Las depresiones aisladas en niveles altos (DANA): su naturaleza y sus efectos

José Antonio Fernández Monistrol
Director de Producción e Infraestructuras
Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)

¿Qué es una DANA y por qué la llamamos así?

Probablemente el lector que haya iniciado la lectura de este artículo tenga ya una idea del tema que se va a desarrollar, la DANA y sus posibles efectos. El problema es que no resulta sencillo dar una definición de lo que es una DANA. En primer lugar, porque resulta necesaria la referencia a otros hechos del comportamiento de la atmósfera. En segundo, porque muchas de ellas, como veremos más adelante, siguen una transición a lo largo de su vida a otras estructuras o modos que tienen su propia denominación, generando equívocos y polémicas ocasionales. Por eso este artículo comienza con una explicación sobre qué es una DANA, sin intentar dar una definición inequívoca.

Tal y como se explica en el MeteoGlosario Visual publicado en la página web de AEMET, el término DANA se usa actualmente en lugar de la denominación "gota fría", que ha venido siendo utilizada de forma generalizada y, algunas veces, de forma errónea. El origen del término gota fría viene de la escuela meteorológica alemana, que bautizó este concepto como kaltlufttropfen, que significa "gota de aire frío". En español, la expresión gota fría llegó a desvirtuarse y a ser asociada a cualquier tipo de situación de precipitaciones abundantes, por lo que en AEMET se prefirió evitar su uso y hablar en su lugar de Depresión Aislada en Niveles Altos o DANA, acrónimo lexicalizado que quiere ser también un homenaje al meteorólogo Francisco García Dana, fallecido en 1984. Los meteorólogos no somos los únicos en usar este tipo de acrónimos, otros ejemplos muy conocidos son ADN, OTAN... La Fundación del Español Urgente recomienda que, en general, cuando los acrónimos no superen las cuatro letras, se escriban con mayúsculas, salvo cuando los acrónimos estén incorporados a la lengua cotidiana como palabras comunes (ovni, sida,..), que entonces se escriben en minúscula.

Los elementos del acrónimo ayudan a la definición. "Depresión" se refiere a una condición espacial o de localización en la que la presión atmosférica en un área disminuye al acercarnos a su centro. "Niveles Altos" también resulta sencillo como referencia; dentro de la estructura vertical de la atmósfera y ciñéndonos a su región inferior –la troposfera– y a las latitudes medias donde se forma una DANA, se aplica a los niveles por encima de unos cinco kilómetros de altura. Sin embargo, el término "Aislada" como característica definitoria entraña más dificultad, pues es preciso determinar primero respecto de lo que está aislada. Esto requiere de mayor detenimiento, pues nos enfrentamos a una concatenación de referencias que hay que integrar. Aquello de lo que se aísla es lo que se conoce como la circulación de oestes en latitudes medias y el chorro polar.

Génesis de una DANA

En este punto resulta conveniente una aproximación de lo general a lo particular e ir descendiendo de escala geográfica hasta llegar a la DANA. En su movimiento orbital alrededor del Sol, la Tierra recibe la energía que la estrella irradia. La cantidad de energía que recibe una determinada superficie depende de su orientación con respecto a los rayos solares. Cuando es perpendicular, la cantidad de energía captada es máxima y se reduce a cero cuanto la superficie tiene la misma orientación que los rayos. Una primera consecuencia de este hecho es la existencia de estaciones. La particularidad de que el eje de rotación de la Tierra esté inclinado con respecto al plano de su órbita alrededor del Sol, conocido como plano de la eclíptica, da lugar a que, para un punto o localidad de la superficie de la Tierra, los rayos del Sol se acerquen más a la perpendicular de la superficie en verano, por eso se habla de que "el Sol cae a plomo" e incidan con mayor inclinación respecto a la vertical -"más de soslayo"- en invierno, con el consiguiente ciclo anual de temperatura. Si analizamos ahora qué sucede con la variación de latitud para un día determinado del año, los rayos solares inciden más próximos a la vertical en las zonas próximas al ecuador que en las latitudes más altas cercanas a los polos; por tanto, estas últimas reciben menos energía y es la razón de la diferencia de temperaturas entre ecuador y polos. La atmósfera se encarga de mantener en equilibrio la diferencia de temperatura entre ambas zonas, transportando energía desde el ecuador hacia los polos. En un primer paso, el aire sobrecalentado en la zona ecuatorial asciende, al ser más ligero, hasta la tropopausa y desciende a ambos lados del ecuador, a varios miles de kilómetros, calentándose por compresión y dando lugar al cinturón de anticiclones subtropicales. Entre este aire cálido y seco sobre los continentes, o muy húmedo sobre los océanos, y el aire frío polar se crea una frontera, desde el suelo a la tropopausa, en la que dominan los vientos del oeste (la diferencia de presiones entre ambos lados y el hecho de que la Tierra se encuentre en rotación alrededor de su eje da lugar a este cinturón de vientos). De forma general, la intensidad de estos vientos crece con la altura y el máximo se encuentra junto a la tropopausa y se concentra en el llamado chorro polar, de unas decenas de kilómetros de ancho, que rodea los polos y deja la región cálida a su derecha, hacia el sur en el hemisferio norte.

