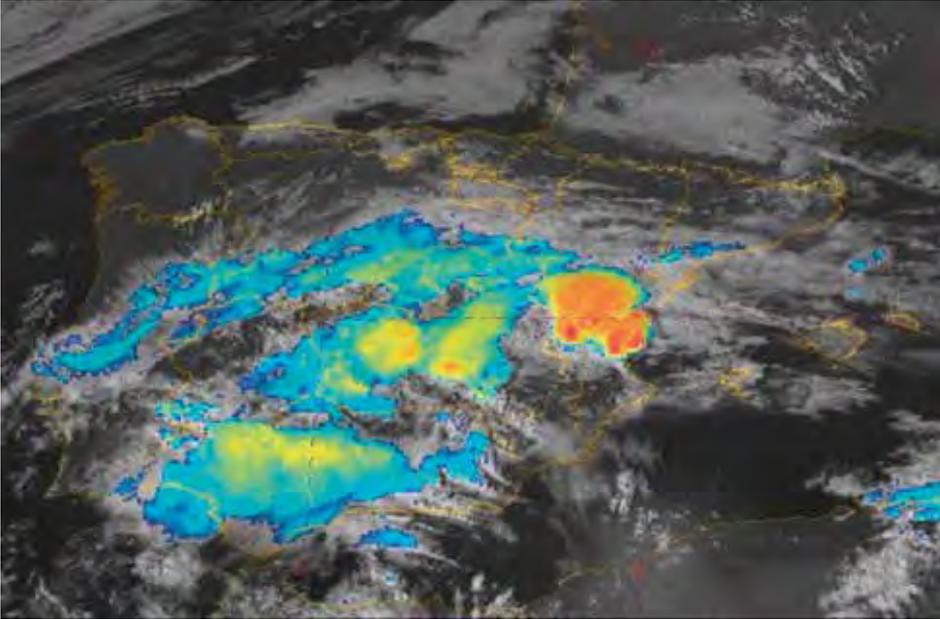


## LAS DANAS EN ESPAÑA EN EL MARCO CLIMÁTICO ACTUAL

José Miguel Viñas  
Meteorólogo de Meteored y responsable de la  
web [www.divulgameteo.es](http://www.divulgameteo.es)



**Figura 1.-** Imagen en falsos colores de dos canales combinados del satélite MSG-11, tomada el 29 de octubre de 2024 a las 15 UTC, en la que destaca el sistema tormentoso que generó las lluvias torrenciales en la provincia de Valencia. Fuente: © EUMETSAT

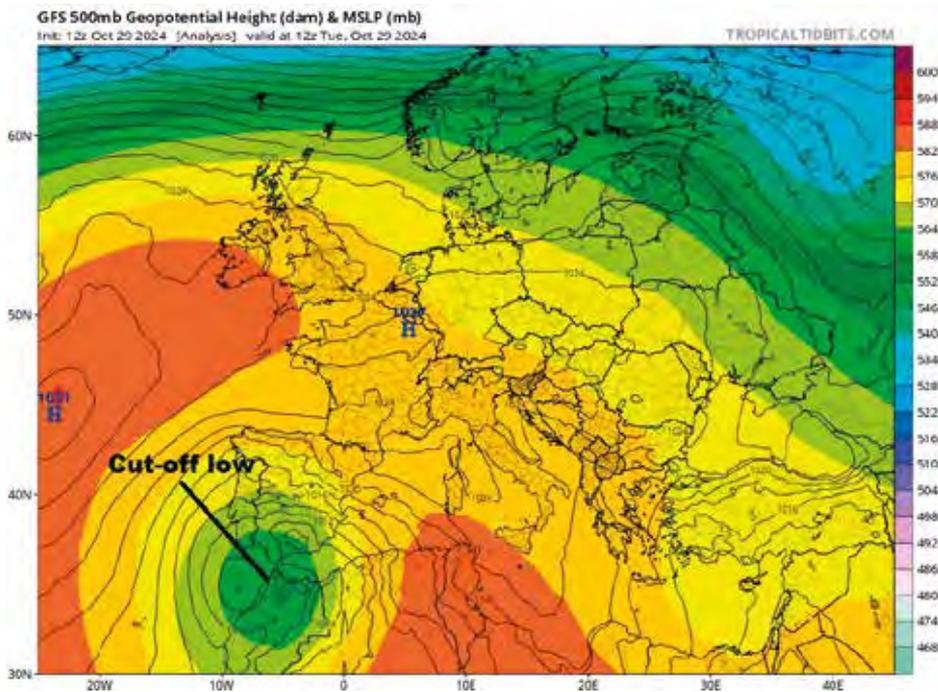
Uno de los hechos por los que será recordado 2024 es porque fue “el año de la dana de Valencia”. Dicho episodio meteorológico de alto impacto fue el causante de la inundación catastrófica que afectó a una extensa zona poblada de la provincia de Valencia. Tuvo lugar entre finales de octubre y principios de noviembre del año pasado (siendo el día 29 de octubre cuando ocurrió la gran catástrofe) y fue particularmente doloroso por su magnitud y por el trágico balance de

