

EXCEPCIONALIDAD DE LA DANA DE SEPTIEMBRE DE 2023 EN EL CENTRO PENINSULAR

David LÓPEZ-REY LUMBRERAS¹, Enrique SÁNCHEZ SÁNCHEZ¹, David RESUELA SÁNCHEZ², Darío CANO ESPADAS³, José Antonio LÓPEZ DÍAZ⁴, Alejandro LOMAS GONZÁLEZ² y Ricardo TORRIJO MURCIANO⁶

¹Facultad de Bioquímica y Ciencias Ambientales, Universidad de Castilla – La Mancha, Avda. Carlos III, s/n. Toledo.

²AME, Asociación Meteorológica Española.

³AEMET, Oficina Meteorológica del Aeropuerto de Barajas, Madrid.

⁴AEMET, SS.CC., c/Leonardo Prieto Castro, 28071 Madrid.

⁶AEMET, SS.CC., c/Leonardo Prieto Castro, 28071 Madrid.

david.lopezrey@yahoo.es, e.sanchez@uclm.es, davidresuela@hotmail.com,
dcano@aemet.es, jlopezd@aemet.es, meteolomas@gmail.com,
rtorrijom@aemet.es

RESUMEN

El mes de septiembre de 2023 comenzó con un destacado episodio de precipitaciones en la península, que incidió duramente en la desembocadura del Ebro, zona de Cádiz e interior peninsular, con un carácter excepcional. Nos centraremos en las zonas más afectadas de la Meseta Sur como fueron las provincias de Madrid y de Toledo. Debido a las riadas y a las avenidas del río Alberche y sus afluentes más próximos, perecieron 6 personas y los daños superaron los 300 millones de euros en Castilla-La Mancha y los 58 en la Comunidad de Madrid.

Esta situación de alta intensidad es característica de las costas mediterráneas en otoño, pero no son tan habituales en el interior peninsular, aunque son de reciente recuerdo la DANA de septiembre de 2021 y la riada de Cebolla de septiembre de 2018. Por este motivo, AEMET activó el aviso rojo por precipitaciones en la Comunidad de Madrid y en Castilla-La Mancha.

Analizaremos la situación mediante el estudio macro y mesoescalar. Para evidenciar la excepcionalidad del evento, prestaremos atención a los periodos de retorno para algunas estaciones. Terminaremos con un resumen de los daños más importantes.

Palabras clave: DANA, inundación, Comunidad de Madrid, Castilla-La Mancha, tiempo severo

ABSTRACT

September 2023 began with a notable episode of rainfall on the peninsula, especially in the area of the mouth of the Ebro, the Cádiz area and the center of the peninsula, which in some areas was exceptional. We will focus on the most affected areas of the Southern Plateau in the provinces of Madrid and Toledo. Due to the floods and floods of the Alberche River and its closest tributaries, 6 people died and the damage

exceeded 300 million euros in Castilla-La Mancha and 58 in the Community of Madrid.

This high intensity situation is characteristic of Mediterranean areas in autumn, but they are not so common in the interior of the peninsula, although the DANA of September 2021 and the Cebolla flood of September 2018 are recent memories. For this reason, AEMET activated the red warning due to rainfall in the Community of Madrid and in Castilla-La Mancha.

We will analyze the situation through macro and mesoscale study. To demonstrate the exceptional nature of the event, we will pay attention to the return periods for some stations. We will end with a summary of the most important damages.

Keywords: DANA, flood, Community of Madrid, Castilla-La Mancha, severe weather.

1. INTRODUCCIÓN

Según los últimos informes del IPCC, es muy probable que a mediados de siglo la temperatura media del planeta supere en 1,5°C a los valores preindustriales (periodo 1850-1900). Diversos estudios barajan la posibilidad de que este ascenso provocará un aumento de las precipitaciones torrenciales, debido a un incremento de la evaporación y, por tanto, una mayor disipación del calor latente de condensación que facilitaría las precipitaciones convectivas (Zhang Y., 2019; Ye, B., 1998).

En Europa Central los episodios de lluvias torrenciales son más frecuentes (Blösch, G., 2020), aunque en algunas zonas de la Península Ibérica las tendencias son no-significativas (Senent-Aparicio, J., 2023 y Morales, J., 2022). Más concretamente, en la Meseta Sur aparece una subida de los días con precipitaciones por encima del percentil-95 (Oria Iriarte, P., 2019).