El chorro polar no sigue de forma constante los paralelos, sino que se ondula hacia el norte y consecutivamente hacia el sur, dando lugar a las vaguadas y dorsales en altura. Una vaguada es una irrupción hacia el sur de aire más frío que el que le rodea. En su seno se forman las borrascas o depresiones con sus frentes que separan el aire frío del cálido. La sucesión en niveles altos de vaguadas y dorsales se desplaza normalmente hacia el este.

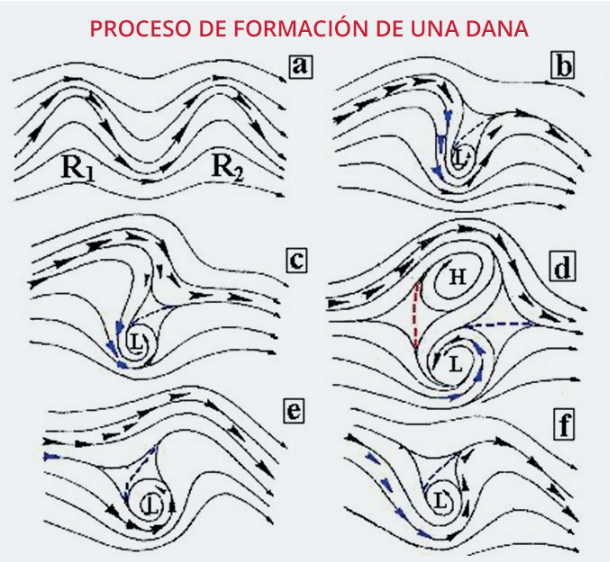

Figura 1. Muestra dos procesos en los que se desprende una DANA (señalada como L) de la circulación de oestes. La letra H identifica a un centro de altas presiones y la R a una dorsal.

En ocasiones este desplazamiento se ve obstaculizado por la presencia consolidada de potentes masas de aire más cálido que ocupan toda la troposfera y de una vaguada se desprende, hacia el sur y en forma de remolino, una DANA intentando rodear el obstáculo. Una vez fuera de la cinta transportadora, la DANA se desplaza con un movimiento más errático e impredecible, gobernado por las condiciones de la zona por la que viaja: sistemas montañosos, mares cálidos, etc. Pensemos en la corriente de un río, más fuerte en su centro y lenta junto a la orilla; en ocasiones se desprenden torbellinos que giran rápidamente al principio y se aproximan hacia la orilla. ¿Podríamos compararlo con la generación y evolución de una DANA? Podríamos, pero con muchos matices y solo como una metáfora visual. Los torbellinos en el río tienen una naturaleza de puro movimiento en su giro alrededor de su eje central. En una DANA se dan adicionalmente procesos termodinámicos por la condensación de vapor de agua que libera energía en forma de calor, procesos que, además, tienen lugar en un medio de densidad, temperatura y viento variable según la altura. De hecho, estas últimas características hacen que progresivamente la estructura de aire frío rodeado de aire más cálido pueda propagarse también hacia a niveles más bajos hasta llegar a la superficie, en un estado final conocido como Borrasca Fría Aislada que ocupa toda la troposfera y que aparece en los mapas de superficie como un centro de bajas presiones, habitualmente acompañado de frentes.