víctimas; un total de 224 personas perdieron la vida, según los datos oficiales (a fecha de 3 de enero de 2025), lo que convirtió a este evento hidrometeorológico en el cuarto más mortífero de los ocurridos en el mundo el año pasado y el décimo en cuanto a los costes económicos. Los municipios afectados (la mayoría de ellos situados al sur de la ciudad de Valencia) todavía están inmersos en un proceso de recuperación que, presumiblemente, será largo.

Las danas son un fenómeno recurrente en España. Desde el siglo XIII, hay documentación gráfica y escrita con referencias a riadas, avenidas e inundaciones catastróficas en el área mediterránea, que tuvieron su génesis en danas. El Mediterráneo, en general, y la Comunidad Valenciana, en particular, tienen un largo historial de gotas frías o danas (tal y como se denominan ahora). El episodio del año pasado no ha sido el de mayor magnitud de todos los que hay documentados en España, pero se batieron en él varios récords nacionales absolutos de intensidad de precipitación. Aparte de los enormes daños materiales provocados por el arrastre del agua aquel fatídico 29 de octubre, también se produjeron fenómenos meteorológicos muy adversos en otros lugares de España, no solo del ámbito mediterráneo, ese y otros días. La persistencia de la dana y su alcance espacial representan una singularidad con respecto a otros episodios de naturaleza similar ocurridos en el pasado, lo que seguramente obedece al nuevo marco climático actual. Abordaremos esta importante cuestión algo más adelante en el artículo.

La expresión “gota fría” hace alusión al mismo fenómeno que la dana. La primera referencia a ella en la literatura científica apareció en 1948, en un tratado del meteorólogo alemán Richard Scherhag (1907-1970), donde se hacía alusión a una “gota de aire frío” (*Kaltlufttropfen*, en alemán). En los años 50, los meteorólogos españoles del entonces Servicio Meteorológico Nacional (actual AEMET) comenzaron a referirse a las gotas frías, pero fue sobre todo tras la Pantanada de Tous, en octubre de 1982, cuando la expresión se popularizó. Aquel episodio de lluvias torrenciales también conmocionó a España, no fue

tan mortífero como el del año pasado, pero la devastación causada en este caso por la rotura de la presa de Tous fue también muy grande. Casi de inmediato, la población comenzó a identificar las gotas frías con esos episodios tan catastróficos que solían acontecer en otoño en el Mediterráneo, de manera que cada vez que los meteorólogos del entonces Instituto Nacional de Meteorología (INM) pronosticaban una gota fría, cundía el pánico entre los valencianos y por extensión entre los ciudadanos del resto de la fachada mediterránea peninsular.



**Figura 2.-** Mapa del modelo del Centro Europeo (ECMWF) con la predicción a cuatro días vista de la dana en el sur de la Península y el flujo muy marcado de vientos de Levante en la fachada mediterránea peninsular. Situación prevista para el 29 de octubre de 2024 a las 00 UTC.