Los episodios de inundaciones en Castilla-La Mancha están vinculados a diversas situaciones meteorológicas: las zonas más occidentales de la Meseta Sur están más influenciadas por las lluvias del Atlántico desde mediados del otoño hasta inicios de la primavera; la zona centro, por episodios tormentosos desde finales de la primavera hasta el inicio del otoño; y un sector del sureste, correspondientes a las vegas del río Júcar y del Segura, influenciadas por las lluvias del Mediterráneo (López-Rey, D. 2018). En ocasiones las precipitaciones en 24 horas pueden superar los 100 mm provocando riadas y, eventualmente, víctimas mortales (López-Rey, D. 2024, 2013, 2007; Roa, 2024; AEMET, 2007).

El Mediterráneo juega un importante papel como fuente de humedad en los eventos de precipitaciones torrenciales, no sólo en las áreas de costa, sino también en la Meseta Sur. Su contribución es igual o superior al 40% en algunos casos (Álvarez-Socorro, G.; Fernández-Álvarez, J.C. y Nieto, R., 2023. El conjunto del Mediterráneo occidental se ha calentado una media de $0,0041 + 0,006$ °C/año para el periodo 1982-2018 (Pisano A. et al., 2020).

En las siguientes líneas se realizará una descripción del entorno geográfico y un análisis sinóptico de la situación, ocasionada por la DANA que a principios de septiembre de 2023 afectó a diversas zonas peninsulares, mediante el uso de imágenes de satélite y de radar y de datos en superficie y altura; así como de los daños ocurridos

y de la excepcionalidad de los registros de precipitación mediante el análisis de los periodos de retorno.

2. METODOLOGÍA

Desde el punto de vista geográfico, no hay una clara delimitación del territorio que ocupa la Meseta Sur. Mientras que los límites orientales, septentrionales y meridionales están bien definidos por los sistemas Central, Ibérico y Bético y Sierra Morena, los de la parte occidental están difusos. Geográficamente se puede extender hasta el centro y sur de Portugal incluso. Para este trabajo, la región de estudio será la conformada por las provincias de la Comunidad de Madrid y de Castilla-La Mancha que forman buena parte de este sector geográfico (Fig.1). Su entorno es determinante en la canalización de los flujos de viento superficiales.



Fig. 1. Localización del área de estudio y principales unidades geográficas que participaron meteorológicamente en el episodio. Elaboración propia.

En la situación que nos ocupa, comenzaremos con el análisis de la situación en superficie, donde el papel de la orografía es importante sinóptica y mesoscalarmente y en altura. Para ello emplearemos imágenes de satélite y de radar, el reanálisis de los modelos numéricos y los datos de observación de la red de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

Para valorar estadísticamente lo inusual de las cantidades de precipitación acumulada en tres días, se han confeccionado los plots de Gumbel para dos observatorios representativos: el de Madrid-Retiro y el de Mocejón de la Sagra (Toledo). Este tipo de gráfico permite valorar el grado de ajuste a la distribución extremal de Gumbel, que es la que se usa habitualmente para la estimación de periodos de retorno de valores extremos de precipitación diaria máxima anual y de racha de viento máxima anual en AEMET.

El ajuste es tanto mejor cuanto más se aproximen a una recta (Coles, S., 2001). Además, este gráfico permite aproximar el periodo de retorno, puesto que con la abscisa o variable reducida elegida, proporcional a $-\ln(\ln(1 - \frac{j}{N+1}))$, donde j es la

posición del valor en la serie ordenada en sentido creciente, y N el número de datos de la serie, los valores en el eje X son, con gran aproximación, los logaritmos decimales de los periodos de retorno; esto es el 3 corresponde a un periodo de retorno de 1000 años, 4 a 10000 años, etc.

3. RESULTADOS

Comenzaremos el estudio de la DANA de septiembre de 2023 con el análisis de la situación sinóptica mediante la interpretación de las imágenes de vapor de agua y de masas de aire. Las flechas amarillas representan el flujo relativo y los máximos de viento; las líneas punteadas blancas representan las áreas de deformación. Con la línea punteada roja se señala el eje de la dorsal cálida en torno a 850 hPa. y con la B naranja se localiza el centro de baja presión en superficie. Cabe destacar que el punto de divergencia del viento en los niveles atmosféricos altos, se sitúa sobre la vertical de Madrid (Fig. 2).