Contextualizada la formación y evolución de la DANA, ¿qué podemos decir de ella como ente individualizado? ¿Es una perturbación? Pese a que no debería considerarse que un fenómeno natural y habitual sea una perturbación, al igual que las borrascas se definen como una perturbación atmosférica, podemos darle el mismo tratamiento a la DANA. No parece que englobarla en los fenómenos atmosféricos sea oportuno. Solemos reservar la denominación de fenómeno atmosférico para los meteoros en sí, y tendríamos que hablar de fenómenos atmosféricos originados por una perturbación meteorológica. En resumen si para definir queremos usar una denominación para toda la clase, esta sería la de "elementos de la circulación global", adecuada para estudios más técnicos, pero no especialmente indicada para ser usada en una conversación normal.

¿Cómo evoluciona una DANA?

Al vincularse normalmente la aparición de una DANA sobre nuestras latitudes con precipitaciones muy intensas, se tiene una idea de que no son muy frecuentes. No es así. Los estudios realizados para contabilizar el número de DANA (base de datos elaborada por Rico, 2005) en una ventana que abarca Europa occidental y Atlántico oriental, hablan de unas quince anuales en promedio, siendo las más habituales en primavera y verano. Se podrían delimitar dos zonas como las más visitadas por las DANA: el suroeste de la península ibérica y la zona del Mediterráneo al sureste de la península ibérica. Hay que destacar que esa frecuencia se refiere a la posición del centro de la DANA, que no suele coincidir con la zona de efectos más devastadores. Un hecho a reseñar de esos estudios mencionados es que existe una gran variabilidad interanual, con años en que se contabilizan veinte, o incluso más, y otros en que apenas llega a la decena. Otro hecho a destacar es que se observa una tendencia decreciente en el número de DANA que se forman en primavera y un aumento en las que ocurren en verano y otoño. Esto último tiene una relevante importancia, pues coincide con las condiciones de mar y tierra cálidos en la zona mediterránea que favorecerían la inestabilidad y aumentarían la intensidad de las precipitaciones.

Las DANA no se originan por todo el globo; en el hemisferio norte hay tres zonas fuente de DANA: el Atlántico oriental, el Pacífico oriental y la zona de China y del océano que la baña. El ciclo de vida de una DANA se suele prolongar unos dos días y tan solo un tercio de ellas llega o supera los tres. En su fase final, las DANA se reparten, a partes iguales, entre las que se debilitan y desaparecen y las que son absorbidas por un sistema más potente.

¿Cuáles son las causas que originan que masas de aire frío se desprendan en niveles altos del cinturón de oestes? Todo parece apuntar a que están relacionadas con patrones de la circulación atmosférica de mayor escala, concretamente con las situaciones de bloqueo que dificultan la propagación hacia el este de las ondas embebidas en la circulación de oestes y con determinados estados de lo que se llaman teleconexiones como, por ejemplo, el fenómeno de El Niño u Oscilación del Pacífico Sur (ENSO, por sus siglas en inglés) y con la Oscilación del Atlántico Norte (NAO,

por sus siglas en inglés), que se valora comparando las presiones de la zona de Azores con la de la zona de Islandia. De forma resumida se puede afirmar que la tendencia a que se originen más DANA se relaciona de forma muy directa con un debilitamiento del chorro polar por una disminución en el contraste térmico entre la masa polar y la masa de aire subtropical. Como consecuencia primera de este hecho, el chorro polar adopta configuraciones en meandros o se bifurca y resulta más fácil el desprendimiento de las DANA.

¿Cuáles son sus efectos?

