

LOS MAYORES EPISODIOS DE PRECIPITACIÓN DE LOS ÚLTIMOS 50 AÑOS EN ESPAÑA

Peio ORIA IRIARTE

Delegación Territorial de AEMET en Navarra

poriai@aemet.es

RESUMEN: La precipitación es una variable climática esencial con importantes repercusiones en una amplia variedad de sectores ya que además constituye uno de los principales elementos del ciclo hidrológico. Su distribución espacial y temporal está claramente condicionada por factores climáticos, meteorológicos y geográficos como el tipo de clima, el patrón atmosférico o la topografía. En esta colaboración se hace hincapié en los extremos de precipitación a escala diaria y se analizan aspectos de su distribución y variabilidad, así como la situación sinóptica y los impactos de uno de los episodios que dejó una mayor cantidad de precipitación en el conjunto de las estaciones españolas, el de noviembre de 1982. Para ello se toman como base los datos de las últimas cinco décadas de precipitación diaria en 839 estaciones de AEMET repartidas por toda la geografía estatal.

Palabras clave: Precipitación, escala diaria, extremos, tendencia.

1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio parte del análisis de los episodios extremos en cuanto a precipitaciones diarias registradas durante los últimos 50 años en estaciones de la Agencia Estatal de Meteorología repartidas por el conjunto del territorio español. La precipitación es una variable climática esencial, posee una alta variabilidad espacio-temporal y su gran diversidad está claramente relacionada con los distintos climas observados en la península ibérica, Baleares y Canarias (MESTRE y otros, 2011; FONT TULLOT, 2000). Estas diferencias se ponen de relevancia cuando se analizan distintos indicadores o parámetros como las máximas intensidades de precipitación, el número de días de precipitación al año o la variabilidad intraanual e interanual. Las anteriores variables son influenciadas por factores en todas las escalas, desde las más grandes (configuración sinóptica, ondas de Rossby, etc.), pasando por las medianas (grandes sistemas convectivos, pasos frontales, etc.) hasta las más pequeñas (distribución altitudinal, convergencias de vientos, etc.). En cuanto a las series temporales es frecuente ajustar datos de precipitación acumulada en uno o varios días a una distribución estadística gamma (PANELO ESBERTO, 2018; SHARMA y SINGH, 2010). Por otro lado, los extremos de las distribuciones, ya sea en forma de precipitaciones torrenciales y/o persistentes o los periodos de sequía, generan un gran impacto en muchos ámbitos. Todos los años los desastres causados por riesgos relacionados con el tiempo, el clima y el agua afectan a comunidades de todo el mundo, con la consiguiente pérdida de vidas humanas, destrucción de infraestructuras y degradación de ecosistemas. De hecho, este tipo de desastres naturales suponen el 90 % del total a nivel mundial. En el caso de sistemas relacionados con la precipitación, los ciclones tropicales y extratropicales, las tormentas y las inundaciones constituyen aproximadamente el 80 % del total de desastres relacionados con el tiempo, el clima y el agua, produciendo el 54 % de muertes y el 84 % de pérdidas económicas (WMO, 2014). En España los sistemas de precipitación de alta persistencia y/o intensidad han causado grandes inundaciones en los últimos 50 años, tanto de carácter

fluvial (desbordamientos del Ebro en 1961, 2003, 2015 y 2018 (SÁNCHEZ FABRE y otros, 2015), inundaciones en Bizkaia y Gipuzkoa en 1953 y 1983 (IBISATE, OLLERO y ORMAETXEA, 2000), etc.) como de carácter repentino (riadas del Vallés en 1962 (MUNSÓ CABÚS, 2003), catástrofe de Biescas en 1996 (GARCÍA-RUIZ y otros, 2004), crecida súbita de San Llorenç de la Muga en 2018, etc.). Especialmente temidas son las situaciones de levante acompañadas de aire frío en altura como la que se dio en octubre de 1982 en Valencia, y cuyas precipitaciones ocasionaron la rotura de la presa de Tous, con decenas de víctimas y considerada como uno de los mayores desastres hidrológicos en la historia reciente de España (RIVERA, 2012).

