







VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DE LAS PRECIPITACIONES EXTRAORDINARIAS EN ESPAÑA (1916-2022)

DHAIS PEÑA-ANGULO¹⁻³⁻⁴ , SANTIAGO BEGUERÍA^{2,3} ,
VÍCTOR TRULLENQUE-BLANCO^{2,3} ,
JOSÉ CARLOS GONZÁLEZ-HIDALGO^{1,3,4*} 

¹ *Departamento de Geografía, Universidad de Zaragoza, España.*

² *Estación Experimental de Aula Dei (EEAD-CSIC), Zaragoza, España*

³ *Laboratorio de Climatología y Servicios Climáticos (CSIC-UNIZAR), España.*

⁴ *Instituto Universitario Ciencias Ambientales (IUCA) Universidad Zaragoza, España.*

RESUMEN. La combinación de los fondos documentales de AEMET y los Libros Resúmenes de Observaciones Anuales nos ha permitido elaborar un catálogo de lluvias extraordinarias en el territorio peninsular español durante el periodo 1916-2022. Este catálogo incluye 19.184 observaciones diarias de máximas mensuales de precipitación que superaron 100 mm, procedentes de 4.325 observatorios y producidas en 4.814 días distintos. Con cantidades superiores a 200 mm /día se han contabilizado 1.130 registros, agrupados en 530 días procedentes de 664 observatorios. La distribución espacial de estas precipitaciones pone de manifiesto que estos eventos se pueden producir en cualquier punto del territorio, si bien se detecta una concentración tanto de registros como de fechas en las costas, especialmente en las del mar Mediterráneo en el caso de cantidades superiores a 200 mm. En general, las precipitaciones extraordinarias se producen con mayor frecuencia en otoño. En el extremo opuesto, los meses de verano son los que menos registros acumulan, así como un menor número de eventos diarios. Estos sucesos están muy ligados a situaciones sinópticas determinadas, y su estudio por Divisiones Hidrológicas permite diferenciar aquellas afectadas por advecciones atlánticas del oeste (Cantábrico, Duero, Guadiana, Guadalquivir, parcialmente Andalucía Oriental) de las advecciones mediterráneas del este (Pirineos orientales, Júcar, Segura, parcialmente Andalucía oriental), mientras la División del Ebro por su extensión y posición recibe influencias diversas. La disposición del relieve parece ser uno de los factores que determinan la extensión en el espacio de los episodios de lluvias extraordinarias. La frecuencia de estos sucesos extraordinarios no muestra señales de variación en el tiempo.

Spatial and Temporal Variability of Extraordinary Precipitations in Spain (1916-2022)

ABSTRACT. The use of AEMET's documentary archives and the Annual Summary Books has allowed us to create a catalog of extraordinary rainfall events in mainland Spain from 1916 to 2022. During this period, at least 19,184 daily observations of monthly maximum rainfall exceeding 100 mm were recorded, from 4,325 observatories, spread across 4,814 days. Records with more than 200 mm/day amounted to 1,130, spread over 530 days and 664 observatories. The spatial distribution shows that these events can occur anywhere, but there is a clear concentration of both records and dates along the coasts, particularly on the Mediterranean coast for rainfall over 200 mm. In general, extraordinary rainfalls are more frequent in autumn, while summer months have the fewest records and daily events. These events are strongly linked to specific weather patterns. Analyzing them by Hydrological Divisions allows us to differentiate areas influenced by Atlantic advections from those affected by Mediterranean advections. The Ebro Division, due to its size and location, experiences various influences. The region's topography seems to play a role in determining the spatial extent of extraordinary rainfall events. Overall, the frequency of these events shows no clear trend over time.

Palabras Clave. Precipitación, extremos diarios, España, tipos de tiempo.

Keywords: Precipitation, extreme events, Spain weather Type.

***Correspondencia:** José Carlos González-Hidalgo, Departamento de Geografía, Universidad de Zaragoza, España. E-mail: jcgh@unizar.es

1. Introducción

La cuenca mediterránea es un área conocida por la recurrencia de precipitaciones intensas, como demuestra la ya clásica revisión de Poesen y Hooke (1997) en la que se compilaron registros de precipitaciones observadas en 24 horas durante el siglo 20, con máximos absolutos que superan 900 mm/día y que en España se completa con las compilaciones publicadas entre otros por Pérez-Cueva (1983), Llasat (1987), Olcina (1994a, p. 82; Olcina 1994b, p. 45, 46, 55, 92), Martín-Vide (1994), López Bermúdez y Romero (1993), Martín-Vide *et al.* (2021), Sánchez-Almodóvar *et al.* (2022) y Beneto y Khodayar (2023), en los que abundan las precipitaciones varias veces centenarias.

Estos eventos son fuente de pérdidas de vidas y bienes. Solamente en el periodo 2006-2020 las pérdidas medias ocasionadas en los diez municipios más afectados fueron de 2.522.306 euros (Consortio Compensación de Seguros, 2021 y 2023). Entre 1981 y 2022, en torno al 70% de las indemnizaciones por desastres naturales se debieron a inundaciones provocadas por riadas a consecuencia de lluvias extraordinarias, y el coste de los daños causados por estos fenómenos en las últimas tres décadas se estima en 7.000 millones de euros. Por estas razones, el interés de estudiar las precipitaciones extraordinarias es muy elevado, especialmente ante su eventual aumento como consecuencia del calentamiento global, como se señala con frecuencia.

No obstante, la señal de la tendencia de las precipitaciones extraordinarias no es clara, al menos en el ámbito Mediterráneo. Siguiendo la revisión que hemos publicado recientemente (González-Hidalgo *et al.*, 2025), el aumento generalizado de los extremos sugerido por Alpert *et al.* (2002) no ha sido confirmado posteriormente ni en el conjunto de la cuenca (Narrant y Douguedroit, 2006; Karagiannidis *et al.*, 2012; Marani y Parisi, 2014), ni en diversos sectores del Norte de Africa y Oriente Próximo (Zhang *et al.*, 2005; Zittis, 2018), sector centro oriental (Kostopoulou Jones, 2005; Mathbout *et al.*, 2017), costa norte (Toreti *et al.*, 2010, 2016), Maghreb (Tramblay *et al.*, 2013 a; Salhi *et al.*, 2022), o norte de Africa desde Marruecos a Egipto (Donat *et al.*, 2014), si bien Benabdelouahab *et al.* (2020) identifican tendencias positivas en el sector occidental de la Cuenca, y algunos autores han sugerido el aumento de determinados eventos extraordinarios en sectores costeros del occidente de la misma (Ribes *et al.*, 2019; Miró *et al.*, 2022, Nouaceur *et al.*, 2022, véase discusión final).

En el análisis de las precipitaciones extraordinarias de la España peninsular destacan dos textos clásicos, el de Elías-Castillo y Ruíz-Beltrán (1979) sobre precipitaciones máximas, y el de Font-Tullot (1983) sobre el clima de España y Portugal, ambos elaborados con datos de las décadas entre 1940-1980. Los dos textos muestran que los eventos extraordinarios se concentran con preferencia a lo largo del margen costero peninsular. Desde entonces, y que sepamos, solamente Queralt *et al.* (2009) y Merino *et al.* (2016) han vuelto a analizar las precipitaciones extraordinarias en el conjunto del territorio peninsular español si bien con un número más reducido de observaciones, mientras los estudios con información detallada se concentran en la margen mediterránea peninsular (González-Hidalgo *et al.*, 2025).

Las razones apuntadas nos indican dos hechos. En primer lugar, que carecemos de un análisis de los eventos extraordinarios de precipitaciones diarias con la suficiente densidad de observaciones y con datos actualizados; y, en segundo lugar, que desconocemos el contexto secular de las precipitaciones extraordinarias actuales, hecho de máximo interés ante la reiterada insistencia en que la frecuencia de estos fenómenos debe incrementarse a consecuencia del aumento de las temperaturas.

En lógica consecuencia, el objetivo del presente trabajo es analizar, con la mayor densidad de información disponible, las lluvias extraordinarias en la España peninsular durante el periodo 1916-2022, incluyendo su variabilidad espacial y temporal, e identificar las condiciones sinópticas en las que tienden a producirse dichos eventos. Este texto es la continuación del que describe el catálogo de precipitaciones extraordinarias en el territorio peninsular español del periodo 1866-2022 (González-Hidalgo *et al.*, 2025), cuya base de datos está disponible en González-Hidalgo *et al.* (2024).

2. Datos y métodos

2.1. Fuentes documentales

Las fuentes documentales que hemos analizado combinan, por un lado, los fondos del Banco Nacional de Datos Climáticos (BNDC) de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), y por otro las series de máximos diarios mensuales publicadas en los Libros Resúmenes Anuales de Observaciones (LRA). La información suministrada por los LRA se refiere al periodo 1866-1950, e incluye la cantidad y la fecha del máximo evento mensual de las estaciones, no especificándose si ha habido lagunas de observación en el mes, o si en otros días del mismo se han producido precipitaciones cuantiosas de menor magnitud que la del máximo, excepto si la precipitación coincide en cantidad en dos o más días en el mes, en cuyo caso se incluye esta información. Numerosos análisis emplean el acrónimo Rx1day para referirse al dato que analizaremos, como se recoge en el *Expert Team on Climate Change Detection and Indices* (de Lima *et al.*, 2015).

Por razones de densidad de observaciones, y dado el escaso número de observatorios con información en fechas anteriores a 1916, el presente estudio cubre el periodo 1916-2022. La relevancia del rescate de los datos procedentes de los LRA es grande, pues entre 1916-1950 suponen un 40% del total de los datos finales una vez combinados con los procedentes del BNDC. A partir de 1951, la única fuente de información es el BNDC.

2.2. Umbrales de identificación, máximos extremos y extraordinarios

Un evento extremo por definición es un suceso raro, pero precisar exactamente el umbral que define un evento extremo no es tarea fácil. Estos se suelen elegir por estimaciones de sucesos previos, por periodos de retorno, desviaciones de la media, o por distancias intercuartílicas (véase Insua-Costa *et al.*, 2021). Por ejemplo, en la vertiente mediterránea española Pino *et al.* (2016) emplearon las condiciones sinópticas, mientras Sillero *et al.* (2022), Beneto y Khodayar (2023), Lázaro *et al.* (2001), Lemús-Canovas *et al.* (2021) y Claro *et al.* (2023), entre otros, aplicaron diversas magnitudes directamente como umbrales de identificación de eventos extremos.

Por la longitud del periodo analizado, la densidad de información, y el deseo de buscar las situaciones extraordinarias, hemos optado por analizar las precipitaciones máximas mensuales diarias con dos umbrales: el primero de 100 mm/día o más, que denominaremos por conveniencia precipitaciones extremas; y el segundo de 200 mm/día o más, que llamaremos extraordinarias. Las razones de esta elección se basan simplemente en ser cantidades muy elevadas, en teoría muy poco probables en latitudes medias, evidentemente distintas en su probabilidad y con seguridad origen de situaciones potencialmente peligrosas. A ello se suma que han sido umbrales seleccionados en numerosos estudios previos (Tabla 1), lo que permitirá su comparación y haber sido los umbrales seleccionados para elaborar el catálogo de lluvias extraordinarias de España (González-Hidalgo *et al.* 2024 y 2025).