Una DANA puede dar lugar a varios fenómenos adversos: vientos fuertes, precipitaciones intensas de lluvia o nieve y a tormentas. Empezando por las precipitaciones intensas, estas están asociadas normalmente a convección en el seno de aire inestable. La convección intensa, acompañada de tormentas fuertes organizadas en estructuras que pueden actuar durante varias horas, se da cuando existe marcada diferencia entre la temperatura junto a la superficie y la temperatura en niveles más altos. Ya hemos visto que una DANA aloja en su centro aire más frío, por lo que es de esperar que cuando sobrevuele zonas con aire cálido, la convección se desate en cuanto actúe un mecanismo de disparo como, por ejemplo, el ascenso por las laderas de sistemas montañosos litorales. Si, además de cálido, el aire que alimenta la tormenta es húmedo, nos encontramos con que por un lado suministra más agua que puede precipitar y además con un realce o intensificación de la convección por efecto del calor desprendido a la atmósfera por el vapor de agua que se condensa al ascender, proporcionando energía adicional a la tormenta. Se concluye, por tanto, el siguiente hecho destacado: la adversidad de una DANA depende tanto de su propia estructura como de condiciones externas a ella. Cuando viaja por zonas frías los fenómenos no van a ser tan violentos, pues el contraste de temperaturas entre niveles bajos y altos no es tan grande y la convección no es tan intensa. Para España, las situaciones más peligrosas se dan cuando este aire frío en niveles altos se acerca al mar Mediterráneo a final del verano, cuando la temperatura es más alta.

A grandes rasgos, se pueden distinguir dos zonas de precipitación asociadas a cada DANA, las originadas en su centro por inestabilidad derivada del núcleo de aire frío en niveles superiores y las que ocurren en lo que se conoce como "escudo baroclino" en la zona oriental de avance de la estructura y que, normalmente, se representa en los mapas de superficie como un frente. Las mayores intensidades suelen estar asociadas al escudo baroclino. La fuerte inestabilidad y la presencia de alimentación en niveles bajos conducen a que la convección se organice y dé lugar a estructuras de tormentas con una vida de varias horas, que pueden ser persistentes sobre un mismo punto, ocasionando inundaciones. Esto contrasta con la convección menos organizada y de menor duración que se forma debajo del núcleo.

Como ya se ha detallado, las intensidades de precipitación dependen mucho tanto de las condiciones de alimentación de humedad en niveles bajos por la presencia de gran cantidad de vapor de agua resultado de la evaporación continua de un mar cálido al final del verano, como de la presencia conjunta de máximos de viento que conducen este aire altamente inestable hacia las barreras orográficas de los sistemas litorales que fuerzan el ascenso y actúan de mecanismo de disparo de la convección intensa. Esta combinación de elementos propios de la DANA y del entorno en el que se mueve, junto con el hecho diferencial de que las trayectorias de la DANA carecen de un elemento conductor fuerte y son más erráticas, hace especialmente difícil la predicción durante estos episodios. De forma adicional hay que recordar que, en ocasiones, por la posición de la DANA existe una fuerte circulación de componente oeste sobre la zona cantábrica, que da lugar a precipitaciones intensas y persistentes.

En cuanto a la distribución de precipitación en las distintas áreas de nuestra geografía ocasionadas por las DANA, los estudios (Nieto, 2005) muestran que, para el cuadrante noroeste peninsular, la contribución de la precipitación ocasionada por las DANA representa únicamente la quinta parte del total anual, mientras que su contribución en el cuadrante noreste es del 60 % de la precipitación anual.

En resumen, podemos afirmar que no todas las DANA producen precipitaciones intensas sobre la península ibérica y que el que ocurran depende de otras condiciones, a las que es muy sensible la posición del centro de la DANA que, a su vez, determina la posición del escudo baroclino y del transporte intensivo de aire muy húmedo hacia tierra.

Los impactos de cualquier desastre natural están relacionados con la intensidad del fenómeno que los provoca, pero también con la vulnerabilidad y exposición de la zona afectada. Para nuestros fines, la intensidad de los fenómenos desencadenados por la DANA va a depender de dos factores, tal y como se ha reseñado:

- La estructura de esta en cuanto a lo profunda que sea. Es decir, en cuanto a lo que disminuya la presión en su centro y a su inestabilidad que, a su vez, viene condicionada por la disminución de temperatura con la altura.
- Las condiciones externas. Fundamentalmente de la alimentación de energía en niveles bajos asociado a la temperatura del aire, a su contenido de vapor de agua y a la intensidad de los vientos que la transportan, así como de la presencia de agentes que disparen la convección, como son la convergencia de vientos o los ascensos orográficos.