Debido precisamente a que los efectos de los extremos climáticos relacionados con las precipitaciones como inundaciones y sequías tienen un impacto mundial muy significativo a nivel económico, ecológico y social, el interés por su distribución en el pasado así como las posibles alteraciones en un contexto de cambio climático global y las proyecciones para el futuro ha aumentado notablemente en este siglo (MISTRY, 2019; EASTERLING y otros, 2000; ALEXANDER, 2016). Una de las mayores fuentes de incertidumbre a la hora de calcular distribuciones y tendencias de precipitación es la insuficiente cobertura espacial de datos (EL ADLOUNI y OUARDA, 2010). A lo anterior se suma que la precipitación es una variable cuyo cambio global puede ser uno de los más sensibles a las características regionales. Esto se refleja especialmente bien en una región como la península ibérica, a caballo entre el mar Mediterráneo y el Atlántico, y caracterizada por un marcado ciclo estacional y una gran variabilidad interanual (POLADE y otros, 2017). De hecho, los valores extremos pueden tener una gran relevancia en los resultados de las distribuciones totales de precipitación ya que proporcionan información para la descripción de las colas de las distribuciones.

Para el estudio de posibles cambios en la distribución de eventos extremos de precipitación a escala diaria en España se escogen dos índices, el máximo anual de precipitación diaria y el máximo anual de precipitación durante 5 días consecutivos. La definición de los mismos puede encontrarse en DONAT y otros (2013) junto a otros índices de extremos climáticos incluidos en la base de datos en rejilla, operativa y de cobertura global GHCNDEX.

2. METODOLOGÍA. SELECCIÓN DE ESTACIONES

Se seleccionan estaciones del Banco Nacional de Datos Climatológicos de AEMET en las que se registra precipitación diaria durante el día pluviométrico (07 a 07 UTC) en el periodo de 50 años comprendido entre 1969 y 2018. El criterio para la selección de estaciones es que tengan más de 500 meses con datos en el periodo escogido, que la fecha de alta sea igual o anterior al 1 de enero de 1969 y que sigan tomando datos en el año 2018. Las estaciones escogidas, un total de 839, se clasifican como estaciones principales, observatorios sinópticos o estaciones pluviométricas y se encuentran distribuidas por la geografía española según se muestra en la figura 1.

El número total de días con dato disponible es de un 95,82 % de todos los posibles (15 321 818, que equivalen a los 18 262 días comprendidos entre 1969 y 2018 multiplicado por las 839 estaciones). Del total de datos disponibles se contabilizan como días de lluvia los días con precipitación inapreciable (2,03 %) pero se eliminan los días en los que se ha acumulado cierta cantidad de lluvia para ser anotada uno o varios días después (0,18 %).

Las lagunas de datos han sido rellenadas mediante la generación de la matriz de correlación entre los datos de precipitación de cada una de las 839 estaciones en los 18 262 días.

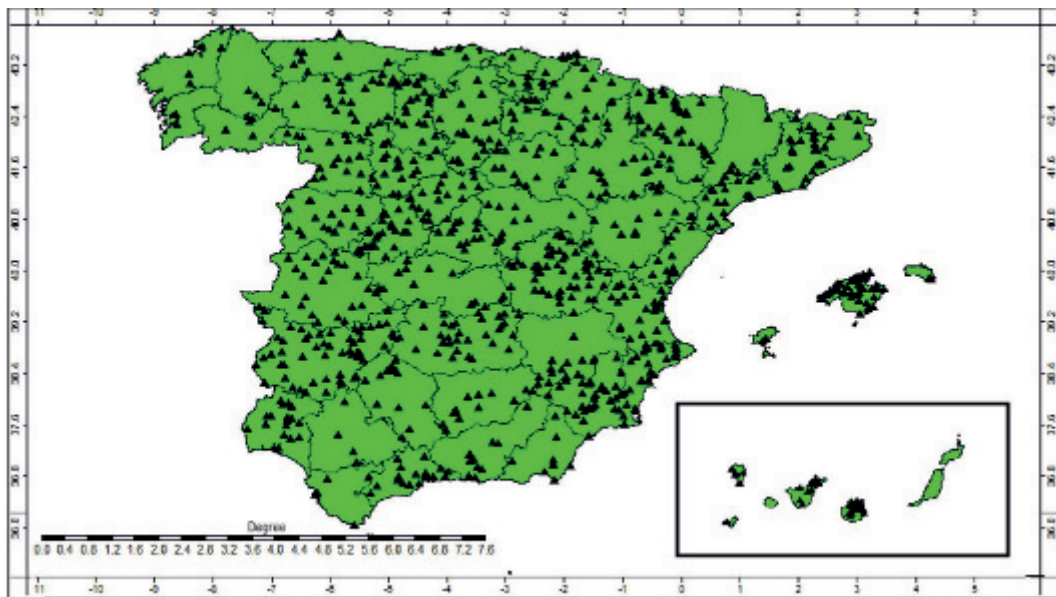


Figura 1. Ubicación de estaciones meteorológicas que miden precipitación en el día pluviométrico durante el periodo 1969-2018.