Tabla 1. Estudios de precipitaciones extraordinarias en España. En González-Hidalgo *et al.* (2025), con modificaciones.

Autor	Área analizada	Periodo	Eventos analizados	Umbral mm/día
Peñarrocha <i>et al.</i> (2002)	Valencia	1971-1995	57	>250
	Valencia	1971-1995	19	>350
Martín-Vide <i>et al.</i> (2008)	Cataluña	1950-2006	304	>100
Llop-Garau y Alomar-Garau (2012a)	Cataluña	1950-2005	304	>100
	Mallorca	1950-2005	387	
Llop-Garau y Alomar-Garau (2012b)	Mallorca	1931-2001	49	>200
Gilabert y Llasat (2018)	Cataluña	1900-2010	261	>100
Meseguer <i>et al.</i> (2018)	Júcar y Segura	1950-2016	239	>200
López-Bustins <i>et al.</i> (2020)	Cataluña	1956-2016	50	>200
Martín-Vide <i>et al.</i> (2021)	Murcia y Alicante	1941-2017	68	>200
Sánchez-Almodóvar <i>et al.</i> (2022)	Alicante	1981-2020	129	>100
González-Hidalgo <i>et al.</i> (2025)	España Peninsular	1916-2022	4814	>100

Para poder combinar las dos fuentes documentales hay que tener presente que los datos analizados siempre son el máximo diario de precipitación mensual del periodo 1916-2022 de cada estación, pues esta es la información que suministran los LRA, con independencia que desde 1951 en adelante el segundo máximo, o el enésimo máximo mensual, pudiese superar también los umbrales elegidos y el dato estuviera disponible en el BNDC. Como es obvio este procedimiento puede dar lugar a que registros de más de 100 mm e incluso 200 mm que ocasionalmente no fuesen el máximo mensual no aparezcan en el estudio; no obstante, cabe pensar que por su magnitud y su baja probabilidad (implicaría que en el mismo observatorio se registrase precipitación superior a 100 mm o 200 mm en más de un día en el mismo mes) su frecuencia debe ser muy escasa. Por ello, consideramos que dicho catálogo constituye una buena aproximación a la ocurrencia de eventos de precipitación extraordinaria.

La identificación de los eventos diarios con precipitaciones superiores a 100 y 200 mm se realizó del siguiente modo: en cada día del año desde 1916 a 2022 se identificó el máximo absoluto de la base de datos; si superaba uno de los dos umbrales la fecha se identificó como evento extremo o extraordinario; a continuación, se identificaron todos los observatorios que registraron su máximo diario mensual en dicho día, con independencia de la magnitud de la precipitación. Los observatorios que superaron 100 mm o 200 mm se anotaron como frecuencias de lluvias extremas o extraordinarias en ese evento. Por último, con la información recopilada se elaboró el mapa de cada evento diario; este mapa no es exactamente la precipitación de la fecha, dado que los observatorios que hayan registrado su máximo mensual en otra no aparecerán, pero ello no obsta para que el documento muestre la distribución de precipitaciones máximas mensuales en ese día, y sea también una aproximación razonable a la distribución espacial del evento analizado.

2.3. Análisis espacial

Los eventos fueron asignados por su máximo a las diferentes Divisiones Hidrológicas que son la base de las unidades territoriales de la red meteorológica, así como las unidades de planificación hidrológica de España. Su disposición y código se muestran en la Figura 1. El análisis de la distribución espacial de los eventos de precipitaciones extraordinarias por Divisiones Hidrológicas tiene una lógica a priori, puesto que la disposición del relieve aparece como uno de los factores que determinan la penetración de las masas de aire oceánicas causantes de las precipitaciones extraordinarias.



Nombre	Código
Norte	1
Duero	2
Tajos	3
Guadiana	4
Guadalquivir	5
Andalucía oriental	6
Segura	7
Júcar	8
Ebro	9
Pirineos orientales	0

Figura 1. Divisiones Hidrológicas de España.

En cada División se identificaron el número de registros observados, así como el número de eventos (fechas diferentes) en que se habían producido.

2.4. Las condiciones sinópticas de los eventos

Las condiciones atmosféricas en las que se produjeron las precipitaciones extraordinarias se analizaron por medio de la clasificación de tipos de tiempo de Jenkinson y Collison (1977), que automatiza la clasificación manual de Lamb, según el procesamiento de Trigo y DaCamara (2000). Dicha clasificación ha sido aplicada a valores diarios ligados a eventos extremos en la vertiente mediterránea peninsular con resultados óptimos por Llop-Garau y Alomar-Garau (2012), Gilabert y Llasat (2018), Cordobilla y Martín Vide (2018) y Sánchez-Almodóvar *et al.* (2022), y al conjunto peninsular por Meseguer-Ruiz *et al.* (2018). Básicamente esta clasificación permite identificar la dirección diaria de los vientos dominantes y las condiciones de estabilidad o inestabilidad en la atmósfera. Por otro lado, para aprovechar al máximo las posibilidades que la base de datos proporcionada hemos empleado como fuente documental la malla de presiones de superficie del reanálisis del siglo 20 cuya información abarca el periodo 1835-2015 (Slivinski *et al.*, 2019), recientemente validada para este fin (Fernández-Granja *et al.*, 2023). El nodo de clasificación escogido fue el más central de la malla en la Península Ibérica (40°N, 3°W) y el periodo analizado se restringe al del re-análisis: 1916-2015. Los valores de la clasificación se encuentran disponibles en Cortesi y Peña-Angulo (2024) quienes emplearon el ya citado reanálisis del siglo 20.

Por último, una vez clasificados los eventos diarios por su tipo de tiempo se analizaron sus frecuencias temporales y su distribución espacial y mensual en las diversas Divisiones Hidrológicas.

3. Resultados

3.1. Frecuencia de observaciones y eventos diarios

En el catálogo que hemos publicado recientemente (González-Hidalgo *et al.*, 2024 y 2025) se condensan los principales resultados descriptivos del análisis en las siguientes magnitudes: en el periodo analizado se han contabilizado 19.184 observaciones de precipitaciones máximas diarias mensuales con más de 100 mm, registradas en 4.325 observatorios y a lo largo de 4.814 días (Tabla 2). Por lo que se refiere a los sucesos de precipitaciones diarias máximas mensuales superiores 200 mm, se han identificado 1.130 registros, agrupados en 530 días procedentes de 664 observatorios.

Tabla 2. Precipitaciones superiores a 100 y 200 mm /día. Distribución mensual de los eventos de precipitación, su porcentaje, frecuencia de observaciones (Registros) y ratios de eventos y observaciones. Modificado a partir de González-Hidalgo *et al.* (2025).

	>100 mm			200 mm			Ratio Eventos	Ratio Registros
	Evento	Evento %	Registros	Evento	Evento %	Registros		
Enero	477	9,9%	1616	32	6,0%	51	7%	3%
Febrero	398	8,3%	1354	34	6,4%	51	9%	4%
Marzo	375	7,8%	1092	31	5,8%	43	8%	4%
Abril	273	5,7%	789	29	5,5%	41	11%	5%
Mayo	239	5,0%	615	18	3,4%	28	8%	5%
Junio	212	4,4%	523	13	2,5%	20	6%	4%
Julio	132	2,7%	294	14	2,6%	18	11%	6%
Agosto	242	5,0%	577	13	2,5%	18	5%	3%
Septiembre	522	10,8%	2427	62	11,7%	196	12%	8%
Octubre	659	13,7%	3820	138	26,0%	349	21%	9%
Noviembre	687	14,3%	3354	87	16,4%	231	13%	7%
Diciembre	598	12,4%	2723	59	11,1%	84	10%	3%
	4814		19184	530		1130		

La localización de estos eventos extraordinarios muestra un patrón espacial claro. En la Figura 2 se muestra la distribución de los eventos a partir de la frecuencia con que en los observatorios de la red se alcanzó el máximo mensual superando 100 o 200 mm/día. Como se puede observar, la localización de estos eventos muestra una preferencia litoral en la costa del Cantábrico y Mediterráneo, más algunos eventos en sectores del interior ligados a condiciones locales del relieve.

Los meses con mayor número de observaciones superiores a 100 mm son Octubre y Noviembre (más de 3.000), seguidos por Septiembre y Diciembre (más de 2.000). Por encima de 1.000 registros se encuentran Enero, Febrero y Marzo. En el extremo opuesto, Julio es el mes con menos registros (294). Las observaciones superiores a 200 mm son evidentemente menos frecuentes, siendo los meses con mayor frecuencia Octubre (349), Noviembre (231) y Septiembre (196), todos con más de 100 registros. Si bien ningún mes está libre de estos eventos, los valores menos frecuentes del periodo Mayo-Agosto arrojan cantidades de 20 eventos para todo el periodo analizado.

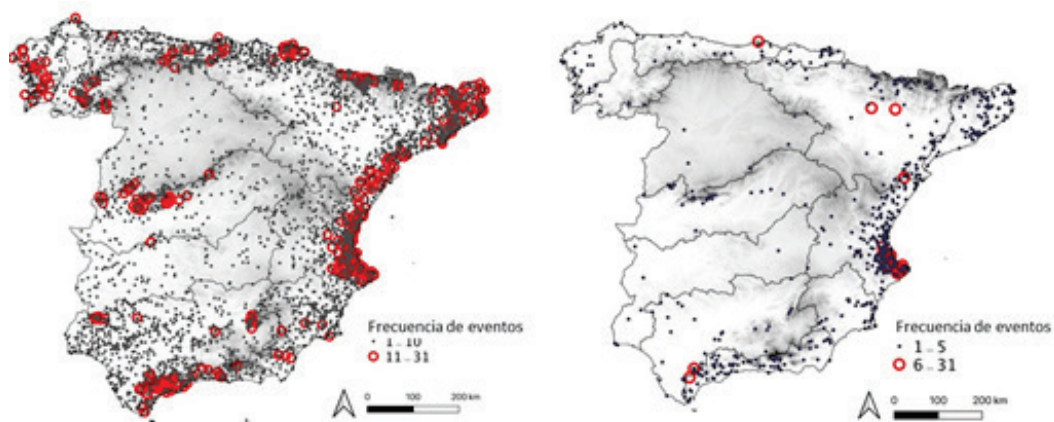


Figura 2. Distribución espacial de los eventos diarios máximos mensuales de precipitación superiores a 100 (izquierda) y 200 (derecha) mm/día. Frecuencia (número de días) en que el observatorio registró el máximo absoluto de la red.

Entre los meses de Septiembre y Diciembre al menos un observatorio superó el umbral de 100 mm en 500 ocasiones (con máximo en Noviembre, 687), mientras que los meses con menor número de eventos diarios son Julio (132) y Junio (212). Salvo Octubre (138), ningún mes pasa de 200 mm/día, y valores elevados también se encuentran en Noviembre (87), Septiembre (62) y Diciembre (59). Los resultados sugieren que, en el periodo 1916-2022, se han registrado precipitaciones diarias superiores a 100 mm en todos los meses del año, con una media de al menos 2 días en cada mes, no siendo extraño que en la misma fecha las precipitaciones superen 100 mm en varios observatorios simultáneamente. En Octubre, el 9% de las observaciones superiores a 100 mm registraron valores superiores a 200 mm, y en Septiembre y Noviembre el 8% y 7% respectivamente. Por el contrario, los valores más bajos se encuentran en los meses más fríos, con porcentajes entre 3% y 5%.