Se ha mencionado ya el papel del viento, de su recorrido sobre el mar, de la temperatura superficial; un hecho característico común a muchas de las situaciones de lluvias torrenciales es la formación de un pasillo de viento del este, con amplio recorrido marino, por la acción conjunta de la circulación contraria a las agujas del reloj alrededor de un centro de bajas presiones en el sur y de la circulación en el sentido de las agujas del reloj alrededor de un centro de altas presiones al norte. Los vientos serán tanto más intensos cuanto mayor sea la diferencia de presión entre los dos centros y cuanto más estrecha sea la frontera entre ambos.

¿Cómo se predicen y vigilan las DANA en AEMET?

Si bien hemos dicho que la predicción de estos episodios resulta difícil, los modelos globales de predicción del tiempo, como el del Centro Europeo de Predicción de Medio Plazo (CEPPM), capturan la formación de las DANA cada vez con mayor acierto y con antelación suficiente para realizar un seguimiento de las predicciones consecutivas de las que se dispone cada día (cada doce horas para el modelo del CEPPM) y para recoger la incertidumbre en cuanto a su trayectoria y características con los sistemas de predicción probabilística. La predicción probabilística se basa en la información proporcionada por un conjunto de modelos (cincuenta para el sistema del CEPPM) que tienen menor resolución espacial, pero que simulan la incertidumbre sobre el conocimiento exacto del estado inicial y sobre las aproximaciones matemáticas usadas en el cálculo. Esto permite a la Agencia Estatal de Meteorología emitir notas informativas y avisos especiales con días de antelación. En estos boletines no se puede precisar la localización de los máximos de precipitación que se producirán ni su cuantificación, pero sirven para iniciar los protocolos de seguimiento y de preparación de los servicios de emergencia a fin de poder actuar rápidamente llegado el caso, así como de transmitir las recomendaciones a los ciudadanos que puedan verse afectados. Cuando se inicia el episodio y ya se dispone además cada seis horas de las predicciones del modelo Harmonie, con resoluciones de 2,5 kilómetros y alcances temporales de 48 horas, se puede precisar con más detalle en cuanto a intensidades de precipitación y su localización, que en todo caso nunca llegará hasta el límite espacial de una localidad. Está previsto que estas predicciones sean complementadas con un sistema de predicción probabilística por conjuntos de muy alta resolución desarrollado por AEMET a partir de 2020, una vez se disponga de suficiente capacidad de cálculo con el nuevo superordenador.

Llega entonces el momento de la vigilancia meteorológica, concepto que abarca el seguimiento continuo por parte de los predictores de la evolución de la situación gracias a los datos de observación desde los satélites. Cada quince minutos se dispone de imágenes con resoluciones de hasta un kilómetro en varios canales, así como de productos obtenidos a partir de estos datos, como intensidades de precipitación estimadas, índices de inestabilidad, estimación de agua precipitable, etc. También se trabaja con la información proporcionada por la red de radares de AEMET, que ofrece datos sobre la localiza-

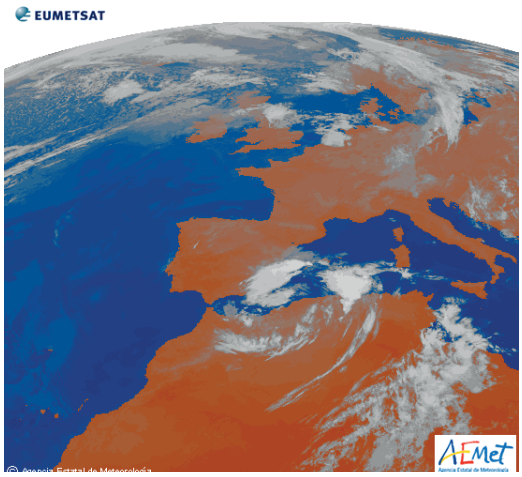

Figura 2. Imagen del Meteosat en un canal de infrarrojo (12/09/2019 00UTC).

