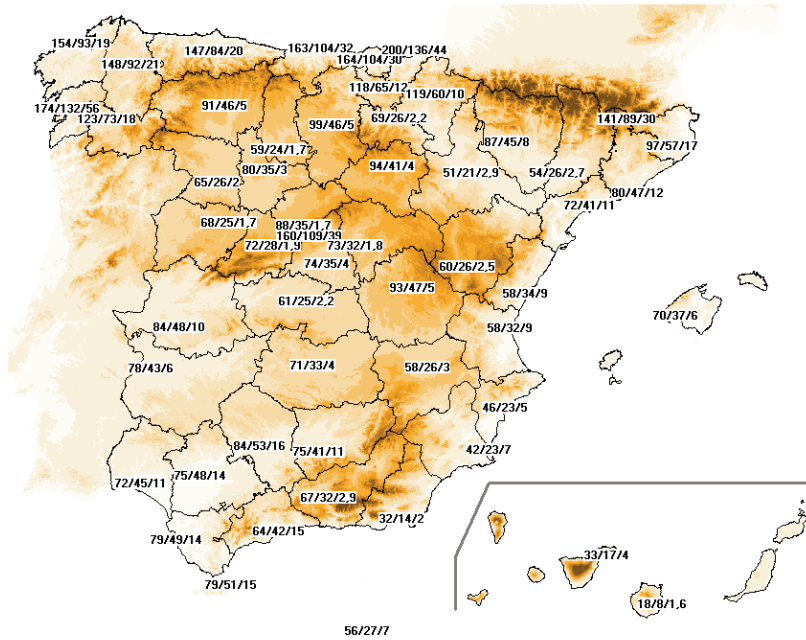


Figura 3. Número medio anual de secuencias de 5 días consecutivos en los que la precipitación acumulada supera una serie de umbrales (10, 20 y 50 mm).

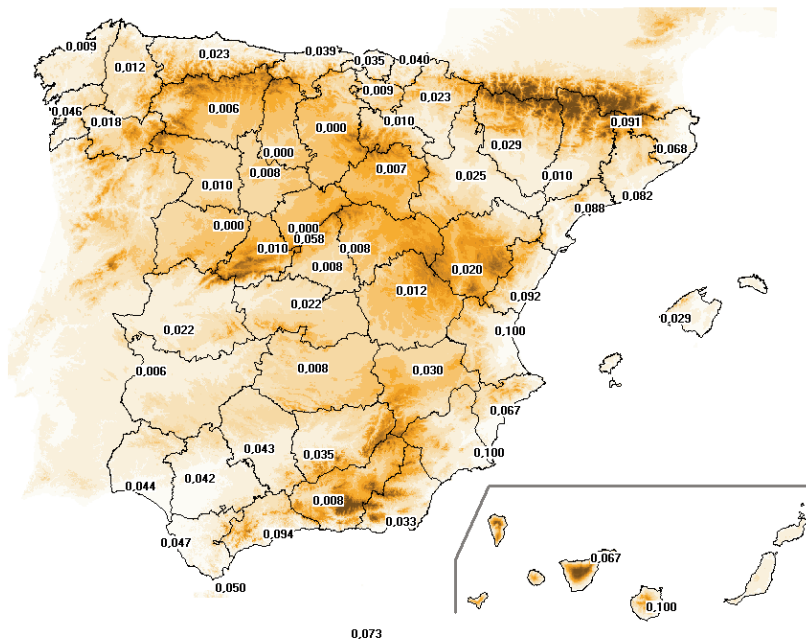


Figura 4. Cociente entre el número medio anual de días en que la precipitación supera los 50 mm y el número de días en que supera los 10 mm.