A pesar de que los meteorólogos se esforzaron por explicar que no todas las gotas frías que se descolgaban sobre nuestro país daban como resultado uno de esos episodios tan dramáticos, en el imaginario colectivo la gota fría se identificaba con una catástrofe. Para no seguir

contribuyendo a ello, a finales de los años 80 los meteorólogos del INM sustituyeron el término “gota fría” por el de DANA, que es el acrónimo de Depresión Aislada en Niveles Altos, y que servía también como recuerdo de su compañero Francisco García Dana (1924-1986), que ejerció aquellos años como jefe del Centro de Predicción del INM y que falleció prematuramente en 1986. La expresión “gota fría” siguió muy arraigada en nuestro lenguaje, especialmente entre los valencianos, aunque se fue hablando cada vez más de las danas hasta que finalmente –gracias, en gran medida, a su difusión a través de los medios de comunicación– se ha extendido su uso.

En nuestro ámbito geográfico, la circulación atmosférica dominante es del oeste. Estamos en una zona fronteriza entre las masas de aire frío de origen polar (del norte) y las de aire cálido subtropical (del sur). De manera natural, se forman grandes ondulaciones en las corrientes del oeste que nos afectan; adoptan una forma similar a los meandros de un río. Son las llamadas ondas de Rossby. Cuando el flujo se ondula más de la cuenta, se produce un descolgamiento de aire frío que queda aislado de la circulación general del oeste. Surge así una dana, que evoluciona de forma independiente –no pocas veces errática–, lo que dificulta su predicción. Una dana es, por tanto, el resultado de la elongación y posterior estrangulamiento de una vaguada de las que conforman las ondas de Rossby que rodean ambos hemisferios en latitudes medias. Ese proceso da como resultado una zona de aire frío con una circulación cerrada, que queda aislada de las corrientes dominantes del oeste (*westerlies*) y que, inicialmente, no tiene reflejo en superficie.

Las danas se forman en la parte alta de la troposfera, manifestándose en la superficie de presión de 500 hPa (situada en condiciones normales a 5.550 m de altitud) y superiores. Con el paso del tiempo, el aire frío va hundiéndose y descendiendo. El proceso culmina con frecuencia en la formación de una borrasca fría aislada (BFA), que en este caso sí tiene su reflejo en la superficie terrestre. Las danas favorecen los ascensos de aire en la atmósfera (la convección) y con ello el crecimiento de nubes de gran desarrollo vertical, lo que culmina en la formación de

tormentas. Generan unos entornos tormentosos de gran inestabilidad atmosférica, en los que se produce convección profunda, dando como resultado fenómenos meteorológicos adversos, asociados a la actividad tormentosa. La presencia de danas es bastante común en el entorno geográfico de la Península y Baleares, siendo particularmente frecuentes en el entorno de Madeira y en el sur peninsular. Las situadas en esta última zona son las precursoras de los episodios de lluvias torrenciales en el Mediterráneo.

