

REPRODUCIMOS A CONTINUACIÓN UNO DE LOS ÚLTIMOS ARTÍCULOS DE ANTONIO MESTRE, PUBLICADO EN EL CALENDARIO METEOROLÓGICO DE 2016 DE LA AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA.

Número de episodios de precipitación superior a umbrales prefijados

ANTONIO MESTRE BARCELÓ, CÉSAR RODRÍGUEZ BALLESTEROS
ÁREA DE CLIMATOLOGÍA Y APLICACIONES OPERATIVAS (AEMET)

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 de 2015 (AEMET, 2014), se calcularon los períodos 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 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 llevados a cabo en AEMET (INM, 1998; INM 2003 e INM, 2007), llevándose a cabo el cálculo de los períodos de retorno mediante el uso de la aplicación actualmente operativa en el Banco Nacional de Datos Climatológicos de AEMET (López, J.A, 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 período de retorno para diversos períodos de acumulación superiores al día y el valor del correspondiente período 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 (A. Mestre y C. Rodríguez).

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 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.

Metodología

En este trabajo se han utilizado los datos locales de precipitación diaria, referidos a día pluviométrico (de 07 UTC a 07 UTC), de un conjunto de estaciones principales extraídas del BNDC. Estas estaciones, en total 54, se relacionan en la tabla 1. Se han seleccionado aquellas estaciones principales que disponen de series suficientemente largas, mayores de 40 años. En el caso de que hubiera lagunas en los datos diarios el año correspondiente ha sido excluido del cálculo.

Se han definido 3 eventos representativos de los distintos períodos 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 50mm. 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 tres días, que se fue moviendo a lo largo de todo el período de dato disponible, contabilizándose el número de ventanas en las que se cumplía la condición establecida. El mismo 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 (10mm, 20mm, 50mm).

El análisis de posibles tendencias en las series temporales de 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 sólo para un subconjunto de los eventos considerados en este trabajo, se presentan en el siguiente epígrafe.

TABLA 1. ESTACIONES MOSTRADAS EN LAS TABLAS DEL PRESENTE ARTÍCULO

Provincia	Indicativo	Nombre estación Completo	Nombre estación Abreviado	Altitud (m)	Longitud	Latitud (N)
		(utilizado en las tablas)				
A Coruña	1387	A Coruña	A Coruña	58	08-25-17W	43-21-57
Albacete	8175	Albacete/Los Llanos	Albacete	702	01-51-45W	38-57-06
Alicante	8025	Alicante	Alicante	81	00-29-39W	38-22-21
Almería	63250	Almería/Aeropuerto	Almería	21	02-21-25W	36-50-47
Araba/Álava	90910	Foronda-Txokiza	Foronda	513	02-44-06W	42-52-55
Asturias	12491	Oviedo	Oviedo	336	05-52-27W	43-21-12
Ávila	2444	Ávila	Ávila	1130	04-40-48W	40-39-33
Badajoz	4452	Badajoz/Talavera La Real	Badajoz	185	06-48-50W	38-53-00
Baleares	B228	Palma De Mallorca, Cmt	Palma de Mallorca	3	02-37-31E	39-33-12
Barcelona	0076	Barcelona/Aeropuerto	Barcelona	4	02-04-12E	41-17-34
Bizkaia	1082	Bilbao/Aeropuerto	Bilbao	42	02-54-21W	43-17-53
Burgos	2331	Burgos/Villafria	Burgos	891	03-37-17W	42-21-22
Cáceres	3469A	Cáceres	Cáceres	394	06-20-20W	39-28-17
Cádiz	5973	Cádiz, Obs.	Cádiz	2	06-15-28W	36-29-59
Cantabria	1109	Santander/Parayas	Santander	5	03-49-53W	43-25-45
Castellón	8500A	Castellón-Almazora	Castellón	43	00-04-19W	39-57-26
Ceuta	5000A	Ceuta (Monte Hacho)	Ceuta	200	05-17-32W	35-53-44
Ciudad Real	4121	Ciudad Real	Ciudad Real	628	03-55-13W	38-59-21
Córdoba	5402	Córdoba/Aeropuerto	Córdoba	90	04-50-46W	37-50-39
Cuenca	8096	Cuenca	Cuenca	948	02-07-55W	40-04-02
Gipuzkoa	1024E	San Sebastián, Igueldo	San Sebastián	251	02-02-28W	43-18-23
Girona	0367	Girona/Costa Brava	Girona	143	02-45-48E	41-54-42
Girona	9585	La Molina	La Molina	1703	01-56-22E	42-19-57
Granada	5514	Granada/Base Aérea	Granada	690	03-38-00W	37-08-10
Guadalajara	3168C	Guadalajara-El Serranillo	Guadalajara	639	03-10-24W	40-39-33
Huelva	4642E	Huelva, Ronda Este	Huelva	19	06-54-35W	37-16-48
Huesca	9898	Huesca/Pirineos	Huesca	541	00-19-35W	42-05-00
Jaén	5270B	Jaén	Jaén	580	03-48-32W	37-46-39
La Rioja	9170	Logroño/Agoncillo	Logroño	353	02-19-52W	42-27-08
Las Palmas	C649I	Gran Canaria/Aeropuerto	Gran Canaria	24	15-23-22W	27-55-21
León	2661	León/Virgen Del Camino	León	916	05-39-04W	42-35-18
Lleida	9771C	Lleida	Lleida	185	00-35-53E	41-37-34
Lugo	1505	Lugo/Rozas	Lugo	445	07-27-27W	43-06-41
Madrid	3195	Madrid, Retiro	Madrid	667	03-40-41W	40-24-43
Madrid	2462	Navacerrada	Navacerrada	1894	04-00-38W	40-47-35
Málaga	6155A	Málaga/Aeropuerto	Málaga	5	04-28-56W	36-39-58
Melilla	6000A	Melilla	Melilla	52	02-57-23W	35-16-35
Murcia	7031	Murcia/San Javier	Murcia	4	00-48-12W	37-47-20
Navarra	9263D	Pamplona/Noain	Pamplona	459	01-39-00W	42-46-37
Ourense	1690A	Ourense	Ourense	143	07-51-35W	42-19-31
Palencia	2400E	Palencia-Autila Pino	Palencia	874	04-36-10W	41-59-44
Pontevedra	1484C	Pontevedra	Pontevedra	108	08-36-57W	42-26-18
Salamanca	2867	Salamanca/Matacán	Salamanca	790	05-29-54W	40-57-34
Santa Cruz D C	449C	Sta. Cruz De Tenerife	Sta. Cruz de Tenerife	35	16-15-19W	28-27-48
Segovia	2465	Segovia	Segovia	1005	04-07-35W	40-56-43
Sevilla	5783	Sevilla/San Pablo	Sevilla	34	05-52-45W	37-25-00
Soria	2030	Soria	Soria	1082	02-28-59W	41-46-30
Tarragona	0016A	Reus/Aeropuerto	Reus	71	01-10-44E	41-08-59
Teruel	8368U	Teruel	Teruel	900	01-07-27W	40-21-02
Toledo	3260B	Toledo	Toledo	515	04-02-43W	39-53-05
Valencia	8416	Valencia	Valencia	11	00-21-59W	39-28-50
Valladolid	2539	Valladolid/Villanubla	Valladolid	846	04-51-20W	41-42-43
Zamora	2614	Zamora	Zamora	656	05-44-07W	41-30-56
Zaragoza	9434	Zaragoza/Aeropuerto	Zaragoza	263	01-00-15W	41-39-38