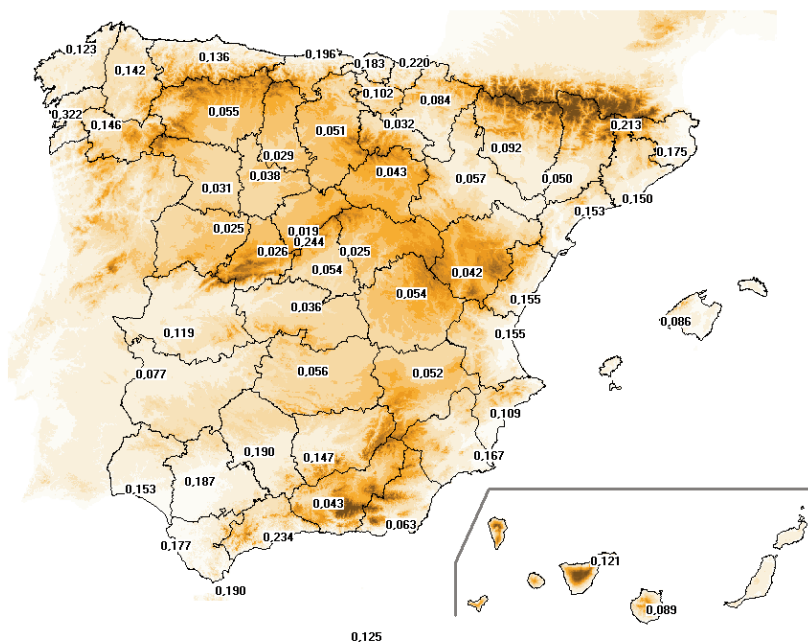


Figura 5. Cociente entre el número medio anual de secuencias de 5 días consecutivos en los que la precipitación acumulada supera 50 mm y el número medio anual de días en los que se supera dicho umbral.

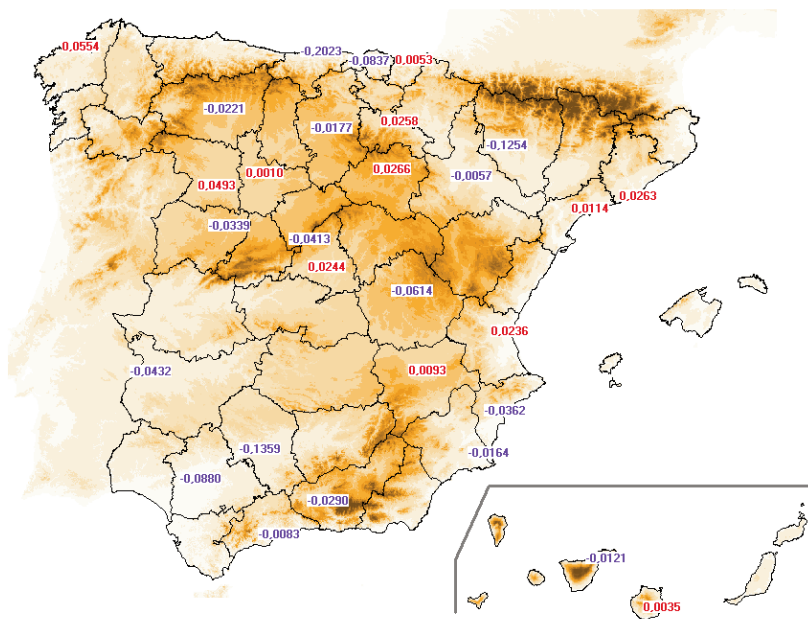


Figura 6. Pendiente de la línea de tendencia para la serie de 10 mm de precipitación en 1 día en las estaciones con al menos 50 años de datos.

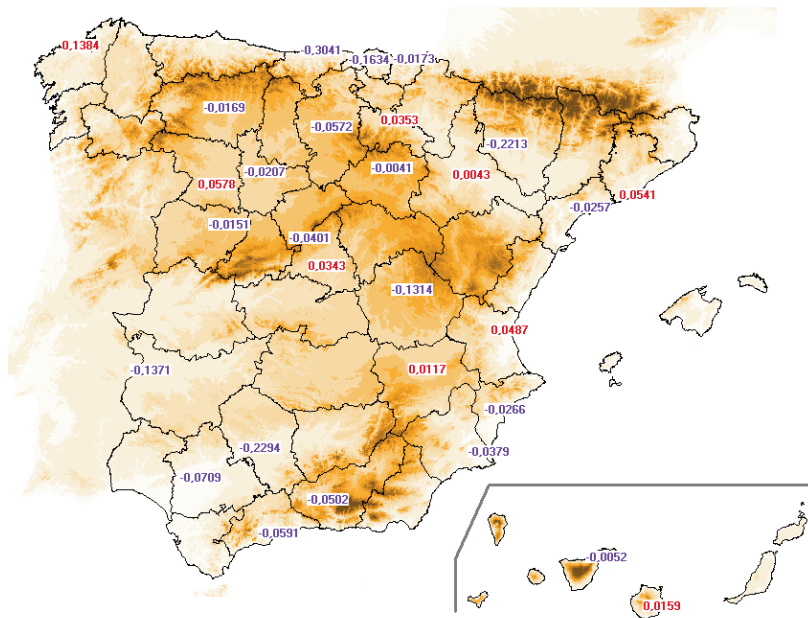


Figura 7. Pendiente de la línea de tendencia para la serie de 20 mm de precipitación en episodios de 3 días consecutivos de precipitación en las estaciones con al menos 50 años de datos.