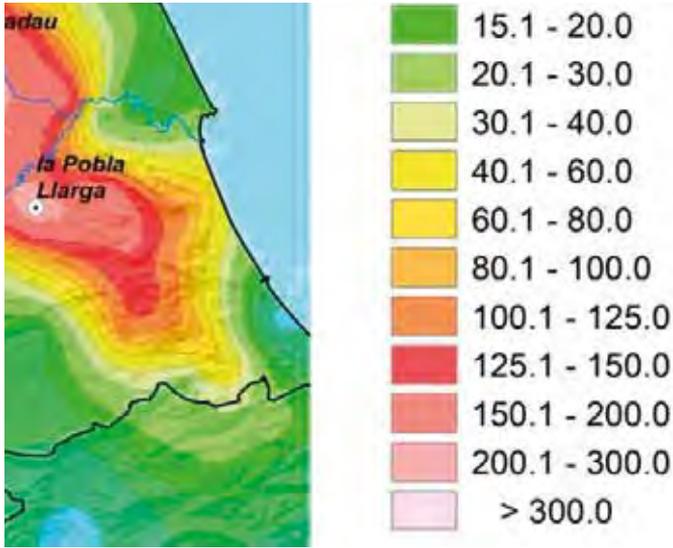
Conceptualmente, es fácil de entender por qué las gotas frías o danas son proclives a dar lugar a episodios de lluvias torrenciales en el Mediterráneo en otoño. Son el resultado de la combinación de cuatro ingredientes. La presencia del aire frío a cierta altura en la atmósfera actúa como el tiro de una chimenea (ingrediente 1), favoreciendo el desarrollo vertical de las nubes convectivas (de tipo cúmulo), lo que termina culminando en fuertes tormentas. Su crecimiento se ve a su vez favorecido por la presencia de un aire muy cargado de humedad que reposa sobre las cálidas aguas mediterráneas otoñales (ingrediente 2). Completan este cóctel explosivo los vientos húmedos de Levante (ingrediente 3) y el “efecto disparo” (ingrediente 4) al que se ve sometido ese aire húmedo impulsado por el viento marítimo, ya que es forzado a ascender al encontrarse con las sierras y montañas prelitorales del arco mediterráneo. La presencia de ese accidentado relieve, con barrancos secos la mayor parte del año, favorece la formación de inundaciones relámpago (*flash floods*) cuando llueve torrencialmente, produciéndose crecidas súbitas de los caudales en las ramblas.

La temperatura superficial del agua del mar (SST) en el Mediterráneo Occidental alcanza su pico anual en el mes de agosto, manteniéndose el agua todavía bastante cálida en septiembre y reteniendo aún una importante cantidad de calor en octubre, que es la época del año en que, históricamente, se han producido más episodios de inundaciones catastróficas asociadas a danas.

## EL EPISODIO DEL 29 DE OCTUBRE DE 2024

La dana comenzó a gestarse el 26 de octubre de 2024 al sur de las Islas Británicas, desplazándose con rapidez hacia el sur de la Península. La duración de las danas rara vez supera los tres días, pero en este caso perduró hasta el 2 de noviembre. Los últimos días ya como una BFA. Los modelos de predicción meteorológica (modelos globales de circulación general atmosférica) ya insistían en situar la dana en el sur peninsular, con un núcleo frío destacado, con cinco días de antelación a que ocurriera la catástrofe de Valencia. La situación prevista recordaba mucho a la de la Pantanada de Tous de octubre de 1982 y a alguna otra de las históricas. Con la información que empezaban a mostrar los modelos predictivos, los meteorólogos tenían claro que esa dana iba a ser de alto impacto, generando, con una alta probabilidad, un episodio de lluvias muy destacado en el Mediterráneo. La SST de aquellos días en el Mediterráneo Occidental presentaba anomalías de temperatura de entre +1 y +2 °C.

El 29 de octubre, antes de las 10 de la mañana, AEMET activó avisos rojos por lluvias torrenciales –con previsión de hasta 180 l/m<sup>2</sup> en 12 horas– en todo el litoral de Valencia, interior norte de la provincia y zonas limítrofes de la provincia de Cuenca. La presencia de la dana favoreció la formación de un SCM (Sistema Convectivo de Mesoescala [sistema tormentoso organizado, de mayor escala espacial y temporal que una tormenta ordinaria]), en cuyo flanco sur se desarrolló un tren convectivo (línea de turbonada) de gran eficiencia pluviométrica, alimentado por un flujo muy intenso en niveles altos, en torno al cual se produjeron las lluvias más intensas y abundantes del episodio. Las subcuencas hidrográficas del Poyo y del río Magro fueron las que recibieron las mayores cantidades de lluvia, desencadenándose las inundaciones catastróficas aguas abajo.



**Figura 3.-** Precipitación acumulada el 29 de octubre de 2024 en la zona donde el episodio de lluvias intensas alcanzó una mayor magnitud. Fuentes de los datos: AEMET, Confederación Hidrográfica del Júcar y AVAMET.