Número de episodios de precipitación superior a umbrales prefijados

Resultados

A efectos de visualizar los resultados obtenidos se ha generado una serie de mapas (figuras 1, 2 y 3) en los que se presentan para cada una de las estaciones del listado de la tabla 1, respectivamente: los valores del número medio anual de días en los que la precipitación supera los umbrales de 10, 20 y 50mm (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 10mm 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 20mm, 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



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

absoluto de 3 en La Molina. El número anual de casos es mayor de 1 en los observatorios de la franja norte mediterránea y en de 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 50mm 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 10mm 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 20mm como para el de 50mm 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 10mm se observan en los observatorios de Canarias y a 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 Aragón, Castilla y León y Castilla-La Mancha. Para el umbral de 20mm 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 50mm los valores del número medio de secuencias están por debajo de



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 50mm)

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 períodos 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 10mm y 20mm 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 50mm el número máximo corresponde a Pontevedra con 56 casos (15% del número total anual de secuencias).

Para el umbral de 10mm 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 20mm los valores de 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 50mm el número anual de secuencias está por debajo de 5 en todo el interior peninsular, salvo Extremadura, así como en Canarias, Almería y Grana-



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 50mm)

Número de episodios de precipitación superior a umbrales prefijados

da, con los valores mínimos, por debajo de 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 10mm (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 50mm en la muestra de estudio) se aprecian en las mesetas, apreciándose valores intermedios de 0,02 a 0,04 en Galicia, regiones cantábricas, centro y oeste de Andalucía y Aragón.



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

Los resultados que se obtienen del cociente entre el número de secuencias de tres días en que se supera el umbral de 50mm y en las que se superan los 10mm (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.



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.

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 sólo 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 $p > 10\text{mm}$, número de secuencias de 3 días con $p > 20\text{mm}$ y número de secuencias de 5 días con $P > 50\text{mm}$. Según se puede apreciar los resultados obtenidos son bastante dispares, y en la mayor parte de los casos las 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 50mm, mientras que es del 41% para precipitación diaria mayor de 10mm, y desciende hasta el 31% para el evento de precipitación mayor de 20mm 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 (ver 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 (ver gráfico de la figura 10 para el caso de precipitación diaria en Sevilla).