Haciendo uso de una regresión lineal se calculan los coeficientes para el cálculo de los datos faltantes. El hecho de contar con un periodo suficientemente largo de datos y un número elevado de estaciones repartidas de forma aproximadamente homogénea proporcional, *a priori*, una base fiable para un análisis preliminar de episodios extremos a escala diaria teniendo en cuenta que se va a sumar la precipitación sobre todas las estaciones. En otras palabras, la variabilidad en la medida de la precipitación relacionada con irregularidades topográficas o variaciones microclimáticas, y que tiene que ver con la ubicación concreta de cada estación, es camuflada por una densidad de estaciones que caracterizan suficientemente bien los sistemas de precipitación de gran escala espacial (~ 1000 km) y temporal (uno o varios días) y que son precisamente el objeto de este estudio. Otros errores aleatorios en el cómputo global de la precipitación pueden provenir de los datos faltantes o de deficiencias en la observación de la precipitación.

Para cada día del periodo 1969-2018 se computa la cantidad de precipitación total diaria en el conjunto de estaciones y el número de estaciones con dato. Es importante recalcar que no se estudian series por separado sino en conjunto. El listado se ordena de mayor a menor precipitación de tal modo que el primer día de la lista podría definirse como el día más húmedo a nivel nacional de los últimos 50 años en términos absolutos.

3. RESULTADOS

En la figura 2 se representa la precipitación total en el conjunto de estaciones (círculos negros) y el porcentaje de estaciones sin dato (triángulos azules) que han sido rellenadas para cada uno de los días del periodo mientras que en la figura 3 se muestra la evolución anual del máximo total de precipitación diaria en el conjunto de estaciones y una línea de tendencia ajustada a los datos. Se ha empleado el test estadístico de Mann-Kendall para detección de tendencias monotónicas. El test indica si existe una tendencia y si es positiva

o negativa. La hipótesis nula asume que no hay tendencia y la alternativa que sí la hay. El resultado del test muestra un valor de τ de 0,792, suficientemente próximo a 1 como para demostrar la correlación entre las dos variables (máximo de precipitación total anual en el conjunto de estaciones y años del periodo). El p-valor asociado con el test arroja un valor inferior a $2,22 \times 10^{-16}$, estadísticamente significativo al nivel del significación del 95 %, lo cual permite rechazar la hipótesis nula.

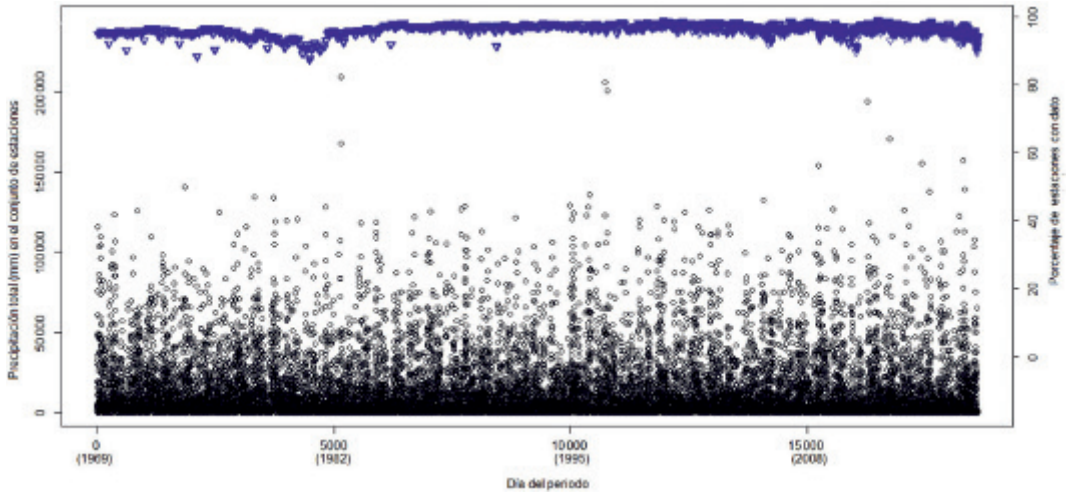


Figura 2. Precipitación total en el conjunto de estaciones (círculos negros) y el porcentaje de estaciones en las que se ha rellenado el dato (triángulos azules) para cada uno de los días del periodo.