ción de la precipitación y una estimación de su intensidad, y con la red detección de rayos que localiza las tormentas con precisión de un kilómetro, así como con registros de la red de estaciones convencionales de superficie que ofrecen datos diezminutales de una red de más de doscientas estaciones específicas para este propósito. El objetivo de la vigilancia es detectar, con el conocimiento y experiencia de los predictores, posibles desviaciones frente a los avisos en vigor para actualizarlos debidamente y que estos sean distribuidos automáticamente a los servicios de emergencia y publicados para conocimiento de los ciudadanos. Es el momento crítico en el que toda la cadena, información meteorológica, comunicación con servicios de emergencia y comunicación a los ciudadanos, debe funcionar para que la respuesta sea eficaz y los riesgos mitigados.

Para ilustrar las herramientas de observación y teledetección que usan los predictores de AEMET se muestran a continuación diversas imágenes de satélite (canales infrarrojo, visible y vapor de agua) de las redes de teledetección de AEMET (radar y rayos) y de la red de observación de superficie, todas ellas correspondientes a la DANA que afectó a España en septiembre de 2019.

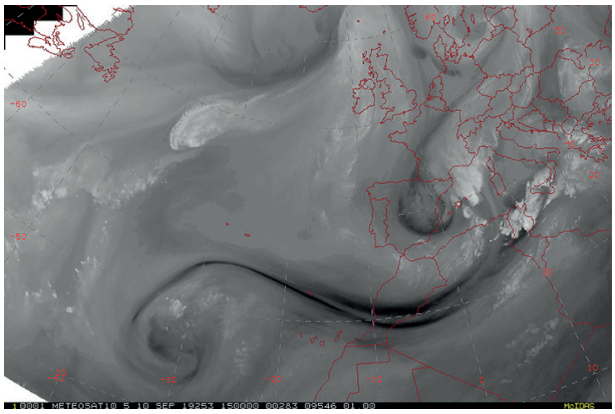

Figura 3. Imagen en el canal de vapor de agua que muestra la DANA atravesando la península en su trayectoria hacia el sureste (10/09/2019).

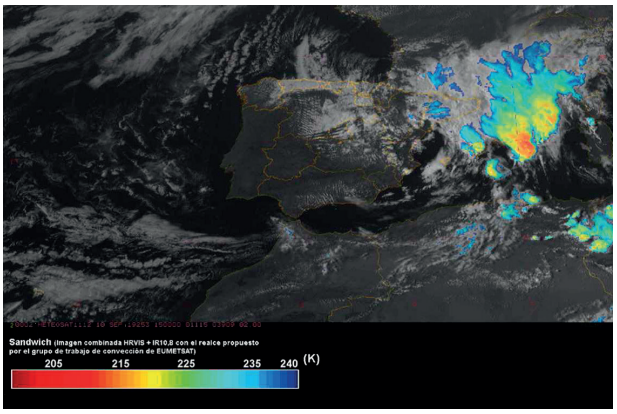

Figura 4. Imagen que procesa y combina varios canales para resaltar la convección profunda. (10/09/19).

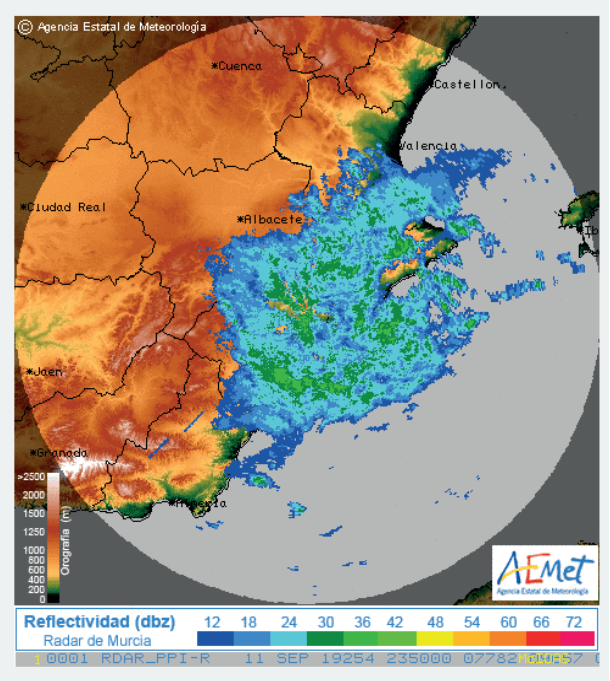

Figura 5. Imagen captada por el radar de Murcia el 11 de septiembre.