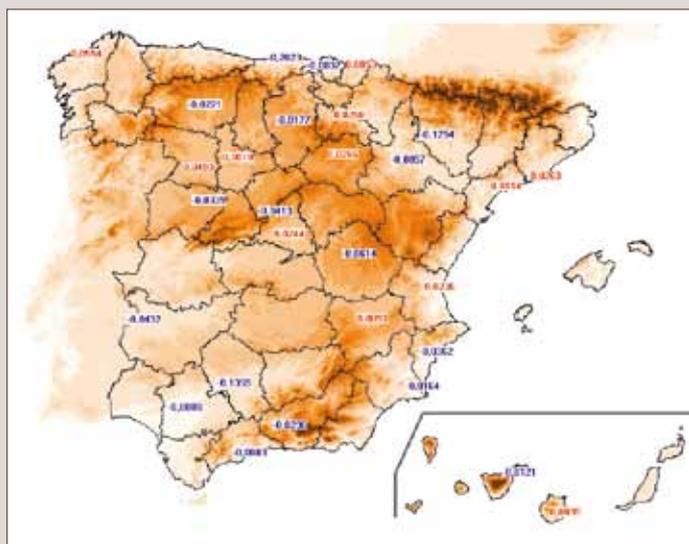


Figura 6: Tendencia multidecadal (días/año) del número días al año con precipitación > 10 mm. (Se omiten estaciones con menos de 50 años de datos)



Figura 7: Tendencia multidecadal del número de secuencias al año de 3 días con precipitación acumulada > 20 mm/día. (Se omiten estaciones con menos de 50 años de datos)



Figura 8: Tendencia multidecadal del número de secuencias al año de 5 días consecutivos de precipitación acumulada > 50 mm. (Se omiten estaciones con menos de 50 años de datos)

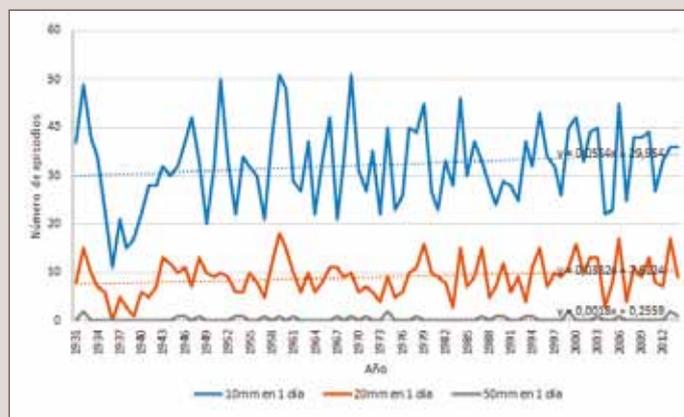


Figura 9: Series temporales de número de días de precipitación superior a 10, 20 y 50mm en el observatorio de A Coruña.

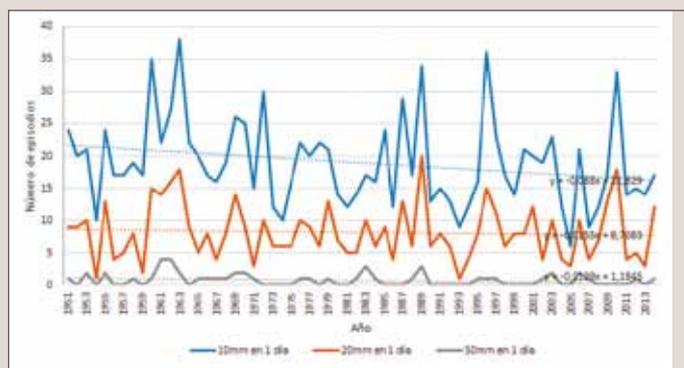


Figura 10: Series temporales de número de días de precipitación superior a 10, 20 y 50mm en el observatorio de Sevilla-San Pablo.

Bibliografía

- Instituto Nacional de Meteorología. MIMAM (1998). Las precipitaciones máximas en 24 horas y sus períodos de retorno en España: Un estudio por regiones” 1998.
- Instituto Nacional de Meteorología. MIMAM (2007). Estudio sobre precipitaciones máximas diarias y sus períodos de retorno. CD.
- Instituto Nacional de Meteorología. MIMAM (2003). Curvas de Intensidad-Duración. Edita Secretaría General Técnica, Centro de Publicaciones del Ministerio de Medio Ambiente. CD.
- J. Antonio López. “Técnicas estadísticas empleadas en el programa de ajuste de extremos y cálculo de períodos de retorno”. Anexo del documento “Guía de usuario de la Aplicación de Periodos Retorno”, AEMET, 2010.
- AEMET (2014). A. Mestre y Cesar Rodríguez. Períodos de retorno para la precipitación acumulada en varios días. Calendario Meteorológico 2015. Series Monografías pp. 305-315.
- A. Mestre y Cesar Rodríguez. Análisis de la frecuencia de ocurrencia de eventos de precipitaciones intensas en España en distintos períodos de acumulación. Presentación oral en el 9º Simposio de Meteorología y Geofísica de la Asociación Portuguesa de Meteorología y Geofísica, Tavira (Portugal).