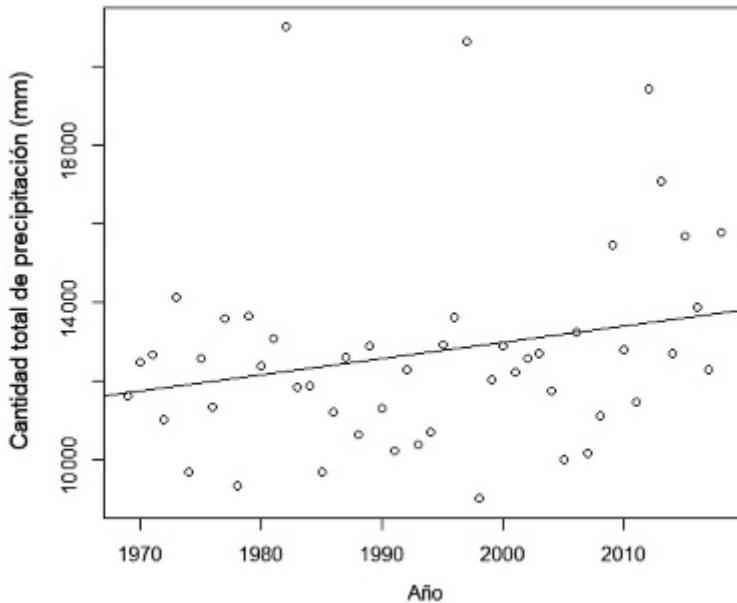


Figura 3. Evolución anual del máximo total de precipitación diaria en el conjunto de estaciones. Se ha ajustado una recta de regresión lineal a los datos.

Siete años tienen al menos un día que supera los 15 000 mm. La regresión lineal muestra un claro aumento con el número de años debido principalmente a los valores extremos de la década de 2010. La pendiente es de aproximadamente 50 mm/año, que podría interpretarse como el aumento de la cantidad de lluvia recogida en el episodio anual de mayor precipitación en un día en España (se remarca que es en cómputo sobre todas las estaciones y en promedio temporal). En cuanto a los valores atípicos (valores que se desvían significativamente de la tendencia general del resto de datos), los 3 valores superiores o cercanos a los 20 000 mm corresponden a los años 1982 (6 de noviembre), 1997 (5 de noviembre) y 2012 (28 de septiembre). Los 3 episodios tuvieron lugar en otoño y con una diferencia de ocurrencia de 15 años. En el caso de 1982 y 1997 es destacable que se produjeron en los dos años con las fases Niño del fenómeno ENSO más intensas desde que se tienen registros (WOLTER y TIMLIN, 2011). En el caso del año 2012, si bien la ENSO también estaba en fase de Niño, el valor de intensidad del índice multivariado ENSO entre mayo y agosto ocupa el vigésimo segundo puesto de todo el histórico (<https://www.esrl.noaa.gov/psd/ens/mei.ext/>). La ENSO se considera el fenómeno más importante de acoplamiento atmósfera-océano en cuanto a la explicación de la variabilidad climática global en escalas de tiempo interanuales. Por otro lado, desde hace varios años se están investigando las conexiones entre eventos de precipitación extremos en diferentes partes del mundo que, al parecer, guardan relación con el acoplamiento de la dinámica atmosférica entre los trópicos y las latitudes medias (BOERS, 2017).

El 6 de noviembre de 1982 y el 5 de noviembre de 1997 pueden, por tanto, considerarse los días más húmedos en la historia reciente de España. Por ejemplo, el 6 de noviembre se acumularon un total de 20 990 mm en 789 estaciones de las 839 estudiadas. El punto de observación donde se recogió una mayor cantidad de precipitación fue Alcaucín, en Málaga, con un total de 216 mm en 24 horas. Siguiendo el orden de cantidad total máxima en todas las estaciones, en la tabla 1 se enumeran los diez días más lluviosos del periodo 1969-2018 (fecha, cantidad total acumulada y estación donde se recogió la mayor cantidad de precipitación).