Las letras Tm señalan la presencia de una masa de aire tropical marítima advectándose hacia el interior peninsular. Las aspas señalan los centros de vorticidad relativa en 300 hPa. y la encerrada en un círculo representa el centro de vorticidad por curvatura y la libre, el centro de vorticidad por cizalladura.

El núcleo de la DANA se ubica en las proximidades del cabo de San Vicente, en el extremo suroccidental de la Península. La topografía a 300 hPa muestra una circulación perfectamente cerrada en ese entorno, con su parte meridional apoyada por el jet-stream subtropical, mientras que el jet-stream polar se ubica muy al Norte. La temperatura a 500hPa caía por debajo de los -15°C , con isoterma perfectamente circulares cubriendo todo el territorio peninsular. En la topografía de 700hPa, la presencia de la baja en el suroeste peninsular canaliza fuertemente vientos del sureste que penetran al interior por la provincia de Murcia. También se puede comprobar el remonte por el valle del Guadalquivir de vientos a ese nivel.

La masa de aire seca y fría (color rojizo) se sitúa sobre el centro de vorticidad ciclónica que se advecta hacia el interior desde el golfo de Cádiz delimita una silueta nubosa en forma de hoja baroclina. Hacia el este, la masa mediterránea caliente y húmeda se aprecia de color verdoso. En el punto de inflexión de la hoja baroclina, donde el flujo de aire diverge y el de giro ciclónico se torna anticiclónico, se aprecia una estructura convectiva muy brillante con forma picuda, signo inequívoco de severidad.

Las masas de aire que entran en juego son: una masa mediterránea (tropical marítima) advectada desde el este en los niveles bajos y una masa seca en los niveles medios advectada desde el sur. Destaca la importante inestabilidad potencial de la masa mediterránea. La distribución vertical del viento en los niveles bajos delata el carácter cálido de la advección del aire (Fig. 3).

El campo de líneas de corriente en superficie mostraba: 1) un flujo claro de vientos de procedencia mediterránea que se cuelan por el pasillo de Hellín-Almansa (parte oriental de la provincia de Albacete) y por el pasillo de Utiel-Requena (Valencia) y que penetra hasta el interior de la provincia de Madrid; 2) otro procedente del valle del Ebro que llega a la Meseta Sur por el pasillo de Molina-Sigüenza (este de Guadalajara) y se desliza por los valles del Alto Tajo y la vega del Henares hasta el centro peninsular y 3) otro mucho más difuminado por las precipitaciones, de origen

atlántico que ya se estaban generando por el sur y que remonta el valle del Guadalquivir por el pasillo de Los Pedroches, bifurcándose en dos ramas: una húmeda hacia Sierra Morena y otra seca y de sentido ciclónico por la parte más oriental de Extremadura.

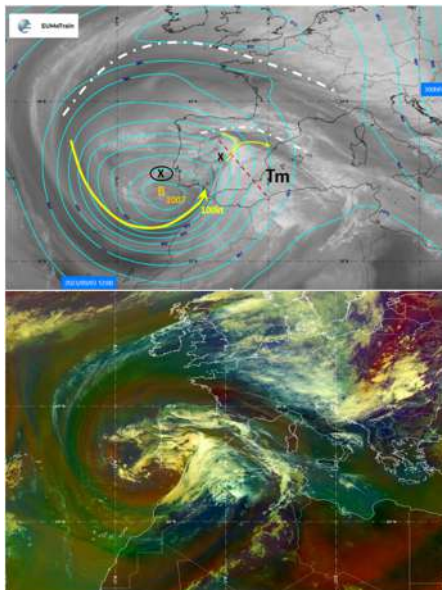


Fig.2. Diagnóstico a partir de la imagen de METEOSAT del canal de vapor de agua ($6.2 \mu\text{m}$) y el análisis del geopotencial en 300 hPa ECMWF 12+00 (arriba). Imagen RGB de masas de aire del 3-sep de 2023 a las 12UTC (abajo). Fuente: EUMETRAIN (https://resources.eumetrain.org/ePort_MapViewer/index.html)