La estación meteorológica de Turís (Valencia), perteneciente a la red de estaciones automáticas de AEMET, fue la que registró una mayor cantidad de lluvia. Se batieron en ella los récords absolutos en España de precipitación acumulada en una hora ( $185 \text{ l/m}^2$ ), en 6 horas ( $621 \text{ l/m}^2$ ) y en 12 horas ( $720 \text{ l/m}^2$ ). No se batió el récord de precipitación máxima diaria (en 24 h) de la localidad de Oliva ( $817 \text{ l/m}^2$ ), registrado el 3 de noviembre de 1987. En Turís el 29 de octubre de 2024 la lluvia acumulada fue de  $772 \text{ l/m}^2$ .

Se ha escrito y hablado mucho –demasiado– sobre los acontecimientos ocurridos el día de la gran tragedia. De manera injusta se ha cuestionado la labor de AEMET, a pesar de los avisos rojos por lluvias intensas que emitió a primeras horas del 29 de octubre, que debería de haber servido para alertar de inmediato a la población –por los canales adecuados–, debido al alto riesgo que había de que ocurriera lo que finalmente vimos que pasó. Falló la alerta temprana y hay que confiar en que no vuelva a hacerlo en situaciones futuras parecidas, que

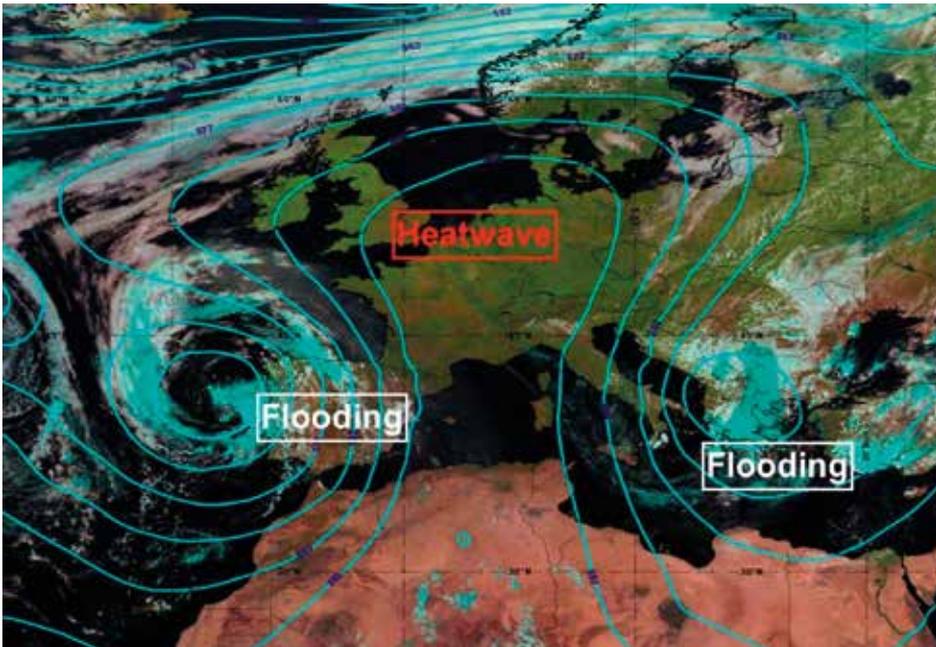
a buen seguro volverán a ocurrir. El marco climático actual es propicio para ello y lo será todavía más en los años venideros.

Las predicciones meteorológicas, a pesar de sus limitaciones, no han parado de mejorar desde que empezaron a usarse modelos numéricos de circulación general de la atmósfera. El gran reto es mejorar en la predicción de fenómenos de pequeña escala. La simulación de la convección sigue poniendo a prueba a los modelos, ya que actúa a unas escalas que escapan a su resolución. A medio plazo (predicción a entre 3 y 7 días vista) se puede anticipar con alto nivel de confianza la presencia de una dana en una determinada localización geográfica, pero en ese mismo horizonte de predicción no se puede anticipar la formación de una estructura tormentosa de menor escala como un SCM. Algunos modelos de alta resolución, anidados a los globales, empiezan a ser capaces de pronosticar a corto plazo ese tipo de sistemas tormentosos, aunque el margen de mejora es todavía muy grande. En cualquier caso, no basta con disponer de una predicción “perfecta”. En los episodios de lluvias torrenciales del Mediterráneo, una vez que diluvia, el agua fluye con rapidez, lo que exige mejoras en el sistema de alerta temprana. Las alertas a la población las activa Protección Civil en base a los avisos de AEMET y a la información hidrológica (en el caso particular de los episodios de lluvias intensas) por parte de las confederaciones hidrográficas.