Fecha	Cantidad total (mm)	Estación con mayor precipitación
06/11/1982	20 990	Alcaucín (Málaga): 216,0 mm
05/11/1997	20 617	Navalonguilla (Ávila): 172,1 mm
17/12/1997	20 232	Grazalema (Cádiz): 274,5 mm
28/09/2012	19 428	València aeropuerto: 188,9 mm
24/12/2013	17 077	Grazalema (Cádiz): 182,5 mm
28/02/2018	15 755	Cazalla (Sevilla): 150,3 mm
02/11/2015	15 670	Tivissa (Tarragona): 163,3 mm
23/12/2009	15 448	Santa Cruz de la Palma (Sta. C. Tenerife): 335,2 mm
19/12/1973	14 110	Navalmoral (Cáceres): 176,0 mm
10/04/2018	14 033	Linás de Marcuello (Huesca): 89,0 mm

Tabla 1. Los diez episodios de mayor precipitación en 24 horas en el conjunto de estaciones seleccionadas.

El procedimiento anterior de cálculo de los mayores episodios de precipitación en un día se repite para la precipitación máxima en un periodo de 5 días consecutivos. En la tabla 2 se listan las 10 situaciones más lluviosas junto a la cantidad total acumulada en 5 días y la estación con mayor precipitación. Es llamativo que en 5 de las 10 situaciones la estación con mayor precipitación sea la de Grazalema, precisamente conocida por ser una de las estaciones más húmedas de la Península con situaciones de suroeste. De hecho prácticamente todos los episodios se dan entre octubre y diciembre asociados a potentes flujos húmedos de oeste y suroeste y afectando principalmente al cuadrante suroccidental.

Fecha	Cantidad total (mm)	Estación con mayor precipitación
22-26/12/2009	54 213	Grazalema (Cádiz): 680,2 mm
26-30/12/1981	49 955	Serranillos (Ávila): 362,9 mm
2-6/11/1997	48 625	Malpartida de Plasencia (Cáceres): 355,4 mm
5-9/11/1982	46 653	Alcaucín (Málaga): 441,0 mm
19-23/11/1989	46 579	Gaucín (Málaga): 432,0 mm
19-23/10/1999	45 246	Grazalema (Cádiz): 355,8 mm
7-11/01/1970	44 949	Grazalema (Cádiz): 347,2 mm
15-19/12/1997	43 588	Grazalema (Cádiz): 425,0 mm
12-16/03/1969	43 114	Grazalema (Cádiz): 332,9 mm
20-24/10/2000	41 908	Morella (Castellón): 502,0 mm

Tabla 2. Diez episodios de mayor precipitación en un periodo de 5 días en el conjunto de estaciones seleccionadas.

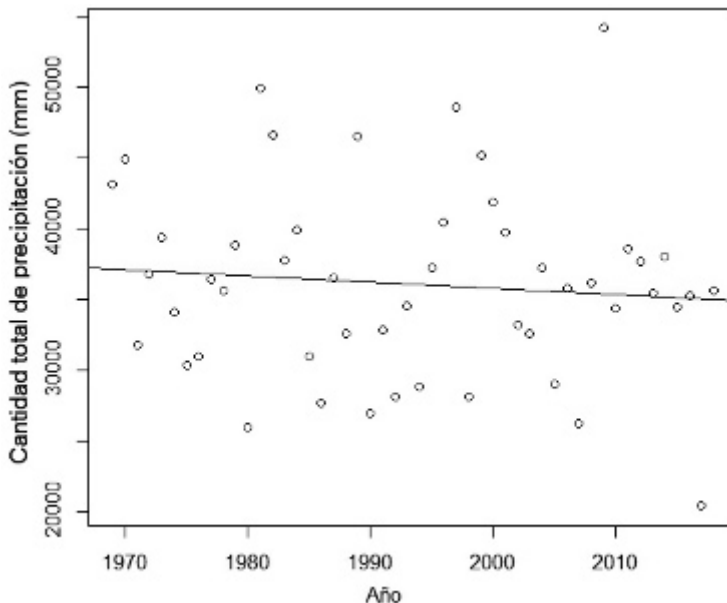


Figura 4. Evolución anual del máximo total de precipitación en 5 días en el conjunto de estaciones. Se ha ajustado una recta de regresión lineal a los datos.

Por otro lado, a excepción de la primera situación (entre el 22 y el 26 de diciembre de 2009), todas pertenecen al siglo pasado (a diferencia de las situaciones de precipitaciones máximas en un día donde la mayoría se han producido durante el presente siglo). Teniendo en cuenta lo anterior no es sorprendente que la evolución anual del máximo total de precipitación en 5 días en el conjunto de estaciones (figura 4) dé lugar a una tendencia ligeramente descendente. En este caso el resultado del test estadístico no paramétrico de Mann-Kendall da valores $\tau = 0,739$ y p-valor inferior a $2,22 \times 10^{-16}$ mostrando tendencia estadísticamente significativa.