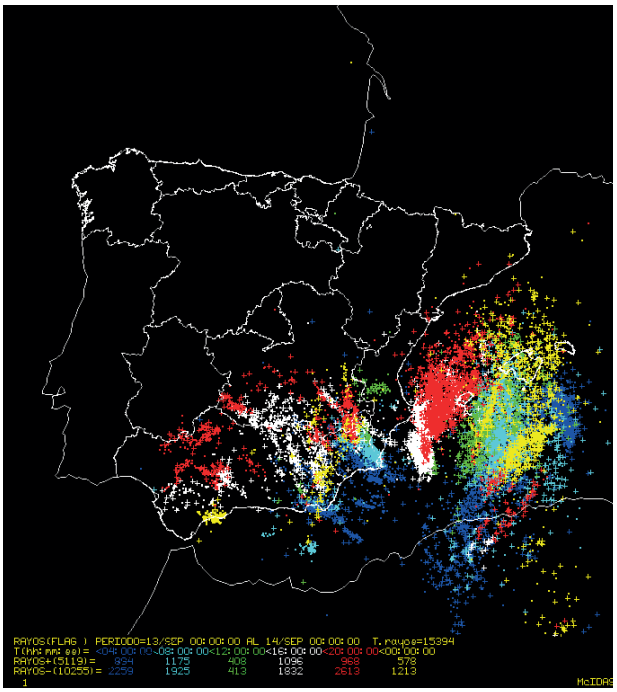

Figura 6. Rayos detectados durante el día 13 de septiembre de 2019.

¿Está creciendo el número de DANA? ¿Se están intensificando sus efectos como una tendencia del cambio climático?

Estas preguntas surgen en un marco de interés generalizado sobre la atribución de episodios de meteorología adversa al cambio climático, en concreto al calentamiento global de origen antrópico. Cabría distinguir dos aspectos a considerar. Uno, más inmediato, se refiere al aumento de la intensidad de precipitación por interacción de las DANA con el entorno mediterráneo. En este caso no hay duda: el aumento de las temperaturas y de la evaporación de agua lleva a establecer, de acuerdo con las leyes de la física que se aplican a la meteorología, que las precipitaciones han de ser más intensas, o lo que es lo mismo, al aumento del carácter torrencial de las precipitaciones. Dada la intrínseca variabilidad espacial y temporal de los episodios de lluvia torrencial de origen convectivo (a diez kilómetros de una estación que recoge más de 200 litros por metro cuadrado puede que otra apenas registre diez), no es fácil detectar y mostrar tendencias de este impacto de forma cuantificada. Indirectamente puede identificarse mediante el análisis de la contribución al total de la precipitación anual en una estación del cinco por ciento de los días de más precipitación, entendiendo que este porcentaje representa la torrencialidad. El otro aspecto aún más difícil de valorar es el de identificar tendencias en la formación de DANA que posteriormente puedan viajar hacia nuestras regiones y encontrar un ambiente propicio para las lluvias intensas. Hemos visto que el número de DANA o que su formación está correlacionada con patrones de mayor escala como el índice de la NAO o del ENSO. Concretamente, la Oscilación del Atlántico Norte, y así lo muestran numerosos estudios, es el factor que guarda mayor relación con los regímenes de precipitación en España. Debe actuarse prudentemente, pues la correlación entre el índice que mide este patrón influye de forma diferente dependiendo de la estación del año. La correlación positiva más significativa en nuestra región se da para las precipitaciones en otoño (Nieto, 2006). Si consideramos que la tendencia del índice de la NAO es creciente, quedaría también justificado el aumento del número de DANA en otoño. Por el contrario, no parece haber correlación significativa con el número de DANA que ocurren en primavera e invierno, si bien en estas estaciones la aparición de DANA se corresponde bien con la presencia de situaciones de bloqueo, que tienen a su vez un origen mediado por complejas consideraciones aún en estudio. La formación de DANA en verano correlaciona bien con el índice QBO (Oscilación Quasi Bienal), que describe los regímenes de viento en la estratosfera sobre el ecuador.