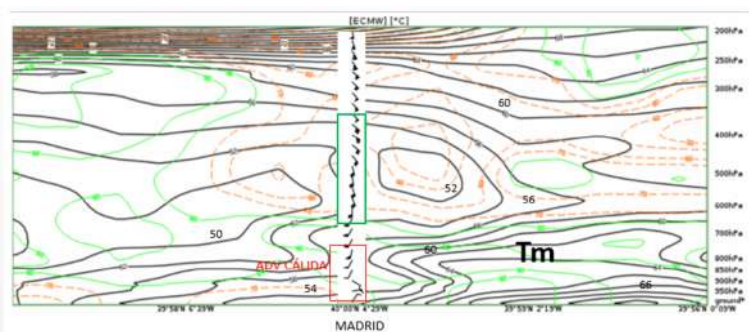


Fig. 3. Corte vertical a través del paralelo 40 de los campos de: temperatura potencial equivalente (negro); humedad relativa (verde y marrón). Sobre el punto de Madrid se representa el viento observado por el radiosondeo de Madrid.

A excepción de la corriente extremeña, todas las demás convergen en la línea imaginaria Madrid–Murcia. Una prueba de su existencia son las fuertes rachas de viento en ese eje a las 16:00UTC por estaciones en superficie: 76km/h en Chinchilla (Albacete), 63 en San Clemente (Cuenca) y 61 en Tomelloso (Ciudad Real), mientras que decrecen notablemente según nos alejamos de esa área, sobre todo al suroeste. Otra fue la formación de una persistente zona de convergencia, con gran aporte de humedad en niveles bajos en la zona del valle del Alberche, lo que dio lugar a la formación de una línea de tormentas muy activas (Fig. 4).

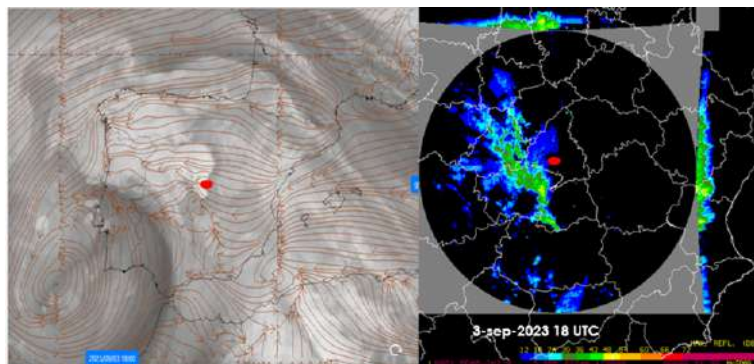


Fig. 4. Izquierda: imagen del canal vapor de agua (6.2 μ m) del Meteosat superpuesta con las líneas de corriente en superficie del modelo ECMWF H+6.

Derecha PPI del radar de Madrid de la AEMET con los cortes verticales de reflectividad en los laterales. Los puntos rojos localizan la estación de Cuatro Vientos, que se ha colocado como referencia orientativa. Todo ello corresponde al día 3 de septiembre a las 18:00. Imagen de la izquierda cortesía de EUMetSAT y ECMWF. Fuentes: EUMETRAIN

(https://resources.eumetrain.org/ePort_MapViewer/index.html) y AEMET.

En esta situación también es llamativa por la gran cantidad de humedad en niveles bajos y los bajos niveles de condensación observados en los sondeos de las zonas más afectadas. Esto, unido a las convergencias de aire húmedo marítimo, a las anomalías térmicas aguas costeras (hasta 3°C en el Mediterráneo occidental según Copernicus Marine Service), aportaron un mayor contenido de vapor de agua en la atmósfera (Fig. 5).

Los valores acumulados de precipitación (7 h a 7 h) en los tres días afectados por la DANA (2, 3 y 4 de septiembre de 2023) superaron los 100 mm en varias de las estaciones de la provincia de Madrid (Tabla 1) y de Toledo (Tabla 2), según se recoge en el Banco de Datos Climatológico Nacional de AEMET. En áreas de montaña se llegaron a superar los 150 mm, mientras que en el resto el máximo ronda los 110 mm. Más espectaculares son los valores de la provincia de Toledo, como el caso de Mocejón de la Sagra donde se recogieron casi 257 mm, mientras que en Polán y en Ocaña se superaron los 140 mm.