4. BREVE DESCRIPCIÓN DEL EPISODIO DEL 6 DE NOVIEMBRE DE 1982

La situación que tuvo lugar entre el 5 y el 8 de noviembre de 1982 está considerada como una de las más dañinas en la historia reciente de España en cuanto a efectos ocasionados por fuertes precipitaciones y se caracterizó por el paso consecutivo de dos borrascas atlánticas muy profundas, especialmente la que afectó a la Península los días 6 y 7, en la que el valor de la presión en su centro al aproximarse a la Península alcanzó valores en torno a los 965 hPa (OLCINA, 1994; FONT TULLOT, 2000). En la figura 5 se representan los campos del geopotencial y temperatura en 500 hPa a las 06 UTC, el transporte de humedad ($q \cdot \bar{V}$ donde q es la humedad específica y \bar{V} el viento) a las 00 UTC en el nivel de 850 hPa y la presión en superficie a las 12 UTC obtenidos mediante el reanálisis ERA-Interim del ECMWF, así como la precipitación acumulada en el conjunto de estaciones de la Península y Baleares. Además de ello se muestran las imágenes de satélite en un canal infrarrojo del 5 y 6 de noviembre de 1982 a las 23.30 UTC. En los mapas destaca la potente borrasca en superficie al noroeste de Galicia y los ríos atmosféricos, uno de ellos asociado a la borrasca cuyo centro atraviesa Francia a primera hora del día 6 (en la imagen de satélite de las 23.30 UTC del 5 de noviembre se observa la banda de nubosidad sobre la mitad oeste de la Península), y el otro, mucho más potente, todavía a unos 500-1000 km al oeste de la costa portuguesa a primera hora del día 6 pero que barrió la Península durante los días 6 y 7. En la imagen de satélite de las 23.30 UTC del día 6 se observa la nubosidad compacta asociada al frente seguida de una potente línea de descarga postfrontal. Como se ve en el mapa de precipitación acumulada, los valores de precipitación en amplias regiones de Andalucía, Extremadura, Castilla-La Mancha y zonas de montaña del norte de la Península rondaron los 30-100 mm en 24 horas, si bien algunas estaciones del sur de Andalucía se acercaron a los 200 mm. En cuanto al impacto del episodio se contabilizaron un total de 30 víctimas mortales en España, principalmente en Cataluña (sobre todo los días 7 y 8) así como graves desbordamientos e inundaciones, daños a infraestructuras y agricultura, cortes en carreteras y un gran número de vehículos arrastrados por las riadas. Prácticamente todas las regiones de la Península y Baleares fueron afectadas, muy especialmente zonas del Pirineo y del noreste. Como registro más singular destaca la estación de montaña del refugio de Góriz (Pirineo oscense) donde se contabilizaron 650 mm en 48 horas. También en Andorra se registraron precipitaciones extraordinarias y de hecho las avenidas que ocasionaron están consideradas como el desastre natural más importante en el último siglo con 13 fallecidos. Las precipitaciones en el total del episodio rondaron los 200 mm en la parte media-baja del Principado.