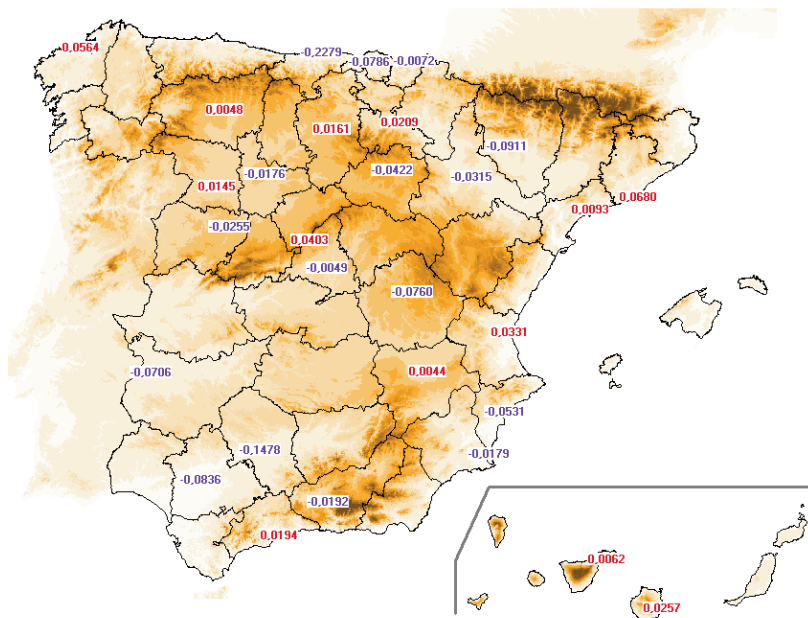


Figura 8. Pendiente de la línea de tendencia para la serie de 20 mm de precipitación en episodios de 5 días consecutivos de precipitación en las estaciones con al menos 50 años de datos.

número anual de casos es mayor de 1 en los observatorios de la franja norte mediterránea y en Málaga, aumentando desde 1,2 días en Valencia a 1,5 en Girona y Málaga. En todo el interior peninsular las precipitaciones diarias superiores a este umbral son muy poco frecuentes, con valores del número medio anual de días con precipitación superior a 50 mm por debajo en general de 0,2.

En relación con el número de secuencias de 3 días con precipitación mayor de una serie de umbrales (figura 2) los valores más elevados para todos los umbrales se observan de nuevo, con clara diferencia respecto al resto de las zonas, en Galicia, regiones cantábricas y en los observatorios de alta montaña. En el caso del umbral de 10 mm se aprecian valores superiores a 100 en todas estas zonas, destacando San Sebastián con una media de 138 secuencias (representando el 38 % del número anual de secuencias) y Pontevedra con 130 (36 % del número anual de secuencias). Tanto para el umbral de 20 mm como para el de 50 mm los valores más altos de secuencias anuales se registran en Pontevedra con 87 y 26 respectivamente, seguido de San Sebastián con 82 y 18.

En cuanto a los valores mínimos del número de secuencias, para el umbral de 10 mm se observan en los observatorios de Canarias y Almería, con menos de 20 secuencias, mientras que se registran valores entre 20 y 40 en las estaciones de las regiones de Murcia y Valencia, y parte de las de Aragón, Castilla y León y Castilla-La Mancha. Para el umbral de 20 mm la distribución es análoga al caso anterior, con los valores mínimos del número anual de secuencias, por debajo de 10, en Canarias y Almería, y con valores de entre 10 y 15 secuencias en los observatorios del sureste, valle del Ebro y parte de los de las dos Castillas. Para el umbral de 50 mm los valores del número medio de secuencias están por debajo de 2 en todo el interior peninsular, así como en los observatorios de Almería y Las Palmas, con algunos observatorios de las mesetas por debajo de 1. En cambio se aprecia una clara diferencia respecto al mapa de la figura 1, dado el número relativamente elevado de casos, en general superior a 5, que se registran en las regiones mediterráneas, llegando a 9 en el observatorio de Girona, número superior al que se registra en algunas estaciones de Galicia y de las regiones cantábricas.