Las ratios de observaciones de registros de 100 y 200 mm/día muestran que no es extraño que en un mismo día varios observatorios pueden superar los umbrales establecidos, y que estos umbrales son más fáciles de superar en unos meses que en otros.

Los eventos más extremos en cuanto a la frecuencia de registros se produjeron los días 6/11/1982, 4/9/1989, 17/12/1997 y 23/10/2000. En cada uno de ellos más de 100 observatorios registraron precipitaciones superiores a 100 mm/día, lo que supone el 3% de la red operativa en esas fechas. Además, en el primer caso 12 observatorios registraron cantidades superiores a 200 mm/día, en el segundo 16, y en el cuarto 14. En observaciones superiores a 200 mm el caso más extremo es el evento de 4/11/1987, cuando 67 observatorios registraron más de 100 mm, y de ellos 24 más de 200 mm.

Merece la pena comentar los casos de algunas localidades en las que la frecuencia de estas precipitaciones ha sido más elevada. Hay cinco observatorios en los que hemos contabilizado más de 75 registros de 100 mm/día, y 24 en los que superan 40 veces. El máximo se localiza en el observatorio de Grazalema (código 5911) con 223 días, seguido de Artikutza con 95 (código 1024) y Pego Convento con 90 (código 8057A). En general estos registros se localizan en la vertiente mediterránea, con las excepciones de Guisando el Risquillo, Navalguijo y Serranillos, en Ávila, La Alberca, en Salamanca, y Artikutza, en el Pirineo Navarro, todos ellos, salvo este último, localidades ligadas al Sistema Central (Sierra de Gredos, Peña de Francia), en un núcleo conocido por su peculiar pluviometría asociada a factores topográficos en el interior central peninsular (Tabla 3). Finalmente, dos notas curiosas son las siguientes: el día del año con mayor número de observaciones superiores a 100 mm es el 5 de noviembre (262 registros), seguido del día 6 del mismo mes (248 registros); el día en que mayor número de veces se registraron más de 200 mm es el 19 de octubre (34 ocasiones), seguido del 11 de septiembre (31).

Tabla 3. Observatorios con mayor número de registros diarios máximos mensuales > 100 mm.

Nº	Id	Observatorio	Provincia	Nº	Id	Observatorio	Provincia
223	5911	Grazalema	Cádiz	45	1477	Dodro (a poza)	Coruña
95	1021	Artikutza	Navarra	45	6035	Benaojan (Cueva de la Pileta)	Málaga
90	8057A	Pego Convento	Alicante	45	8056	El Verger Racons	Alicante
82	3407	Guisando el Risquillo	Ávila	45	9984	Godall	Tarragona
74	3319	Serranillos	Ávila	44	3487	La Alberca	Salamanca
68	8054	Vall de Laguard Fontilles	Alicante	44	8296	Xativa (el Realengo)	Valencia
63	8039A	Tarbena CH Júcar	Alicante	43	2818e	Navalguijo	Ávila
59	8286	Beniatjar les Planises	Valencia	43	6039	Cortes de la Frontera (Bañuelos)	Málaga
53	8072	Barx	Valencia	42	6182	Alcaucin	Málaga
50	5911B	Grazalema (ama)	Cádiz	42	8063	Gorga	Alicante
50	8076	Benifairo de la Valldigna	Valencia	41	6006	Algeciras	Cádiz
49	8066	Almudaina	Alicante	41	8040	Bolulla	Alicante

3.2. Variaciones espaciales

Las variaciones espaciales de las precipitaciones superiores a 100 mm/día por Divisiones Hidrológicas ofrece un valioso punto de partida para conocer la distribución de las precipitaciones extraordinarias, pues son las unidades de gestión del agua en España y, además, porque sus límites coinciden con las principales alineaciones montañosas de la península Ibérica (Figura 1). En la Tabla 4 se incluye información relativa a su superficie, el número de observatorios de la red nacional que han registrado en algún momento eventos diarios y están incluidos en la base de datos, y el número de registros máximos diarios mensuales superiores a 100 y 200 mm.

Tabla 4. Divisiones Hidrológicas, y características generales. Distribución del número de registros máximos mensuales diarios superiores a 100 y 200 mm (1916-2022).

División Hidrológica	Código	Superficie		Observatorios		Observaciones	
		Km	%	Total	%	100 mm	200 mm
Norte	1	53.804	10,9	1.495	14,2	2.988	69
Duero	2	78.972	16,0	13.49	12,8	755	11
Tajo	3	54.769	11,1	800	7,6	1.125	29
Guadiana	4	59.873	12,2	967	9,2	488	12
Guadalquivir	5	63.085	12,8	1.297	12,3	1.567	66
Andalucía Oriental	6	18.391	3,7	497	4,7	2.009	133
Segura	7	18.254	3,7	425	4,0	650	42
Júcar	8	42.904	8,7	1.080	10,2	4.939	539
Ebro	9	86.098	17,5	1.925	18,2	1.954	102
Pirineos Orientales	0	16.493	3,3	730	6,9	2.709	127
Total		492.643	100,0	10.565	100,0	19.184	1.130

En general los registros de las precipitaciones diarias extremas y extraordinarias se han producido de manera abrumadoramente concentradas a lo largo de la costa mediterránea en las Divisiones de Andalucía Oriental (10,5%), Júcar (25,7%) y Pirineos orientales (14,1%). En conjunto, estas observaciones suponen más del 50% del total, habiendo sido registradas en el 19,4% del territorio y en el 21,8% de observatorios de la red (Tabla 4). La División del Segura, también orientada al Mediterráneo, aporta un bajo porcentaje, pero hay que tener en cuenta que su extensión es muy pequeña. La división del Ebro y la División del Segura aportan en torno al 14% de los registros. Por el contrario, las extensas divisiones del Duero, Tajo, Guadiana e incluso Guadalquivir, todas ellas orientadas al oeste, contribuyen al total de los registros máximos diarios superiores a 100 mm/día con porcentajes individuales que no superan nunca el 10% del total, a pesar de representar más del 50% del territorio peninsular e incluir el 41,9% de observatorios de la red. La excepción es la división del Norte, donde se ha registrado un 15,6% de eventos con el 14,2% de observatorios en el 10,9% del territorio.

Si el umbral se eleva a registros superiores a 200 mm/día, la División del Norte pierde claramente posiciones, y la División del Júcar aumenta su contribución hasta representar el 47,7% del total, manteniendo un valor por encima del 10 % las divisiones de Andalucía Oriental y Pirineos Orientales, de manera que las divisiones mediterráneas aglutinan más del 70% de los registros de esta magnitud.

La distribución mensual del número de eventos diarios de precipitaciones extremas y extraordinarias de cada cuenca se muestran en las Tablas 5 y 6. Recordemos que este valor indica que en esa fecha el máximo registro de la red se localiza en dicha cuenca y superó uno de los dos umbrales. Sorprendentemente, la División Hidrológica en la que se ha registrado el mayor número de episodios con máximo diario mensual superior a 100 mm/día es la cuenca Norte (1.018 eventos, el 21,1% del total de eventos), seguida de la del Júcar (834 eventos, 17,3%) y Pirineos Orientales (712 eventos, 14,8%).

Las proporciones varían en caso de considerar el umbral de 200 mm, donde el mayor número de eventos corresponde a la del Júcar (176 casos, 33,2% del total), seguida de Pirineos Orientales (66 eventos, 12,5 %), Andalucía Oriental (64 eventos, 12,1 %), Ebro (63 eventos, 11,9%) y Guadalquivir (57 eventos, 10,8 %) y Norte (54 eventos, 10,2 %) (Tabla 7) todas ellas con más del 10% de eventos sobre el total.

En los eventos superiores a 100 mm/día los meses de Enero y de Septiembre a Diciembre contribuyen con más de 400 eventos diarios (es decir más del 10 % del total. Particularmente entre los meses de Septiembre a Diciembre en las Divisiones Norte, Guadalquivir, Júcar y Pirineos Orientales se han superado los 100 eventos en al menos un mes, e igualmente en Enero en la División Norte. Valores ligeramente inferiores con 93 eventos en Noviembre aparecen en Andalucía Oriental, Febrero en la División Norte, 98 en el Júcar en Diciembre, y 84 eventos en Septiembre en la División del Ebro.

Tabla 5. Frecuencia de eventos diarios con máximo mensual >100 mm/día por Divisiones Hidrológicas.

Divisiones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Norte	125	93	72	69	54	37	35	44	85	121	142	141	1018
Duero	24	22	17	12	12	9	9	8	16	24	30	23	206
Tajo	52	30	30	22	8	8	3	4	16	35	50	42	300
Guadiana	11	6	13	10	9	3	3	0	13	19	20	20	127
Guadalquivir	72	60	51	36	19	14	0	6	27	46	58	101	490
Andalucía Or	61	58	39	24	11	10	2	5	34	59	93	73	469
Segura	7	5	4	12	4	5	1	8	12	15	15	10	98
Júcar	54	60	65	38	38	35	9	43	109	148	137	98	834
Ebro	29	22	35	25	39	57	43	60	84	67	66	33	560
Pirineo Or	42	42	49	25	45	34	27	64	126	125	76	57	712
	477	398	375	273	239	212	132	242	522	659	687	598	4.814

En el caso de eventos superiores a 200 mm/día la frecuencia de los mismos disminuye notablemente en todas las divisiones y meses en un orden de magnitud (Tabla 6). Estos eventos se concentran de modo abrumador en el mes de Octubre (26% del total, 138 eventos), seguido de Noviembre (87 eventos) y Septiembre y Diciembre con más de 50 eventos. En cuanto a las variaciones espaciales domina la División del Júcar con 176 eventos, lo que supone más del 30% del total, destacando los meses de Octubre (57 casos) y Noviembre (34) sobre el conjunto; solamente la División de Pirineos Orientales con 30 eventos en octubre presenta valores parecidos. Con más de 10 eventos mensuales de precipitación superior a 200 mm/día en el periodo analizado solamente hemos identificado los meses de Octubre y Noviembre en la División de Andalucía Oriental, Diciembre en la del Guadalquivir, Septiembre en Pirineos Orientales, Ebro en Octubre y Noviembre y de nuevo finalmente Júcar en Febrero y Marzo.

Estas variaciones internas en cada División son importantes. Entre Septiembre y Diciembre, por lo general, se producen el 40% de los eventos con precipitaciones diarias máximas superiores a 100 mm/día de cada División. La concentración oscila en el binomio Septiembre-Octubre en las Divisiones mediterráneas y Noviembre-Diciembre en las atlánticas. El descenso en Septiembre en las cuencas de orientación atlántica se compensa relativamente en los meses de Enero a Marzo y en conjunto los tres meses iniciales del año superan el 25% de los eventos. Lo mismo ocurre en el caso de los eventos superiores a 200 mm, si bien se observa una mayor concentración en octubre en las divisiones Pirineos Orientales, Andalucía oriental, Júcar y Segura con más del 30% de los eventos anuales producidos en dicho mes.