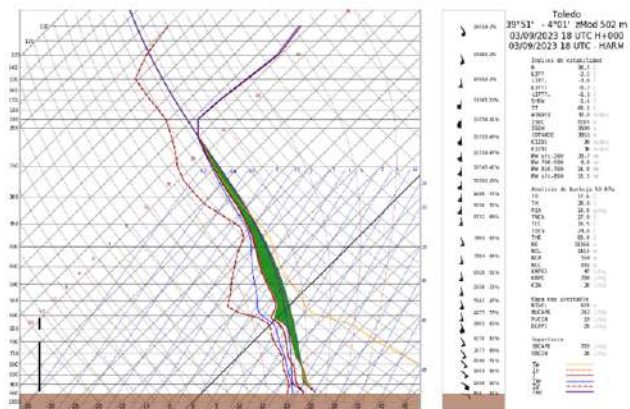


Fig. 5. Análisis del modelo HARMONIE-AROME del sondeo en Toledo el 3/09/2023 a las 18 hoRas. Cortesía de AEMET.

IND	ALT(m)	PREC(mm)	NOMBRE
3107A	1170	154.8	LOZOYA DEL VALLE (OFC. AGEN. FOR.)
3274	1028	149.1	SAN LORENZO ESCORIAL (MONAST.)
3104Y	1159	124.6	RASCAFRÍA, EL PAULAR
2462	1893	122.0	NAVACERRADA, PUERTO
3190	1100	117.5	HOYO MANZANARES (MATALASGRAJAS)
3195T	694	113.4	MADRID (SORIA)
3191E	1004	111.2	COLMENAR VIEJO/FAMET
3194Y	665	109.8	POZUELO DE ALARCÓN
3194U	664	105.8	MADRID, C. UNIVERSITARIA
3185C	1094	100.5	BECERRIL DE LA SIERRA

Tabla 1: Precipitación acumulada (entre 7 y 7 horas), los días 2, 3 y 4 de septiembre de 2023, valores en la provincia de Madrid que superaron los 100 mm. Fuente: AEMET.

IND	ALT(m)	PREC(mm)	NOMBRE
3256	478	256.9	MOCEJON DE LA SAGRA
3256C	500	236.0	MOCEJON (HIGARES)
3291D	650	148.7	POLAN
3099Y	733	143.0	OCAÑA
3349I	580	131.0	LA TORRE ESTEBAN HAMBRAN
3246E	708	119.8	DOSBARRIOS
3355D	461	119.7	ESCALONA
3260B	513	119.0	TOLEDO
3258D	625	106.1	NAMBROCA (LAS NIEVES)

Tabla 2: Precipitación acumulada (entre 7 y 7 horas), los días 2, 3 y 4 de septiembre de 2023, valores en la provincia de Toledo que superaron los 100 mm. Fuente: AEMET.

El observatorio de Toledo (serie 1982–2023) cuenta con una estación automática que permite hacerse una idea de la distribución temporal de la cantidad y de la intensidad de la precipitación (Fig. 6). La precipitación diaria fue de 90,2 mm superando el récord

anterior de precipitación máxima en 24 horas en el mes de septiembre (53,0 mm el 28 de septiembre de 2012) y el absoluto de su serie (89,6 mm el 11 de octubre de 2008). Estos valores tan extraordinarios hicieron que el total mensual de 135,4 mm fuese record en su categoría en su serie (anterior, 95,8 en septiembre de 2012). Las intensidades también fueron muy elevadas: 22,8 mm/h en 10 minutos y de 48,6 en 60; la intensidad máxima alcanzó los 136,8 mm/h.

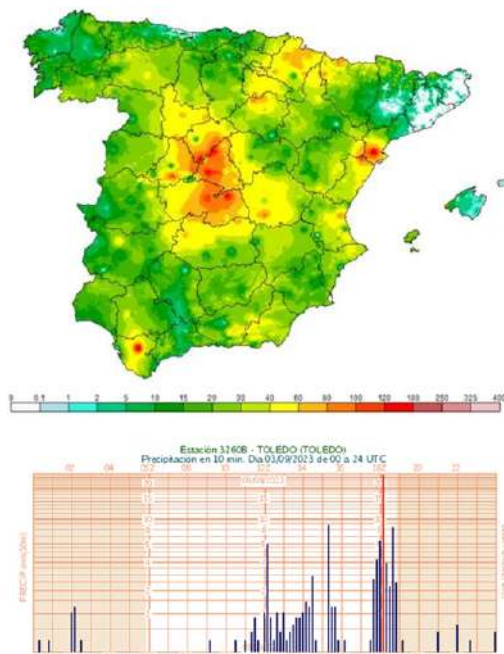


Fig. 6. Arriba, precipitación acumulada entre el 2 y el 4 de septiembre de 2023 (días civiles). Abajo, Hietograma diezminutal de la estación de Toledo correspondiente al 3 de septiembre de 2023. Fuente: AEMET.