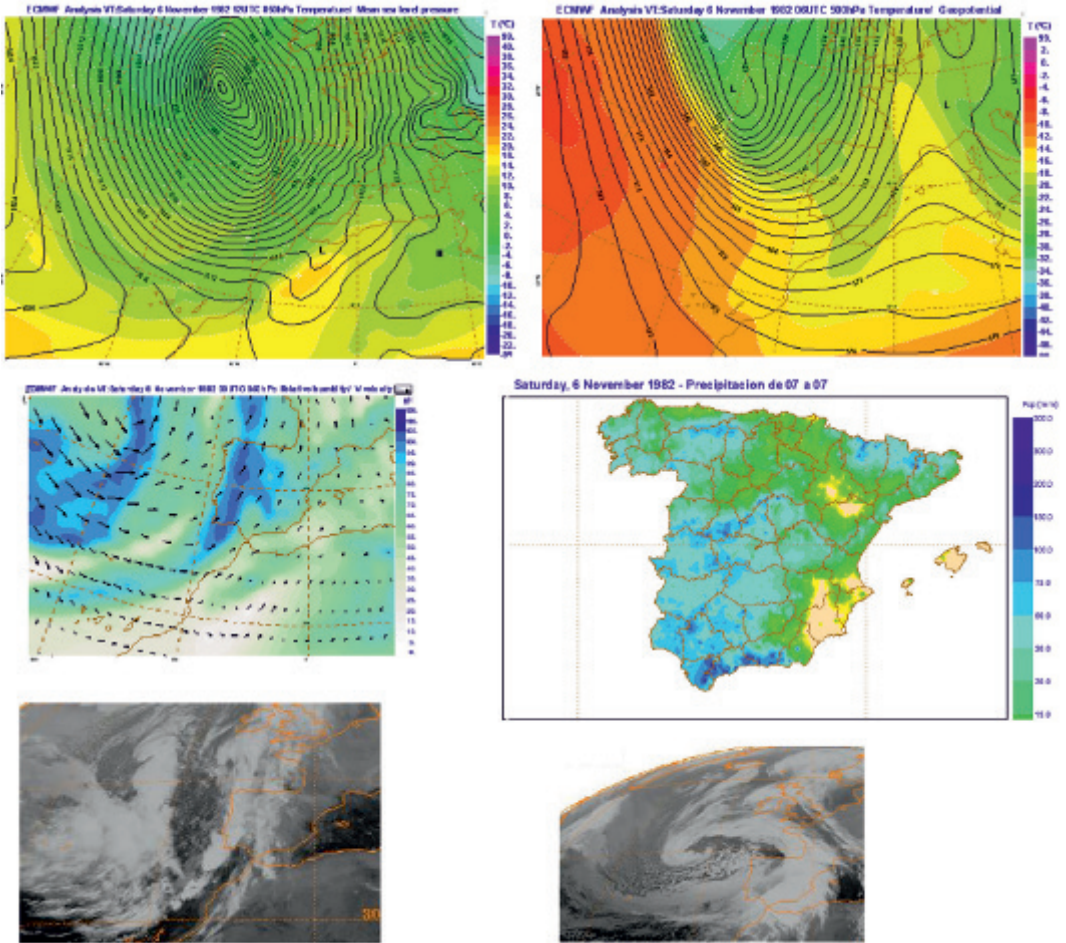


Figura 5. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: campos de reanálisis del ECMWF para el día 6 de noviembre de 1982: a) presión a nivel del mar y temperatura en 850 hPa a las 12 UTC, b) temperatura y geopotencial en 500 hPa a las 06 UTC y c) advección de humedad ($q \cdot \vec{V}$) en 850 hPa a las 00 UTC. d) Precipitación recogida en la red de estaciones termopluviométricas de AEMET en el día pluviométrico. e) Imagen de satélite en canal IR del día 5 a las 23.30 UTC. f) Imagen de satélite en canal IR del día 6 a las 23.30 UTC.

6. CONCLUSIONES

La precipitación se caracteriza por presentar una gran variabilidad tanto a nivel espacial como temporal. Esto es además especialmente visible en una región como la península ibérica, Baleares y Canarias ya que se encuentran diferentes patrones de precipitación asociados a una gran variedad de climas. Los resultados encontrados en este pequeño análisis muestran la tendencia de algunas situaciones extremas en cuanto a precipitaciones observadas en un periodo de uno o cinco días y en un conjunto grande de estaciones. Si bien las situaciones anuales más húmedas en un periodo de 24 horas muestran una tendencia creciente

en los últimos 50 años no ocurre lo mismo si se toma un periodo de 5 días. En cuanto a episodios particulares, las situaciones de suroeste, muchas veces acompañadas de una bolsa de aire frío en las proximidades del litoral oeste de la Península, son las que pueden precipitar un mayor volumen de agua en el conjunto del país causando numerosos daños como se ha visto en la situación de noviembre de 1982. Además, algunas situaciones que penetran por el flanco suroccidental pueden dar lugar también a grandes cantidades de precipitación en otras zonas distantes, como el Pirineo. Las estaciones que recogen mayores acumulaciones en estos episodios suelen ser aquellas ubicadas en las proximidades de sistemas montañosos del cuadrante centro y suroccidental que maximizan el componente orográfico asociado a las precipitaciones (Grazalema, Gredos, etc.).

Sería interesante estudiar el comportamiento de más índices de extremos climáticos relacionados con la precipitación como, por ejemplo, la distribución de los días sin lluvia (días secos) o la evolución de las cantidades de precipitación recogidas en los días donde se supera un umbral elevado (por ejemplo el percentil 95, que correspondería a los días muy húmedos), ya sea teniendo en cuenta los posibles cambios en puntos de observación por separado o tomando las estaciones en su conjunto como se ha hecho en el presente estudio.