Tabla 6. Frecuencia de eventos diarios con máximo mensual >200 por Divisiones Hidrológicas. Se señalan valores superiores a 10.

Divisiones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Norte	3	3	2	4	4	2	4	5	3	9	7	8	54
Duero	3	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	8
Tajo	1	3	2	1	0	0	1	1	1	4	4	4	22
Guadiana	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	4	2	11
Guadalquivir	9	6	7	2	2	0	0	1	3	4	6	17	57
Andalucía Or	5	3	4	1	1	2	1	1	7	18	14	7	64
Segura	0	1	0	2	0	0	0	0	3	3	0	0	9
Júcar	5	11	11	9	4	5	0	1	25	57	34	14	176
Ebro	2	2	2	5	6	3	6	4	6	12	11	4	63
Pirineo Or	4	3	2	3	0	1	1	0	14	30	6	2	66
	32	34	31	29	18	13	14	13	62	138	87	59	530

Los resultados muestran que la frecuencia con que se producen estos eventos de precipitaciones tiene calendarios mensuales distintos en el espacio. En las cuencas orientadas al Atlántico las lluvias superiores a 100 mm se producen en los meses fríos tanto de invierno como otoño. En las divisiones mediterráneas los días de precipitación extrema y extraordinaria se concentran preferentemente entre Septiembre y Noviembre. Llama la atención la ocurrencia de eventos superiores a 100 mm/día en la cuenca del Duero en los meses de verano, si bien su número es escaso, que podrían vincularse a fenómenos convectivos por su posición interior.

3.3. Patrones espaciales y situaciones sinópticas asociadas

La Tabla 7 presenta el porcentaje de los eventos producidos en cada División, en función del tipo de tiempo. Las precipitaciones extremas y extraordinarias se han producido en todos los tipos de tiempo analizados, si bien cuatro situaciones aportan cada una más del 10% del total en el caso de 100 mm/día: C, E, SW y W por este orden.

Tabla 7. Porcentaje de eventos superiores a 100 mm en cada División Hidrológica según los tipos de tiempo (periodo 1916-2015).

Cuenca	A	C	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
Norte	96	96	141	86	30	11	17	112	208	155	952
Duero	8	26	13	3	11	14	24	64	38	3	204
Tajo	7	28	2	2	8	15	29	115	65	11	282
Guadiana	6	21	5	3	12	17	20	20	11	5	120
Guadalquivir	16	67	18	11	37	26	21	58	155	58	467
Andalucía Oriental	12	94	5	15	88	82	37	54	52	11	450
Segura	1	7		11	49	13	4	1	3	1	90
Júcar	29	98	28	122	304	138	28	3	10	12	772
Ebro	34	104	69	79	68	23	21	33	42	63	536
Pirineos Orientales	38	203	69	101	111	49	26	37	33	26	693
Total registros	247	744	350	433	718	388	227	497	617	345	4.566
Porcentaje	5,4	16,3	7,7	9,5	15,7	8,5	5,0	10,9	13,5	7,6	100

El estudio por cuencas permite identificar en cada caso los tipos de tiempo más “eficaces”: en la División Norte cuatro situaciones aportan cada una más del 10% al total (N, SW, W y NW), en la División del Tajo las precipitaciones superiores a 100 mm se producen en el 40,8 % de los casos con el tipo SW, mientras en la División del Guadalquivir es el tipo W el dominante (más del 30%) pero con importante contribución del SW y NW; hacia el este en el Segura el tipo E es origen del 54,4 % de estos eventos, en Pirineos Orientales los tipos NE y E aportan el 30 % del total de eventos; en otros casos la concentración mensual es menor y se reparte en un mayor número de meses. La División de Andalucía Oriental aparece como un espacio de transición con importantes contribuciones de los tipos E y SE así como SW y W (pero no NW). Igualmente, en la División del Ebro se combina la contribución de tipos atlánticos (NW) y mediterráneos (NE y E). Su distribución se muestra en la Figura 3.

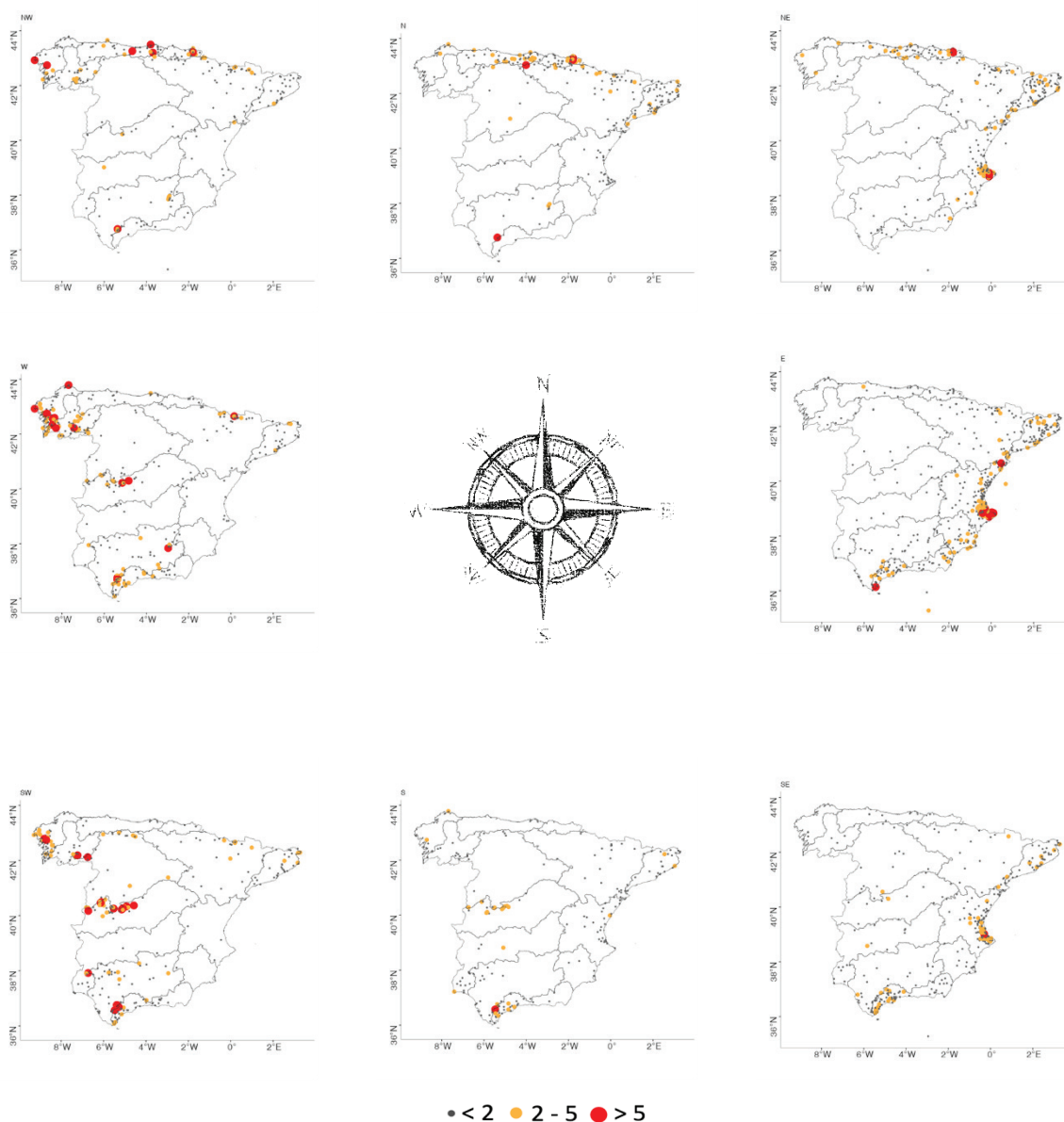


Figura 3. Distribución (frecuencia de días) del máximo mensual diario (mm) y tipos de tiempo. Número de eventos diarios en los que el observatorio fue máximo diario mensual de la red de observaciones en la fecha “n”.

La diversidad de las direcciones del viento en superficie resultante de estas situaciones sugiere que las áreas afectadas deberían ser diferentes al combinarse con las alineaciones principales de las cadenas montañosas en la península, y por ello también el reparto espacial de los eventos extremos y extraordinarios. Unido a ello, su calendario mensual es distinto, porque los tipos C y E ocurren preferentemente en los meses finales de verano y otoño, mientras que SW y W tienden a concentrarse desde mediados de otoño hasta Febrero. Algunos tipos de tiempo (E, N y NE) presentan elevadas frecuencias en primavera e incluso verano. La diferencia entre las dos vertientes peninsulares es muy clara, y así los tipos SW, W y NW afectan principalmente a las cuencas orientadas al Atlántico (Duero, Tajo, Guadiana, Guadalquivir), mientras en las divisiones mediterráneas (Segura, Júcar, Pirineos Orientales) son las advecciones del este las que predominan (Figura 3). En la división Norte los flujos de componente norte se combinan con los de procedencia oeste, y en la división Ebro, por su posición espacial, no predomina claramente ningún tipo de flujo dominante salvo el ciclónico. En la División de Andalucía Oriental por su posición de transición las advecciones Atlánticas (SW y W), y Mediterráneas (E y SE) presentan porcentajes superiores al 10 %. Finalmente, en las condiciones del tipo de tiempo Ciclónico (C) los máximos diarios producidos se distribuyen por todo el litoral norte, sur y este-sureste mientras en las condiciones Anticiclónicas (A) estos eventos son escasos y preferentemente se localizan en el litoral cantábrico (Figura 4).

En el caso de las precipitaciones superiores a 200 mm/día (Tabla 8), los eventos se concentran en tres situaciones sinópticas (E, C y SE), si bien en cada División el tipo de advección (atlántica o mediterránea) se diferencia con claridad. Así, por ejemplo, en la División del Duero y Segura se contabilizan 8 eventos, de los que 7 en el primer caso se produjeron en condiciones de flujos SW y W, y en el segundo otros siete con flujo E. En el conjunto destaca la División del Júcar con 71 eventos con flujos E, 37 en condiciones SE y finalmente 21 eventos con flujos del NE (total 81,6 % del total de la División), así como Andalucía Oriental con 16 eventos E y 13 SE (50,0 %), mientras el Guadalquivir registró 19 eventos en condiciones W (34,5 %), en condiciones NW y SW acumuló 14 (25,5 %) pero también los flujos del SE aportaron 6 eventos

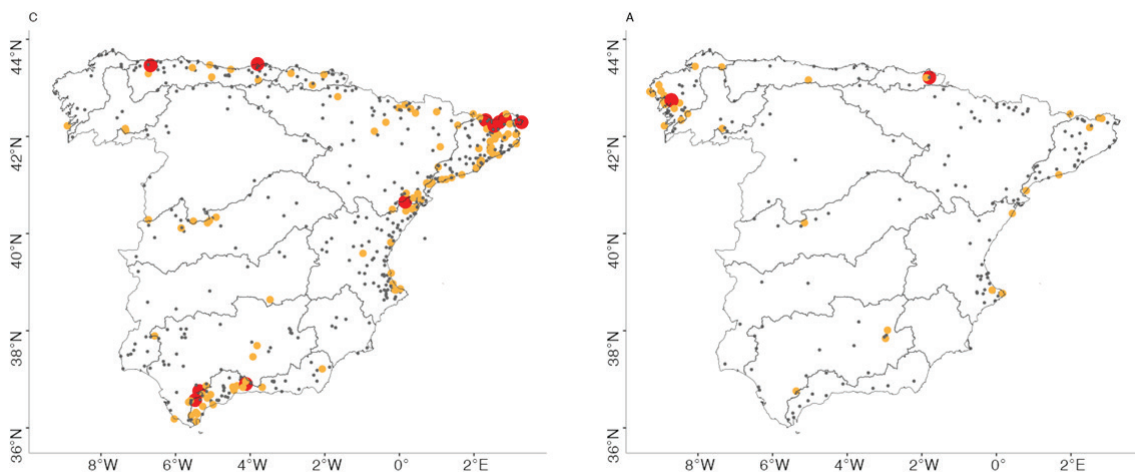


Figura 4. Distribución (frecuencia de días) del máximo mensual diario (mm) y tipos de tiempo Ciclónico (izquierda) y Anticiclónico (derecha). Número de eventos diarios en los que el observatorio fue máximo diario mensual en la fecha "n" en la red.