Los acumulados del radar de AEMET proporcionan una idea más precisa de la distribución espacial de la precipitación, mejorando las limitadas observaciones en superficie. Sin embargo, la exactitud de dicha estimación puede ser muy diferente a la real (Fig.7). Las zonas más afectadas por las catastróficas inundaciones fueron las comarcas de Sierra Suroeste (en Madrid), La Sagra (Toledo) y zona sur de la ciudad de Toledo.

Hubo 6 víctimas mortales, unas por imprudencias y otras sorprendidas por las crecidas, como fueron los casos de Aldea del Fresno, Villamanta, Valmojado, Camarena, Casarrubios del Monte y Bargas. Los daños se tasaron en 300 millones de euros (200 en la provincia Toledo, 35 en la de Cuenca, 29 en la de Albacete, 27 en la de Ciudad Real y 2 en la de Guadalajara). Según datos del Gobierno de Castilla-La Mancha, se registraron más de 3.000 incidentes, la mayoría en la provincia de Toledo (2.168). Las localidades de Casarrubios del Monte (126 incidencias), Escalona (148),

Magán (124), Mocejón (143), Toledo (188), Yuncler (101) y Villaluenga de la Sagra (86) son las que más incidencias registraron.

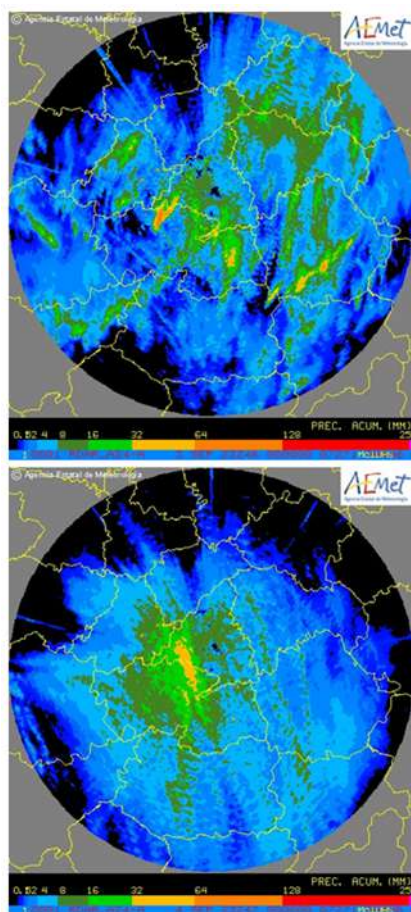


Fig. 7. Arriba, precipitación acumulada, elaborada a partir de los datos del radar de AEMET en Madrid, se puede ver cualitativamente como se distribuyó la precipitación el día 3 de septiembre

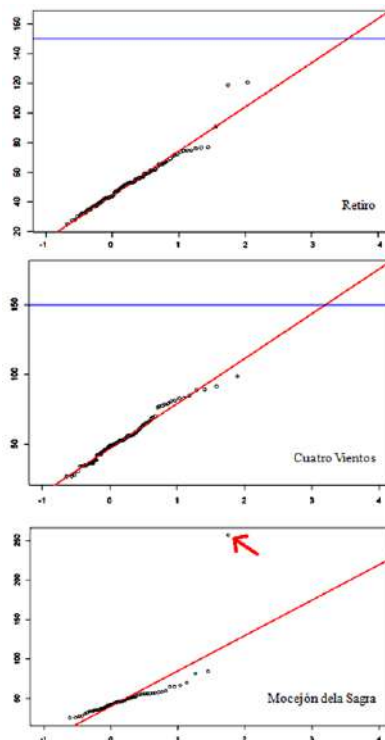


Fig 8. Plot de Gumbel de los observatorios de Retiro, Cuatro Vientos y Mocejón de la Sagra con valores máximos anuales acumulados en tres días sucesivos (eje de ordenadas) y tiempo en escala logarítmica (eje de abscisas)