En relación con la distribución geográfica del número medio anual de secuencias de 5 días con precipitación mayor de una serie de umbrales (figura 3), los resultados obtenidos no son muy distintos a los que se observaban para periodos de acumulación más cortos. Los mayores valores de este número se siguen observando en la franja norte y en los observatorios de alta montaña. Para los umbrales de 10 mm y 20 mm destaca San Sebastián con una media de 200 casos (55 % del número total anual de secuencias) y 136 casos (37 % del número total anual de secuencias) respectivamente, mientras que para el umbral de 50 mm el número máximo corresponde a Pontevedra con 56 casos (15 % del número total anual de secuencias).

Para el umbral de 10 mm los valores mínimos anuales, por debajo de 50, se registran en los observatorios canarios y en los del extremo sureste peninsular, con un número ligeramente superior a este valor pero próximo al mismo, en el valle medio del Ebro. Para el umbral de 20 mm los valores del número anual de secuencias inferiores a 30 se extienden por los observatorios del sureste peninsular y valle del Ebro, y por parte de los de Castilla y León y Castilla-La Mancha, así como en Teruel. Para el umbral de 50 mm el número anual de secuencias está por debajo de 5 en todo el interior peninsular, salvo Extremadura, así como en Canarias, Almería y Granada, con los valores mínimos inferiores a 2, en Las Palmas y en diversos observatorios de Castilla y León. En los observatorios del oeste de Andalucía y de la costa catalana se observa un número intermedio de casos, entre 10 y 15 en general.

Si se representa geográficamente el cociente entre el número de ocurrencias de precipitaciones diarias superiores a los umbrales extremos de 50 y 10 mm (figura 4), se aprecia una clara diferencia entre las distintas zonas, de forma que en los observatorios de las regiones mediterráneas y los canarios este parámetro alcanza los valores más elevados, de 0,08 y 0,1 en general. Ello expresa de forma cuantitativa el mayor peso relativo en estas zonas de los eventos de precipitaciones intensas en relación con la precipitación total anual. Los valores más bajos del parámetro (en algunos observatorios es 0, al no haber ningún caso de precipitación diaria mayor de 50 mm en la muestra de estudio) se manifiestan en las mesetas, apreciándose valores intermedios de 0,02 a 0,04 en Galicia, regiones cantábricas, centro y oeste de Andalucía y Aragón.

Los resultados que se obtienen del cociente entre el número de secuencias de 3 días en que se supera el umbral de 50 mm y en las que se superan los 10 mm (figura 5), son un tanto distintos al caso anterior con los valores máximos de este cociente en Galicia, regiones cantábricas, oeste de Andalucía y observatorios de alta montaña, ya un tanto superiores en promedio a los correspondientes a los observatorios de las regiones mediterráneas. Ello se debe a que en este caso tienen ya bastante peso las situaciones asociadas a los temporales de lluvia atlánticos. Como en el caso anterior los valores mínimos de este cociente se aprecian en las mesetas, en especial en los observatorios de Castilla y León.

Finalmente, a partir de las series de número anual de eventos de cada una de las categorías definidas, se ha llevado a cabo un análisis preliminar de tendencias temporales de estas variables. En este caso para poder comparar mejor los resultados solo se han utilizado aquellas estaciones que tienen más de 50 años de datos. En los mapas de las figuras 6, 7 y 8 se representan los valores de las pendientes de las rectas de regresión expresadas en variación del número de eventos/año para algunos de los eventos considerados, en concreto: número de días con  $p > 10$  mm, número de secuencias de 3 días con  $p > 20$  mm y número de secuencias de 5 días con  $p > 50$  mm. Según se puede apreciar los resultados obtenidos son bastante dispares, y en la mayor parte de los casos las