Tabla 8. Porcentaje de eventos >200 mm en cada División Hidrológica según Tipo de Tiempo (periodo 1916-2015).

Cuenca	A	C	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
Norte	4	9	7	8	2		2	3	8	9	52
Duero						1		3	4		8
Tajo		1		1		2		10	3	1	18
Guadiana		4	1				2	2	1	1	11
Guadalquivir	1	5	2		4	6	4	7	19	7	55
Andalucía Oriental		9	3	1	16	13	4	9	2	1	58
Segura					7		1				8
Júcar	3	14	6	21	71	37	4	1		1	158
Ebro	4	18	6	9	3	4	3	6	5	5	53
Pirineos Orientales	3	27	5	4	4	6	8	1	1	2	61
Total registros	15	87	30	44	107	69	28	42	43	27	492
Porcentaje	3,0	17,7	6,1	8,9	21,7	14,0	5,7	8,5	8,7	5,5	100

3.4. Tendencia temporal

La evolución en el tiempo de los eventos superiores a 100 mm/día se muestra en la Figura 5. La figura incluye, de arriba abajo, el número de observatorios totales y agrupados por cuencas de vergencia oeste y este (A), el total de eventos identificados anualmente y la ratio entre el número de eventos diarios y de observatorios operativos en el total (B), ídem en las cuencas de vergencia atlántica Norte, Duero, Tajo, Guadiana y Guadalquivir, ídem en las cuencas de vergencia mediterránea de Andalucía Oriental, Segura, Júcar y Pirineos Orientales (D).

La figura permite apreciar que el número de eventos diarios máximos mensuales superiores a 100 mm no ha aumentado en el conjunto peninsular en ninguna de las dos vertientes, y que su evolución temporal está más bien ligada a la de la densidad de la red de observación. La figura muestra que cuando mayor fue número de eventos registrados, entre las décadas de los años 1960 y 1970, mayor era el número de observatorios operativos, fecha desde la que comenzaron a disminuir. sin embargo, el número de eventos respecto al de observatorios se mantiene estable en un porcentaje en torno al 1% en la vertiente atlántica, y más variable y en torno al 2% en la mediterránea. Dado que el número de observatorios operativos desde 1950 hasta el presente supera los 2.500 en el conjunto peninsular, cabe pensar que en las décadas recientes la detección de un evento con más de 100 mm se realiza con precisión y por tanto la ausencia de tendencias observadas representa la realidad.

El promedio anual de 30/40 eventos en los que la precipitación supera 100 mm/día en algún observatorio es una prueba evidente de la elevada frecuencia de estos eventos en la Península. Este dato supone que anualmente se produce un evento con precipitación superior a 100 mm/día en un 10% de los días, y en el caso de más de 200 mm/día su media de 10 eventos sugiere un valor en torno al 3% de los días.

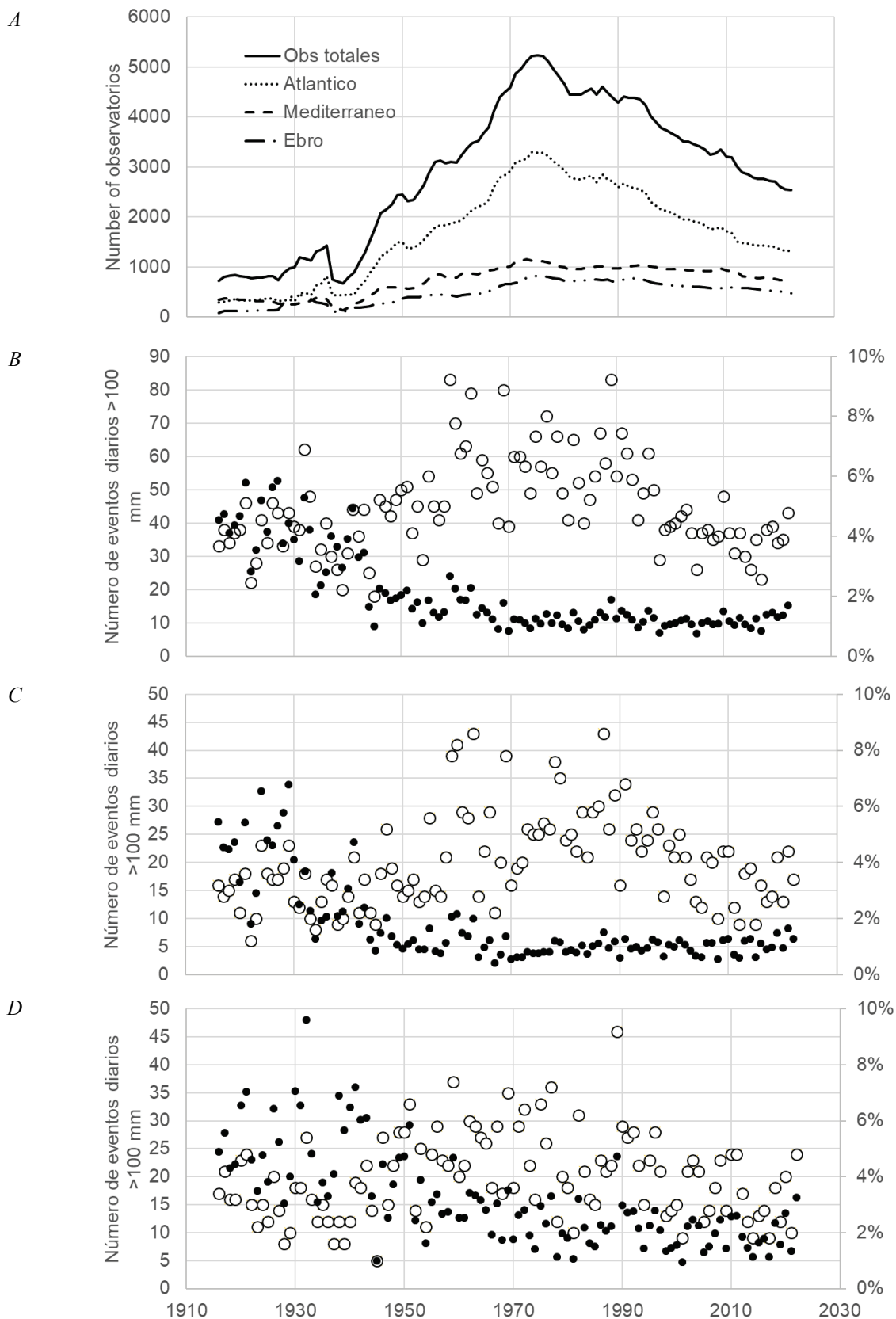


Figura 5. Numero de eventos superiores a 100 mm/día. De arriba abajo (A) evolución del número de observatorios de la red nacional y cuencas Atlánticas, Mediterráneas y Ebro; (B) eventos totales >100 mm/día eventos diarios (o) y su proporción respecto a los observatorios operativos (•); (C) ídem en las cuencas Atlánticas (1, 2, 3, 4, 5), y (D) ídem cuencas mediterráneas (6,7,8,0)

4. Discusión

El análisis de las precipitaciones extraordinarias en el territorio de España peninsular muestra que los registros superiores a 100 mm/día son un fenómeno recurrente que ha quedado registrado desde el inicio de la red meteorológica con una elevada frecuencia. Estas precipitaciones generalmente se producen en los meses de otoño e invierno y tienen patrones espaciales reconocibles ligados a situaciones meteorológicas claramente definidas y diferentes según las áreas afectadas, con clara preferencia a una localización de costa.

Por su posición latitudinal entre dos masas de agua contrastadas (el Atlántico y el Mediterráneo), la Península Ibérica recibe en sus márgenes occidental y oriental diferentes influencias que originan una gran variedad de regímenes pluviales cuyo reparto espacial está afectado por la distribución del relieve (de Luis *et al.*, 2010; Gonzalez-Hidalgo *et al.*, 2022). Estas direcciones dominantes del relieve condicionan la penetración o no de los flujos y la extensión de sus efectos durante las distintas situaciones atmosféricas. De este modo, las advecciones atlánticas desde el oeste son capaces de producir eventos de precipitaciones cuantiosas superiores a 100 mm/día en el interior peninsular, sobre todo si se combinan localmente con estribaciones montañosas como ocurre en el Sistema Central, lo que explica la elevada frecuencia de registros centenarios de algunos observatorios de las provincias de Ávila y Salamanca. Por el contrario, los eventos vinculados a las advecciones mediterráneas del este producen sus máximos siempre en la franja costera, porque en este caso la alineación del relieve es paralela a la línea de costa e impide que sus efectos penetren hacia el interior. La misma situación ocurre en la fachada norte, donde las advecciones atlánticas, sobre todo de componente NW y N, limitan su área de influencia a la línea de costa por el efecto de barrera de las montañas cantábricas. Un hecho notable es que las precipitaciones superiores a 200 mm/día no llegan a producirse en las áreas del interior y siempre se localizan en las cercanías de la costa ligadas a las barreras transversales de advecciones marítimas principalmente de condiciones E, en la costa mediterránea, y SW en el extremo suroccidental peninsular.

El diferente origen de las advecciones explica también las variaciones mensuales y espaciales de estos sucesos. En general, las precipitaciones extremas y extraordinarias se concentran en los meses finales del verano y en el otoño, pero también son frecuentes los eventos invernales, cuyas variaciones espaciales parecen responder a las situaciones sinópticas generales y su relación con el relieve. Durante los meses fríos en invierno y primavera estos eventos de lluvias extraordinarias aparecen vinculados al paso de frentes fríos procedentes del Atlántico, en el caso de las componentes norte y oeste, y a advecciones meridionales atlánticas, con componentes SW y aire frío en altura que son determinantes especialmente en el cuadrante suroccidental. En todas ellas la distribución del relieve explica el reparto desigual en el espacio, pudiéndose identificar un patrón que podríamos denominar norte que produce eventos que no penetran al interior al ser obstaculizados por la barrera montañosa paralela a la costa. Las advecciones del oeste por su parte pueden penetrar profundamente hacia el interior, en donde el efecto del relieve puede producir situaciones de máxima frecuencia de eventos superiores a 100 mm. Finalmente, las advecciones del suroeste son canalizadas hacia el interior por el valle del Guadalquivir o penetran en el Mediterráneo atravesando el estrecho de Gibraltar, en donde el relieve alineado en paralelo a la costa de nuevo sirve de mecanismo de disparo a lo largo de la División Andalucía Oriental, mientras el relieve limita la penetración al interior de las advecciones este o noreste en la costa mediterránea (Segura, Júcar, Pirineos Orientales).