## DANAS DOPADAS POR EL CALENTAMIENTO GLOBAL

El calentamiento global está empezando a provocar cambios en los patrones meteorológicos, lo que conlleva importantes alteraciones en el comportamiento atmosférico. Según se expone en el último Informe del IPCC (AR6, 2021), se constata una expansión hacia latitudes altas de la célula de Hadley del hemisferio norte. Paralelamente, las ondas de Rossby muestran con mayor frecuencia grandes amplitudes, configurando un patrón que ha sido bautizado como QRA (amplificación cuasiresonante). La creciente interacción entre el chorro polar y el subtropical (este último con incursiones cada vez más

hacia el norte) elonga las ondas planetarias. Alternan en ellas grandes dorsales de aire subtropical y profundas vaguadas de aire polar de las que, en muchas ocasiones, se descuelgan danas. La QRA hace que sean más probables las olas de calor extremo, los ciclones híbridos y unas danas con rasgos subtropicales. Aunque la variabilidad interanual en el número de danas es muy alta, desde los años 60 hasta la actualidad se aprecia una ligera tendencia al alza.



**Figura 4.-** Patrón meteorológico cuya frecuencia está aumentando en el ámbito geográfico de la Península y Baleares. Se trata de una situación en omega amplificada, generadora de fenómenos meteorológicos extremos. Fuente: Mika Rantanen.

La presencia de unos mares y océanos con sus aguas superficiales a unas temperaturas cada vez más altas, está provocando que su contenido de calor sea cada vez mayor, habiendo más energía que escapa de ellos a la atmósfera. La consecuencia son unos fenómenos meteorológicos extremos cada vez más frecuentes, intensos y de más alto impacto. La mayor energía disponible llega a las danas tanto por vía aérea (chorros

alterados, más intensos) como por vía marina (termodinámica). La parte baja de la atmósfera se está recargando de vapor de agua, que es la “gasolina” que contribuye a aumentar la adversidad de los fenómenos meteorológicos de naturaleza tormentosa, como los generados por las danas. De forma gráfica se puede afirmar que las danas actuales están dopadas. Ha cambiado el marco climático. En las gotas frías mediterráneas ocurridas en el pasado también entraba en juego una gran cantidad de energía y se daba la combinación de ingredientes necesaria para producirse inundaciones catastróficas, pero en la actualidad y con la vista puesta en el futuro, el riesgo de que ocurran episodios de alto impacto es mayor.



**Figura 5.-** Coches apilados en Picaña (Valencia) como consecuencia de la inundación catastrófica ocurrida el 29 de octubre de 2024, al paso de la dana. Crédito: © Biel Aliño

Debido al “dopaje atmosférico” antes señalado, hay que estar preparados para que cuando se vuelvan a dar las condiciones propicias para formarse una dana de alto impacto estemos en alerta, conscientes del riesgo potencial, y adoptemos las medidas de prevención que una

situación meteorológica extraordinaria como esa requiere. Hay que confiar también en que la comunicación a la ciudadanía no vuelva a fallar y que nuestros dirigentes estén a la altura de los acontecimientos. Está en nuestras manos minimizar los impactos de las danas. Aparte de lograr avances en la predicción meteorológica de fenómenos mesoescalares y en la modelización y gestión hidráulica, es necesario mejorar los sistemas de alerta temprana a la población y dejar de urbanizar en zonas inundables. Nos va la vida en ello.