Por último, actualmente un gran número de estudios e investigaciones apuntan a que el cambio climático puede estar alterando la distribución de extremos de temperatura y precipitación. En el caso de esta última variable las incertidumbres son especialmente significativas.

BIBLIOGRAFÍA

- ALEXANDER, L. V., 2016. Global observed long-term changes in temperature and precipitation extremes: A review of progress and limitations in IPCC assessments and beyond. *Weather Clim. Extrem.*, 2016, 11, 4-16.
- BOERS, N. y otros, 2019. Complex networks reveal global pattern of extreme-rainfall teleconnections. *Nature*, 566, pp. 373-377.
- DONAT, M. G. y otros, 2013. Global land-based datasets for monitoring climatic extremes. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 94, 997-1006.
- EASTERLING, D. R., MEEHL, G. A., PARMESAN, C., CHANGNON, S. A., KARL, T. R. y MEARNNS, L. O., 2000. Climate Extremes: Observations, Modeling, and Impacts. *Science*, 2000, 289, 2068-2074.
- EL ADLOUNI, S. y OUARDA, T. B. M. J., 2010. Frequency Analysis of Extreme Rainfall Events. *Geophysical Monograph Series*, enero 2010.
- FONT TULLOT, I., 2000. Climatología de España y Portugal, Universidad de Salamanca.
- GARCÍA-RUIZ, J. M., WHITE, S., MARTÍ BONO, C., VALERO, B., ERREA, M. P. y GÓMEZ VILLAR A., 2004. La avenida del barranco de Arás y los riesgos hidrológicos en el Pirineo central español, en J. L. Peña, L. A. Longares & M. Sánchez (eds.), Geografía física de Aragón. Aspectos generales y temáticos, Universidad de Zaragoza e Institución Fernando el Católico, Zaragoza.
- IBISATE, A., OLLERO, A. y ORMAETXEA, O., 2000. Las inundaciones en la vertiente cantábrica del País Vasco en los últimos 20 años. *Serie Geográfica*, 9: 177-186.
- MESTRE, A. y otros, 2011. Atlas Climático Ibérico: Temperatura del Aire y Precipitación (1971-2000). Agencia Estatal de Meteorología e Instituto de Meteorología de Portugal.

- MISTRY, M. N., 2019. A High-Resolution Global Gridded Historical Dataset of Climate Extreme Indices, *Data* 2019, 4, 41; doi:10.3390/data4010041www.mdpi.com/journal/data.
- MUNSÓ CABÚS, J., 2003. Las inundaciones del Vallés. Biblioteca Joan Petit i Aguilar de Sant Feliu de Codines, Barcelona. Editorial Planeta, S. A. ISBN 84-08-04683-7.
- OLCINA, J., 2009. Cambio climático y riesgos climáticos en España. *Investigaciones Geográficas*, 49.
- PANELO ESBERTO, M. D., 2018. Probability Distribution Fitting of Rainfall Patterns in Philippine Regions for Effective Risk Management. *Environment and Ecology Research*, 6(3).
- POLADE, S. J. y otros, 2017. Precipitation in a warming world: Assessing projected hydro-climate changes in California and other Mediterranean climate regions. *Scientific Reports*, 7, 10783.
- RIVERA, A., 2012. Las lluvias torrenciales del 20 de octubre de 1982 y el inicio de la meteorología de mesoescala en España. XVIII Jornadas de Meteorología “Eduard Fontserè”, Barcelona, 24 de noviembre de 2012.
- SÁNCHEZ FABRE, M., BALLARÍN FERRER, D., MORA MUR, D., OLLERO OJEDA, A., SERRANO NOTIVOLI, R. y SAZ SÁNCHEZ, M. A., 2015. Las crecidas del Ebro medio en el comienzo del siglo XXI, Congreso AGE, Universidad de Zaragoza, M. (Eds.).
- SHARMA, M. A. y SINGH, J. B., 2010. Use of Probability Distribution in Rainfall Analysis. *New York Science Journal*, 3(9).
- WMO, WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 2014. Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes (1970-2012). WMO, n.º 1123: https://library.wmo.int/pmb_ged/wmo_1123_en.pdf.
- WOLTER, K., y TIMLIN, M. S., 2011. El Niño/Southern Oscillation behaviour since 1871 as diagnosed in an extended multivariate ENSO index (MEI.ext). *Intl. J. Climatology*, 31, 14 pp.