Otro punto de vista interesante para evaluar la singularidad de este evento de precipitación extrema es el estudio de la distribución de Gumbel (Fig. 8). El observatorio de El Retiro cuenta con una serie de 110 años y el número de lagunas

diarias es menor del 5%. Sin embargo, no disponemos de datos para septiembre de 2023, pero es razonable pensar que esos datos son similares a los de Cuatro Vientos. Al compararlos, notamos que el ajuste de Gumbel no es bueno para los valores más altos. En concreto hay dos próximos a 120 mm que desentonan de la tendencia de los otros. Aun así, se puede apreciar que un valor de 150 mm en tres días, como se recogió en Toledo en varios lugares más, tendría en El Retiro un periodo de retorno muy alto, superior a 1.000 años independientemente de los detalles del ajuste.

Algo similar cabe decir para el observatorio de Cuatro Vientos, próximo a la capital hacia el sur, que presenta mejor ajuste a la Gumbel con serie de 58 años completos. También aquí un valor del orden de 150 mm es muy anómalo.

Por último, está el caso de Mocejón de la Sagra, que tiene una serie de 56 años, también con menos del 5% de lagunas diarias. Aquí es muy evidente el carácter verdaderamente extraordinario de los más de 250 mm de precipitación recogidos entre el 2 y el 4 de septiembre de 2023. Sin este dato, el resto tienen una tendencia en el plot que apunta a periodos de retorno para los 250 mm enormemente elevados.

En resumen, del análisis estadísticos de los datos cabe concluir que acumulaciones en tres días del orden de 150 mm o más en las provincias de Madrid (salvo en la montaña) y Toledo son muy poco probables (periodos de retorno superiores a los 1.000 años), y que los valores de alrededor de 250 mm de Mocejón de la Sagra y Mocejón constituyen un evento extremo verdaderamente singular desde el punto de vista estadístico.

Lo anterior permite especular fundadamente que a lo largo de los últimos 60 años (o 120 como muestra la serie larga de El Retiro) ha podido haber un cambio de régimen pluviométrico que ha posibilitado la ocurrencia reciente de acumulaciones de precipitación que de otra forma serían enormemente improbables.

4. DISCUSIÓN

Queda reflejado en este documento la excepcionalidad de la DANA que afectó a la Meseta Sur en septiembre de 2023, de dimensiones aún mayores a la de septiembre de 2021 tanto en su aspecto social, económico y geográfico.

Este evento de fuertes precipitaciones estuvo condicionado por la formación de una persistente zona de convergencia (Cano, D. 2019), con gran aporte de humedad en la zona del valle del Alberche, lo que dio lugar a la formación de una línea de tormentas muy activas. Esta convergencia podría estar detrás de los severos episodios de precipitaciones en nuestra área de estudio y está en concordancia con un aumento de la torrencialidad a través del índice Gini para el periodo 1951-2020 (López-Rey, D. et al., 2024).

Esta convergencia de masas de aire húmedo en la línea imaginaria Madrid–Murcia, escenario de otros episodios de la misma índole (López-Rey, D. et al. 2024; Roa, A., 2024; Cano, D. et al. 2019, 2008; AEMET, 2021, 2007), y que podrían estar fortalecidos ya debido al cambio climático antropogénico (Insua-Costa, D. et al., 2024).

En resumen, del análisis estadístico de los datos cabe concluir que acumulaciones en tres días del orden de 150 mm o más en las provincias de Madrid (salvo en la montaña) y Toledo son muy poco probables (periodos de retorno superiores a los 1000 años), y

que los valores de alrededor de 250 mm de Mocejón de la Sagra y constituyen un evento extremo verdaderamente singular desde el punto de vista estadístico.

5. REFERENCIAS

AEMET (2021) Informe sobre el episodio meteorológico de fuertes nevadas y precipitaciones ocasionadas por borrasca Filomena y posterior ola de frío.