Los mecanismos que se han sugerido como origen de estas lluvias tan copiosas han sido explicados entre otros autores por Llasat (1987), Martín-Vide (1989), y Castillo-Requena (1978) y aparecen ligadas a una inestabilidad favorecida por aire frío en altura, siendo particularmente “eficaces” en la vertiente mediterránea las situaciones clasificadas como ciclónicas y advecciones del este combinadas con el relieve (Peñarrocha *et al.* 2002; Llop-Garau y Alomar-Garau 2012; Gilabert y Llasat 2018; Martín-Vide *et al.*, (2021).

En definitiva, los eventos de precipitaciones extremas en la vertiente mediterránea española se asocian a situaciones en las que predomina la inestabilidad de condiciones ciclónicas, los flujos del este

y su combinación con el relieve que ejerce un claro efecto en los mecanismos de disparo. Por el contrario, los eventos de lluvias copiosas en la vertiente atlántica se deben más al paso de frentes o a los ramales de entrada o salida de vaguadas. El resultado final es un reparto espacial de las lluvias extraordinarias sugerido en sus líneas generales en los estudios globales de Font-Tulot (1983) y Elías-Castillo y Ruíz-Beltrán (1979), que el nuevo catálogo permite ampliar al periodo 1916-2022.

Por lo que respecta a su evolución en el tiempo, debemos recordar que en la Península Ibérica no se han detectado señales generalizadas de eventos extremos (Rodrigo and Trigo 2007), ni tampoco en el territorio portugués (Costa and Soares, 2009; Espírito Santo *et al.*, 2014; De Lima *et al.*, 2013, 2015; Santos *et al.*, 2019) ni en el territorio peninsular español (Gallego *et al.*, 2006; García *et al.*, 2007; Rodrigo, 2010; Gallego *et al.*, 2011; Merino *et al.*, 2016; Serrano-Notivoli *et al.*, 2018), si bien Espinosa *et al.* (2022) informa de un aumento de los extremos en Portugal. Los estudios más locales tampoco arrojan conclusiones definitivas, ni detectan señales (tendencias) significativas en el noreste español (Burgueño *et al.*, 2005; López-Moreno *et al.*, 2009; Beguería *et al.*, 2011; Valencia *et al.*, 2012; Vicente-Serrano *et al.*, 2017), sureste peninsular (Sánchez-Almodóvar, 2022), áreas meridionales (Hidalgo-Muñoz *et al.*, 2011; Valdés-Abellán *et al.*, 2017), y suroeste (García *et al.*, 2018), que coinciden con los resultados del presente análisis en el periodo considerado, lo que no obsta para que se puedan haber registrado en observatorios o sectores concretos. Así, se ha señalado su incremento en sectores costeros en el sur de Francia (Tramblay *et al.*, 2013; Ribes *et al.*, 2019; Blanchet *et al.*, 2021; Nouaceur *et al.*, 2022; Blanchet y Creutin, 2022), costa este de España (Romero *et al.*, 1999; Goodess y Jones, 2002; Acero *et al.*, 2011; Fernández-Montes *et al.*, 2012; Miró *et al.*, 2018, 2022), sur de Portugal (Duraó *et al.*, 2010) y sectores de Marruecos (Khomsi *et al.*, 2015; Ouatiki *et al.*, 2019; Hadria *et al.*, 2019).

En todo caso, la ausencia de una señal en el tiempo de aumento o descenso de los eventos superiores a 100 o 200 mm/día no implica que otras magnitudes inferiores hayan podido variar, a la vez que debemos tener presente que muchas situaciones que terminan en catástrofes derivan de precipitaciones inferiores a los umbrales analizados en el presente estudio.

5. Conclusiones

- En el territorio peninsular español, entre 1916 y 2022 en el 12,4% de días se ha registrado en algún observatorio de la red meteorológica cantidades superiores a 100 mm, y en el 1,4% del tiempo se ha registrado una precipitación superior a 200 mm/día.
- El análisis de la frecuencia de observaciones y eventos diarios en las Divisiones Hidrológicas indica que es la División Norte la que ha registrado un mayor número de eventos superiores a 100 mm/día, y la del Júcar en el caso de los superiores a 200 mm/día.
- Las precipitaciones superiores a 100 mm/día se pueden producir en cualquier punto del territorio, si bien preferentemente se localizan en la orla costera. En el caso de cantidades diarias superiores a 200 mm, estas se concentran preferentemente en las provincias de Murcia-Alicante-Valencia.
- En la distribución espacial de los eventos de lluvias cuantiosas el relieve juega un papel determinante, sirviendo de barrera en la orla norte y mediterránea a las entradas de advecciones marítimas y canalizando su penetración hacia el interior desde el oeste, razón que explica registros centenarios asociados a condiciones locales siempre ligadas de nuevo al relieve. La escasez de eventos de estas magnitudes en el interior sugiere que los eventos convectivos están muy controlados por las fuentes de evaporación y por tanto no alcanzan los umbrales analizados
- En general las precipitaciones extraordinarias se producen en cuatro situaciones sinópticas bien definidas por los tipos de tiempo de la clasificación de Jenkinson y Collison, que son Ciclónico (C), Este (E), Suroeste (SW) y Oeste (W) en los eventos superiores a 100 mm/día y E, C y SE (Sureste) en los de más de 200 mm/día.

- Se detectan dos grandes áreas diferenciadas. Por un lado, las Divisiones orientadas al oeste, receptoras de influencias atlánticas (Norte, Duero, Tajo, Guadiana, Guadalquivir) y por otro las de orientación mediterránea (Segura, Júcar, Pirineos Orientales). La División Andalucía Oriental parece ser un punto de encuentro de ambas influencias, y la División del Ebro por su extensión y distribución espacial es un caso diferenciado.
- El calendario de eventos extremos y extraordinarios difiere entre ambas áreas, de manera que en las de influencia atlántica los eventos se concentran en los meses de invierno, mientras en las de influencia mediterránea tienden a concentrarse en el final de verano y otoño.

Agradecimientos

AEMET por el acceso al BNDC y el uso del repositorio ARCIMIS. Gobierno de Aragón “E02-23R: Grupo de Investigación Geoambiente y Cambio Global”.

Referencias

- Acero, F. J., García, J. A., Gallego, M. C. 2011. Peaks-over-. Threshold Study of Trends in Extreme Rainfall over the Iberian Peninsula. *Journal of Climate* 24, 1089-1105. <https://doi.org/10.1175/2010JCLI3627.1>
- Alpert, P., Ben-Gai, T., Baharad, A., Benjamini, Y., Yekutieli, D., Colacino, M., Diodato, L., Ramis, C., Homar, V., Romero, R., Michaelides, S., Manes, A. 2002. The paradoxical increase of Mediterranean extreme daily rainfall in spite of decrease in total values. *Geophysical Research Letters* 29 (11). <https://doi.org/10.1029/2001GL013554>
- Beguiría, S., Angulo-Martínez, M., Vicente-Serrano, S. M. López-Moreno, J. I., El-Kenawy, A. 2011. Assessing trends in extreme precipitation events intensity and magnitude using non-stationary peaks-over-threshold analysis: a case study in northeast Spain from 1930 to 2006. *International Journal of Climatology* 31, 2102-2114. <https://doi.org/10.1002/joc.2218>
- Benabdelouahab, T., Gadouali, F., Boudhar, A., Lebrini, Y., Hadria, R., Salhi, A. 2020. Analysis. and trends of rainfall amounts and extreme events in the Western Mediterranean region. *Theoretical and Applied Climatology* 141, 309-320. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03205-4>
- Beneto, P., Khodayar, S. 2023. On. the need for improved knowledge on the regional-to-local precipitation variability in eastern Spain under climate change. *Atmospheric Research* 290, 106795. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2023.106795>
- Blanchet, J., Blanc, A., Creutin, J. D. 2021. Explaining. recent trends in extreme precipitation in the Southwestern Alps by changes in atmospheric influences. *Weather and Climate Extremes* 33, 100356. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2021.100356>
- Blanchet, J., Creutin, J. D. 2022. Instrumental. agreement and retrospective analysis of trends in precipitation extremes in the French Mediterranean Region. *Environmental Research Letters* 17, 17 074011. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac7734>
- Burgueño, A., Martínez, M.D., Lana, X., Serra, C. 2005. Statistical distributions of the daily rainfall regime in Catalonia (Northeastern Spain) for the years 1950-2000. *International Journal of Climatology* 25, 1381-1403. <https://doi.org/10.1002/joc.1197>
- Castillo-Requena, C. S. 1978. Estudio. sobre el comportamiento de la gota de aire frío y la distribución de sus consecuencias pluviométricas en la España Peninsular. *Rev. Paralelo* 37, 57-80. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/1381076.pdf>
- Claro, A. M., Fonseca, A., Fraga, H., Santos, A. S. 2023. Susceptibility. of Iberia to Extreme Precipitation and Aridity: A New High-Resolution Analysis over an Extended Historical Period. *Water* 15, 3840. <https://doi.org/10.3390/w15213840>
- Consorcio de Seguros. 2021 y 2023. *Revista digital*, 14. <https://www.conorsegurosdigital.com/es/numero-14/portada/analisis-de-los-danos-por-inundacion-en-espana-a-nivel-municipal>