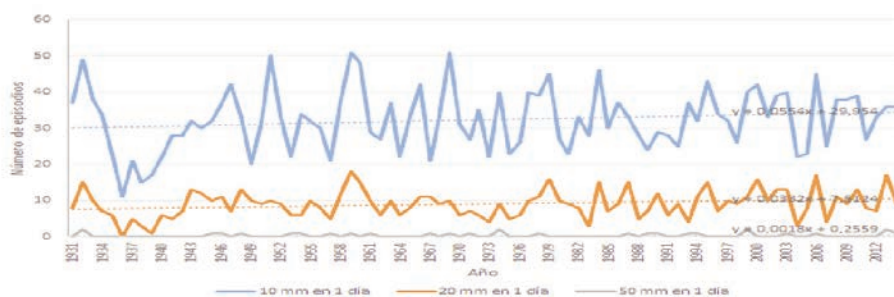


Figura 9. Serie temporal de número de días de precipitación superior a 10, 20 y 50 mm en el observatorio de A Coruña.

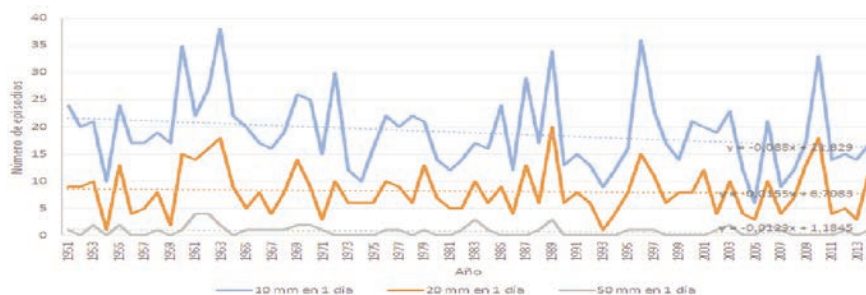


Figura 10. Serie temporal de número de días de precipitación superior a 10, 20 y 50 mm en el observatorio de Sevilla «Aeropuerto».

tendencias son muy débiles y poco significativas, con un ligero predominio de las pendientes negativas, especialmente en la precipitación diaria y con el umbral más bajo. El porcentaje de estaciones con tendencias positivas alcanza el valor más alto (45 %) para el caso de precipitación en 5 días mayor de 50 mm, mientras que es del 41 % para precipitación diaria mayor de 10 mm, y desciende hasta el 31 % para el evento de precipitación mayor de 20 mm en 3 días consecutivos.

En cuanto a la distribución espacial de las pendientes, se han obtenido valores de las pendientes positivas para todos los eventos en la estación de A Coruña (véase como ejemplo el gráfico de la figura 9 para precipitación diaria superior a un determinado umbral), así como en algunas estaciones de la mitad norte del litoral mediterráneo y en parte de las de las mesetas. En cambio en los observatorios del sur peninsular se aprecian tendencias negativas en casi todos los casos, que son más acusadas en el suroeste (véase el gráfico de la figura 10 para el caso de precipitación diaria en Sevilla).

## BIBLIOGRAFÍA

- INM, 1998. Las precipitaciones máximas en 24 horas y sus periodos de retorno en España: Un estudio por regiones. Publicaciones del Instituto Nacional de Meteorología, MIMAM.
- INM, 2003. Curvas de intensidad-duración-frecuencia de la precipitación en España (CD). Publicaciones del Instituto Nacional de Meteorología, MIMAM.
- INM, 2007. Estudio sobre precipitaciones máximas diarias y sus periodos de retorno (CD). Publicaciones del Instituto Nacional de Meteorología, MIMAM.
- LÓPEZ, J. A., 2010. «Técnicas estadísticas empleadas en el programa de ajuste de extremos y cálculo de periodos de retorno». Anexo del documento «Guía de usuario de la Aplicación de Periodos Retorno». Publicaciones de AEMET.
- MESTRE, A. y C. RODRÍGUEZ, 2014. Periodos de retorno para la precipitación acumulada en varios días. Calendario Meteorológico 2015. Serie Monografías AEMET, pp. 305-315.
- MESTRE, A. y C. RODRÍGUEZ, 2015. Análisis de la frecuencia de ocurrencia de eventos de precipitaciones intensas en España en distintos periodos de acumulación. Presentación oral en el IX Simposio de Meteorología y Geofísica de la Asociación Portuguesa de Meteorología y Geofísica, Tavira (Portugal).