AEMET (2007) Nota informativa sobre las intensas tormentas en la zona de Alcázar de San Juan (Ciudad Real) durante el 23 de mayo de 2007. <https://www.aemet.es/es/noticias/2007/20070528>

Álvarez, I., et al. (2024) Projection of Compound Wind and Precipitation Extreme Events in the Iberian Peninsula Based on CMIP6. <https://doi.org/10.1007/s41748-024-00429-6>

Alvarez-Socorro, G.; Fernández-Alvarez, J.C. y Nieto, R. (2023) Moisture Source Analysis of Two Case Studies of Major Extreme Precipitation Events in Summer in the Iberian Peninsula. <https://doi.org/10.3390/atmos14081213>

Blöschl, G., Kiss, A., Viglione, A. et al. (2020) Current European flood-rich period exceptional compared with past 500 years. *Nature* 583, 560–566. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2478-3>

Cano, D.; López-Rey D. y Torrijo, R. (2019) La riada de Cebolla del 8 de septiembre de 2018. Selección del blog de Aemet 2019. 2020, p. 84-91. <https://dx.doi.org/10.31978/666-20-025-9.2019>

Cano, D., Palacios, I. y Ayensa, E. (2008) Estudio de la situación meteorológica el 23 de mayo de 2007 que originó una supercélula en La Mancha Central. XXX Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española.

Coles, S. (2001) An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values. Ed. Springer Series in Statistics.

Insua-Costa, D., Lemus-Cánovas, M., González-Alemán, J.J. et al. Extraordinary (2024) 2021 snowstorm in Spain reveals critical threshold response to anthropogenic climate change. *Commun Earth Environ* 5, 339. <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01503-7>

IPCC (2023). “Summary for Policymakers.” Frontmatter. In *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.001>.

Johnson, G.C., Lyman, J.M. (2020) Warming trends increasingly dominate global ocean. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0822-0>.

López-Rey, D., Monjo, R., y Sánchez, E. (2024) Caracterización de la precipitación en la Meseta Sur de la Península Ibérica mediante el índice de Gini y tendencias de los días de lluvia (1951-2020). XXXVI Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española.

López-Rey Lumbreras, D. (2013). La riada. Polán, 30 de agosto de 1926, Ledoria. Toledo.

López-Rey Lumbreras, D. (2018) Extremos meteorológicos: analizar el pasado para entender el presente. II Informe de Cambio Climático en Castilla-La Mancha. Toledo. 53-65.

- López-Rey Lumbreras, D., Yagüe Anguís, C. & Zurita García, E. (2007) Inundaciones y riadas históricas en la provincia de Toledo Análisis meteorológico e impacto social. Divulgameteo. <https://www.divulgameteo.es/Inundaciones-y-riadas-historicas-en-la-provincia-de-Toledo-Analisis-meteorologico-e-impacto-social/>
- Morales, J. et al. (2022) Hazard Characterization of the Annual Maximum Daily Precipitation in the Southwestern Iberian Peninsula (1851–2021). *Water* 2022, 14, 1504. <https://doi.org/10.3390/w14091504>
- Oria Iriarte, P. (2022) Frecuencia e intensidad de la precipitación asociada a grandes borrascas en la Península Ibérica, Retos del Cambio Climático: impactos, mitigación y adaptación. 151-160.
- Pisano A, Marullo S, Artale V, et al. (2020) New Evidence of Mediterranean Climate Change and Variability from Sea Surface Temperature Observations. <https://doi.org/10.3390/rs12010132>.
- Roa Alonso, A., Bello Millán, F.J. (2024). La dana de septiembre de 2023 en España. Predecibilidad, desarrollo de un SCM y efectos. XXXVI Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española y el XXII Encuentro Hispano – Luso de Meteorología
- Senent-Aparicio, J. et al. (2023) Recent precipitation trends in Peninsular Spain and implications for water infrastructure design, *Journal of Hydrology: Regional Studies*, Volume 45, 101308, ISSN 2214-5818, <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101308>.
- Ye, B. et al. (1998) CAPE Variations in the Current Climate and in a Climate Change. *J. Climate*, 11, 1997–2015, <https://doi.org/10.1175/1520-0442011<1997:CVITHCC>2.0.CO;2>.
- Zhang Y., & Fueglistaler, S. (2019). Mechanism for increasing tropical rainfall unevenness with global warming. *Geophysical Research Letters*, 46, 14836–14843. <https://doi.org/10.1029/2019GL086058>