- Cordobilla, M. J., Martín Vide, J. 2018. Patrones. sinópticos de precipitaciones torrenciales en la cuenca del río Muga (NE de España) en el área del Mediterráneo occidental y su evolución temporal. En Montávez Gómez, J.P. *et al.* (eds.). *El clima: aire, agua, tierra y fuego*, 199-208. Madrid: Asociación Española de Climatología; Agencia Estatal de Meteorología. <https://aeclim.org/wp-content/uploads/2019/07/199-CORDOBILLA.pdf>
- Cortesi, N., Peña-Angulo, D. 2024. *WETYDAS: Weather Types Dataset in Spanish mainland, v.2.0.0*. [Dataset]. <https://doi.org/10.20350/digitalCSIC/16333>
- Costa, A. C., Soares, A. 2009. Trends. in extreme precipitation indices derived from a daily rainfall database for the South of Portugal. *International Journal Climatology* 29, 1956-1975. <https://doi.org/10.1002/joc.1834>
- de Lima, M. I., Santo, F. E., Ramos, A. M. , Trigo, R. M. 2015. Trends. and correlations in annual extreme precipitation indices for mainland Portugal, 1941-2007. *Theoretical and Applied Climatology* 119, 55-75. <https://doi.org/10.1007/s00704-013-1079-6>
- de Lima, M.I., Santo, F.E., Ramos, A., de Lima, J. L. M. P. 2013. Recent changes in daily precipitation and surface air temperature extremes in mainland Portugal, in the period 1941-2007. *Atmospheric Research* 127,195-209. <http://doi.org/10.1016/j.atmosres.2012.10.001>
- de Luis, M., Brunetti, M., González-Hidalgo, J. C., Longares, L. A., Martín-Vide, J. 2010. Changes. in seasonal precipitation in the Iberian Peninsula during 1946-2005. *Global Planetary Changes* 74, 27-33. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2010.06.006>
- Donat, M.G., Peterson, T.C., Brunet, M., King, A.D., Almazroui, M., Kolli, R.K., Boucherf, D., Al-Mulla, A.Y., Nour, A.Y., Aly, A.A., Nada, T.A.A., Semawi, M.M., Al Dashti, H.A., Salhab, T.G., El Fadli, K.I., Muftah, M.K., Dah Eida, S., Badi, W., Driouech, F., ..., Al Shekaili, M.N. 2014. Changes. in extreme temperature and precipitation in the Arab region: long-term trends and variability related to ENSO and NAO. *International Journal of Climatology* 34, 581-592. <https://doi.org/10.1002/joc.3707>
- Durão, R. M., Pereira, M. J., Costa, A. C., Delgado, J., del Barrio, G., Soares, A. 2010. Spatial-temporal. dynamics of precipitation extremes in southern Portugal: a geostatistical assessment study. *International Journal of Climatology* 30, 1526-1537. <https://doi.org/10.1002/joc.1999>
- Elías-Castillo, F., Ruiz-Beltrán, L. 1979. *Precipitaciones máximas en España*. Servicio de Publicaciones Agrarias, Ministerio de Agricultura, Madrid, 545 p.
- Espinosa, L. A., Portela, M. M., Mato, J. P., Gharbia, S. 2022. Climate. Change Trends in a European Coastal Metropolitan Area: Rainfall, Temperature, and Extreme Events (1864-2021). *Atmosphere* 13 (12), 1995. <https://doi.org/10.3390/atmos13121995>
- Espírito Santo, F., Ramos, A. M., de Lima, M. I. P., Trigo, R. M. 2014. Seasonal. changes in daily precipitation extremes in mainland Portugal from 1941 to 2007. *Regional Environmental Change* 14, 1765-1788. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0515-6>
- Fernández-Granja, J. A., Brands, S., Bedia, J., Casanueva, A., Fernández, J. 2023. Exploring. the limits of the Jenkinson-Collison weather types classification scheme: a global assessment based on various reanalyses. *Climate Dynamics* 61, 1829-1845. <https://doi.org/10.1007/s00382-022-06658-7>
- Fernández-Montes, S., Subert, S., Rodigo, F. S., Hertig, E. 2012. Wintertime. circulation types over the Iberian Peninsula: long-term variability and relationships with weather extremes. *Climate Research* 53, 205-227. <https://doi.org/10.3354/cr01095>
- Font-Tullot, I. 1983. *Climatología de España y Portugal*. Servicio de publicaciones del Instituto Nacional de Meteorología, 422 p. ISBN: 978-84-5009-467-4. New edition in 2000.
- 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. <https://doi.org/10.1029/2006JD007280>
- 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 Geophysical Research* 116, D02109. <https://doi.org/10.1029/2010JD014255>

- García, J., Gallego, M. C., Serrano, A., Vaquero, J. M. 2007. Trends in block-seasonal extreme rainfall over the Iberian Peninsula in the second half of the twentieth century. *Journal of Climate* 20, 113-130. <https://doi.org/10.1175/JCLI3995.1>
- García, J. A., Acero, F. J., Portero, J. A. 2018. Bayesian hierarchical spatio-temporal model for extreme temperatures in Extremadura (Spain) simulated by a Regional Climate Model. *Climate Dynamics* 61, 1489-1503. <https://doi.org/10.1007/s00382-022-06638-x>
- Gilabert, J., Llasat, M. C. 2018. Circulation weather types associated with extreme flood events in Northwestern Mediterranean. *International Journal Climatology* 38, 1864-1876. <https://doi.org/10.1002/joc.5301>
- Gonzalez-Hidalgo, J.C., Beguería, S., Peña-Angulo, D., Trullenque, V. 2025. Catalogue and analysis of extraordinary precipitation events in the Spanish mainland, 1916-2022. *International Journal of Climatology*, e8785. <https://doi.org/10.1002/joc.8785>
- González-Hidalgo, J. C., Beguería, S., Peña-Angulo, D., Trullenque-Blanco, V. 2022. MOPREDAS_Century database and precipitation trends in mainland Spain, 1916-2020. *International Journal of Climatology* 43, 3828-3840. <https://doi.org/10.1002/joc.8060>
- González-Hidalgo, J.C., Peña-Angulo, D., Beguería, S., Trullenque Blanco, V. 2024. *Summaries of meteorological observations from the Spanish Meteorological Service, v.2.0.0.* [Dataset]. <https://doi.org/10.20350/digitalCSIC/16516>
- Goodess, C. M., Jones, P. D. 2002. Links between circulation and changes in the characteristics of Iberian rainfall. *International Journal of Climatology* 22, 1593-1615. <https://doi.org/10.1002/joc.810>
- Hadria, R., Boudhar, A., Ouatiki, H., Lebrini, Y., Elmansouri, L., Gadouali, F., Lionboui H. L. H., Benabdelouahab, T. 2019. Combining use of TRMM and ground observations of annual precipitations for meteorological drought trends monitoring in Morocco. *American Journal of Remote Sensing* 7, 25-34. <https://doi.org/10.11648/j.ajrs.20190702.11>
- Hidalgo-Muñoz, J. M., Argüeso, D., Gámiz-Fortis, S. R., Esteban-Parra, M. J., Castro-Díez, Y. 2011. Trends of extreme precipitation and associated synoptic patterns over the southern Iberian Peninsula. *Journal of Hydrology* 409, 497-511. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.08.049>
- Insua-Costa, D., Lemus-Cánovas, M., Míguez-Macho, G., Llasat, M. C. 2021. Climatology and ranking of hazardous precipitation events in the western Mediterranean area. *Atmospheric Research* 255, 105521. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2021.105521>
- Jenkinson, A. F., Collison, F. P. 1977. *An initial climatology of gales over the North Sea*, Synoptic Climatology Branch Memorandum, No. 62. Meteorological Office, Bracknell.
- Karagiannidis, A. F., Karacostas, T., Maheras, P., Makrogiannis, T. 2012. Climatological aspects of extreme precipitation in Europe, related to mid-latitude cyclonic systems. *Theoretical and Applied Climatology* 107, 165-174. <https://doi.org/10.1007/s00704-011-0474-0>
- Khomsí, K., Mahe, G., Trambly, Y., Sinan, M., Snoussi, M. 2015. Trends in rainfall and temperature extremes in Morocco. *Natural Hazards Earth System Sciences* 16, 1079-1090. <https://doi.org/10.5194/nhess-16-1079-2016>
- Kostopoulou, E., Jones, P. 2005. Assessment of climate extremes in the Eastern Mediterranean. *Meteorology and Atmospheric Physics* 89, 69-85. <https://doi.org/10.1007/s00703-005-0122-2>
- Lemus-Canovas, M., Lopez-Bustins, J.A., Martín-Vide, J., Halifa-Marin, A., Insua-Costa, D., Martínez-Artigas, J., Trapero, L., Serrano-Notivol, R., Cuadrat, J.M. 2021. Characterisation of Extreme Precipitation Events in the Pyrenees: From the Local to the Synoptic Scale. *Atmosphere* 12, 665. <https://doi.org/10.3390/atmos12060665>
- Llasat, M.C. 1987. *Episodios de lluvias copiosas en Catalunya: génesis, evolución y factores coadyuvantes*. PhD, Universidad de Barcelona. <http://www.tdx.cat/TDX-0426110-132107>
- Llop-Garau, J. L., Alomar-Garau, G. A. 2012a. Clasificación sinóptica automática de Jenkinson y Collison para los días de precipitación mayor o igual a 200 mm en la isla de Mallorca. *Territoris* 8, 143-152. <https://raco.cat/index.php/Territoris/article/view/259933/347140>

- Llop-Garau, J. L., Alomar-Garau, G. A. 2012b. Clasificación sinóptica automática de Jenkinson y Collison para los días de precipitación mayor o igual a 100 mm en la franja litoral catalana e islas baleares. En Rodríguez Puebla, C. *et al.* (Coords.) *Cambio climático. Extremos e impactos*, 449-458. ISBN 978-84-695-4331-3. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7336466>
- Lázaro, R., Rodrigo, F. S., Gutiérrez, L. Domingo, F., Puigdefábregas, J. 2001. Analysis. of a 30-year rainfall record (1967-1997) in semi-arid SE Spain for implications on vegetation. *Journal of Arid Environments* 48, 373-395. <https://doi.org/10.1006/jare.2000.0755>
- López-Bermúdez, F., Romero, M. A. 1993. Génesis. y consecuencias erosivas de las lluvias de alta intensidad en la región mediterránea. *Cuadernos de Investigación Geográfica* 18-19. 7-28. <https://doi.org/10.18172/cig.1000>
- López-Bustins, J. A., Arbiol-Roca, L., Martín-Vide, J., Barrera-Escoda, A., Prohom, M. 2020. Intra-annual variability of the Western Mediterranean Oscillation (WeMO) and occurrence of extreme torrential precipitation in Catalonia (NE Iberia). *Natural Hazards Earth Systems Science* 20, 2483-2501. <https://doi.org/10.5194/nhess-20-2483-2020>
- López-Moreno, J. I., Vicente-Serrano, S. M., Angulo-Martínez, M., Beguería, S., Kenawy, A. 2009. Trends. in daily precipitation on the northeastern Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology* 30, 1026-1041. <https://doi.org/10.1002/joc.1945>
- Marani, L. Parisi S. G. 2014. Extreme. rainfall in the Mediterranean Basin. En N. Diodato and G. Bellocchi (Eds). Storminess and environmental change. *Advances in Natural and Technological Hazards Research* 39, 17-36. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7948-8_2
- Martín-Vide, J., Moreno-García, M. C., Lopez-Bustins, J. A. 2021. Synoptic. causes of torrential rainfall in south-eastern Spain (1941-2017). *Cuadernos de Investigación Geográfica* 47, 143-162. <https://doi.org/10.18172/cig.4696>
- Martín-Vide, J. 1989. Precipitaciones. torrenciales en España. *Rev. Norba de Geografía* 6, 63-70. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/109702.pdf>
- Martín-Vide, J. 1994. Precipitations:. maxims diaris probables i irregularitat. En Pérez Cueva, A. (ed.) *Atlas climàtic de la Comunitat Valenciana (1961-1990)*, 94-96. Generalitat Valenciana, Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports.
- Martín-Vide, J., Sánchez-Lorenzo, A., Raso-Nadal J.M., López-Bustins, J. A., Cordobilla, M. J., Peña, J.C., Peña, J. C., Soler, X., Prohom, M., García Manuel, A., Cernocky, T. 2008. Catálogo de patrones sinópticos asociados a precipitaciones torrenciales en Cataluña. En Estrella, M. J. (Coord), *Riesgos climáticos y cambio global en el Mediterráneo español*, 39-56. ISBN 978-84-95484-88-8.
- Mathbout, S., Lopez-Bustins, J. A., Royé, D., Martín-Vide, J., Bech, J., Rodrigo, F. S. 2017. Observed. changes in daily precipitation extremes at annual timescale over the Eastern Mediterranean during 1961-2012. *Pure Applied Geophysics* 175, 3875-3890. <https://doi.org/10.1007/s00024-017-1695-7>
- Merino, A., Fernández-Vaquero, M., Lopez L., Fernández-González, S., Hermida, L., Sánchez, J. L., García-Ortega, E., Gascón, E. 2016. Large-scale. patterns of daily precipitation extremes on the Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology* 36, 3873-3891. <https://doi.org/10.1002/joc.4601>
- Meseguer-Ruiz, O., Osborn, T. J., Sarricolea, P., Jones, P. D., Olcina Cantos, J., Serrano-Notivoli, R., Martín-Vide, J. 2018. Definition. of a temporal distribution index for high temporal resolution precipitation data over Peninsular Spain and the Balearic Islands: the fractal dimension; and its synoptic implications. *Climate Dynamics* 52, 439-456. <https://doi.org/10.1007/s00382-018-4159-6>
- Miró, J. J., Estrela, M. J., Caselles, V., Gómez, I. 2018. Spatial. and temporal rainfall changes in the Júcar and Segura basins (1955-2016): Fine-scale trends. *International Journal of Climatology* 38, 4699-4722. <https://doi.org/10.1002/joc.5689>
- Miró, J. J., Lemus-Canovas, M., Serrano-Notivoli, S., Olcina Cantos, J., Estrela, M. J., Martín-Vide, J., Sarricolea, P., Meseguer-Ruiz, O. 2022. A component-based approximation for trend detection of intense rainfall in the Spanish Mediterranean coast. *Weather and Climate Extremes* 38, 100513. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2022.100513>

- Norrrant, C., Douguedroit, A. 2006. Monthly. and daily precipitation trends in the Mediterranean (1950-2000). *Theoretical and Applied Climatology* 83, 89-106. <https://doi.org/10.1007/s00704-005-0163-y>
- Nouaceur, Z., Murarescu, O., Muratoreanu, G. 2022. Statistical. Analysis of Heavy Rains and Floods around the French Mediterranean Basin over One Half a Century of Observations. *Geosciences* 12, 447. <https://doi.org/10.3390/geosciences12120447>
- Olcina, J. 1994a. *Tormentas y granizadas en las tierras alicantinas*. Alicante, Editorial Universidad de Alicante, 317 p. <http://hdl.handle.net/10045/22610>
- Olcina, J. 1994b. *Riesgos climáticos en la Península Ibérica*. Madrid: Penthalon, 440 p.
- Ouatiki, H., Boudhar, A., Ouhinou, A., Arioua, A., Hssaisoune, M., Bouamri, H., Benabdelouahab, T. 2019. Trend. analysis of rainfall and drought over the Oum Er-Rbia River Basin in Morocco during 1970-2010. *Arabian Journal of Geosciences* 12, 128. <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4300-9>
- Peñarrocha, D., Estrela, M. J., Millán, M. 2002. Classification. of daily rainfall patterns in a Mediterranean area with extreme intensity levels: The Valencia region. *International Journal of Climatology* 22, 677-695. <https://doi.org/10.1002/joc.747>
- Pino, D., Ruiz-Bellet, J. L., Balasch, J. C., Romero-León, L., Tuset, J., Barriendos, M., Mazon, J., Castelltort, X. 2016. Meteorological. and hydrological analysis of major floods in NE Iberian Peninsula. *Journal of Hydrology* 541 Part A, 63-89. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.02.008>
- Poesen, J., Hooke J. 1997. Erosion flooding and channel management in Mediterranean environments of southern Europe. *Progress in Physical Geography* 21, 157-199. <https://doi.org/10.1177/030913339702100201>
- Pérez-Cueva, A. 1983. Precipitaciones. extraordinarias en España peninsular. *Agricultura y Sociedad* 28, 189-203. <http://hdl.handle.net/10045/22610>
- Queralt, S., Hernández, E., Barriopedro D., Gallego, D., P. Ribera, P., Casanova, C. 2009. North. Atlantic Oscillation influence and weather types associated with winter total and extreme precipitation events in Spain. *Atmospheric Research* 94, 675-683. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2009.09.005>
- Ribes, A., Thao, S., Vautard, R., Dubuisson, B., Somot, S., Colin, J., Planton, S., Soubeyroux, J.-M. 2019. Observed. increase in extreme daily rainfall in the French Mediterranean. *Climate Dynamics* 52, 1095-1114. <https://doi.org/10.1007/s00382-018-4179-2>
- Rodrigo, F. S., Trigo, R. M. 2007. Trends. in daily rainfall in the Iberian Peninsula from 1951-2002. *International Journal of Climatology* 27, 513-529. <https://doi.org/10.1002/joc.1409>
- Rodrigo, F.S. 2010. Changes in the probability of extreme daily precipitation observed from 1951 to 2002 in the Iberian Peninsula. *Int. J. Climatol.* 30(10), 1512-1525. <https://doi.org/10.1002/joc.1987>
- Romero, R., Sumner, G., Ramis, C., Genovés, A. 1999. A classification of the atmospheric circulation patterns producing significant daily rainfall in the Spanish Mediterranean area. *International Journal of Climatology* 19, 765-785. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0088\(19990615\)19:7<765::AID-JOC388>3.0.CO;2-T](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0088(19990615)19:7<765::AID-JOC388>3.0.CO;2-T)
- Salhi, A., Benabdelouahab, S., Martin-Vide, J. 2022. Statistical. analysis of long-term precipitation in the Maghreb reveals significant changes in timing and intensity. *Theoretical and Applied Climatology* 150, 1369-1384. <https://doi.org/10.1007/s00704-022-04236-9>
- Santos, M., Fonseca, A., Frago, M., Santos, J. A. 2019. Recent and future changes of precipitation extremes in mainland Portugal. *Theoretical and Applied Climatology* 137,1305-1319. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2667-2>
- Serrano-Notivoli, R., Beguería, S., Saz, M. A., de Luis, Martin. 2018. Recent. trends reveal decreasing intensity of daily precipitation in Spain. *International Journal of Climatology* 38, 4211-4224. <https://doi.org/10.1002/joc.5562>
- Sillero-Medina, J. A., Molina-Luque, J., Ruiz-Sinoga, J. D. 2022. Dinámica. de la precipitación torrencial en el sur de España. In Martí-Ezpeleta, A. *et al.* (Eds.). Retos del cambio climático: impactos, mitigación y adaptación, 643-652. Asociación Española de Climatología. <http://hdl.handle.net/20.500.11765/14110>
- Slivinski, L.C., Compo, Gilbert P., Whitaker, J. S., Sardeshmukh, P. D., Giese, B. S., McColl, C., Allan, R., Yin, X., Vose, R., Titchner, H., Kennedy, J., Spencer, L. J., Ashcroft, L., Brönnimann, S., Brunet, M.,

- Camuffo, D., Cornes, R., Cram, T. A., Crouthamel, R., ..., Wyszyński, P. 2019. Towards a more reliable historical reanalysis: improvements for version 3 of the Twentieth Century Reanalysis system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 145, 2876-2908. <https://doi.org/10.1002/qj.3598>
- Sánchez-Almodóvar, E., Martín-Vide, J., Olcina-Cantos, J., Lemus-Canovas, M. 2022. Are atmospheric situations now more favourable for heavy rainfall in the Spanish Mediterranean? Analysis of episodes in the Alicante Province (1981-2020). *Atmosphere* 13, 1410. <https://doi.org/10.3390/atmos13091410>
- Toreti, A., Giannakaki, P., Martius, O. 2016. Precipitation extremes in the Mediterranean region and associated upper-level synoptic-scale flow structures. *Climate Dynamics* 47, 1925-1941. <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2942-1>
- Toreti, A., Xoplaki, E., Maraun, D., Kuglitsch, F. G., Wanner, H., Luterbacher, J. 2010. Characterisation of extreme winter precipitation in Mediterranean coastal sites and associated anomalous atmospheric circulation patterns. *Natural Hazards Earth Systems Science* 10, 1037-1050. <https://doi.org/10.5194/nhess-10-1037-2010>
- Tramblay, Y., El Adlouni, S., Servat, E. 2013a. Trends and variability in extreme precipitation indices over Maghreb countries. *Natural Hazards Earth Systems Science* 13, 3235-3248. <https://doi.org/10.5194/nhess-13-3235-2013>
- Tramblay, Y., Neppel, L., Carreau, J., Najib, K. 2013b. Non-stationary frequency analysis of heavy rainfall events in southern France. *Hydrological Sciences Journal*, 58, 280-294. <https://doi.org/10.1080/02626667.2012.754988>
- Trigo, R. M., DaCamara, C. 2000. Circulation weather types and their influence on the precipitation regime in Portugal. *International Journal Climatology* 20, 1559-1581. [https://doi.org/10.1002/1097-0088\(20001115\)](https://doi.org/10.1002/1097-0088(20001115))
- Valdés-Abellán, J., Pardo, M., Tenza-Abril, A. 2017. Observed precipitation trend changes in the western Mediterranean region. *International Journal of Climatology* 37, 1285-1296. <https://doi.org/10.1002/joc.4984>
- Valencia, J. L., Tarquis, A. M., Saá-Requejo, A., Gascó, J. M. 2012. Change of extreme rainfall indexes at Ebro River Basin. *Natural Hazards Earth Systems Science*, 12, 2127-2137. <https://doi.org/10.5194/nhess-12-2127-2012>
- Vicente-Serrano, S. M., Zabalza, J., Borràs, G., López-Moreno, J. I., Pla, E., Pascual, D., Savé, R., Biel, C., Funes, I., Azorin-Molina, C., Sanchez-Lorenzo, A., Martín-Hernández, N., Peña-Gallardo, M., Alonso-González, E., Tomas-Burguera, M., El Kenawy, A. 2017. Extreme hydrological events and the influence of reservoirs in a highly regulated river basin of northeastern Spain. *Journal of Hydrological Regional Studies* 12, 13-32. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2017.01.004>
- Zhang, X., Aguilar, E., Sensoy, S., Melkonyan, H., Tagiyeva, U., Ahmed, N., Kutaladze, N., Rahimzadeh, F., Taghipour, A., Hantosh, T. H., Albert, P., Semawi, M., Ali, M. K., Al-Shabibi, M. H. S., Al-Oulan, Z., Zadari, T., Khelet, I. D., Hamoud, S., Sagir, R., ..., Wallis, T., 2005. Trends in Middle East climate extreme indices from 1950 to 2003. *Journal Geophysical Research* 110, D22104. <https://doi:10.1029/2005JD006181>
- Zittis, G. 2018. Observed rainfall trends and precipitation uncertainty in the vicinity of the Mediterranean, Middle East and North Africa. *Theoretical Applied Climatology* 134, 1207-1230. <https://doi.org/10.1007/s00704-017-2333-0>