Algunos episodios de inundaciones catastróficas y su relación con las DANA

Para finalizar, repasaremos algunos de los episodios de inundaciones históricas catastróficas para identificar qué rasgos comunes manifiestan y cuáles presentan variaciones. En cada situación se verá si la ocurrencia está ligada a la presencia de una DANA. Se aprovechará esta revisión para ofrecer algunos datos pluviométricos significativos registrados, algunos de ellos auténticos records climáticos.

Para poder remontarnos a sucesos del siglo XIX o de principios del XX, tenemos que ayudarnos de una herramienta de amplio uso entre meteorólogos y climatólogos. Se trata de los reanálisis numéricos. Los modelos atmosféricos numéricos permiten simular el comportamiento de la atmósfera y, a partir de unos datos observados, reconstruir el estado de la atmósfera hacia el futuro, pero también usando datos históricos se pueden dirigir los cálculos hacia el pasado. Esto nos permite obtener los "mapas del tiempo" de décadas hacia atrás, siempre que dispongamos de un número suficiente de observaciones de esos años. Este tipo de estudios es factible, pues desde que se establecieron los servicios meteorológicos, incluso antes, existen registros de parámetros atmosféricos como presión, temperatura, humedad, etc. de muchas ciudades y de observatorios científicos especializados.

En primer lugar nos vamos a remontar a una primera fecha significativa, el 14 de octubre de 1879, día en que el río Segura se desbordó y causó más de mil muertos. La reconstrucción por medio de reanálisis sitúa una DANA frente a las costas marroquíes atlánticas y que inducía en superficie un marcado flujo húmedo hacia el sureste de la península ibérica.

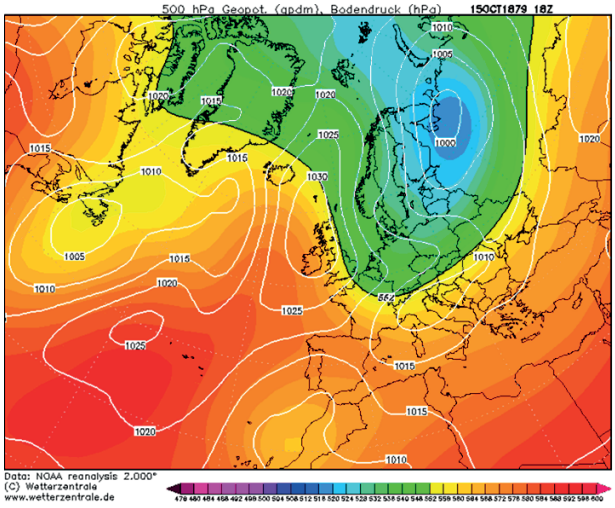

Figura 7. Reanálisis del día 15 de octubre de 1879. Modelo numérico de la Agencia Americana de Océano y Atmósfera (NOAA). Fuente: Wetterzentrale.

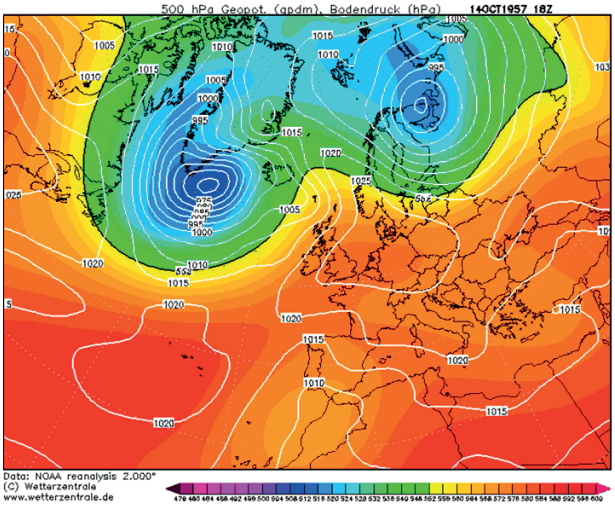

Figura 8. Reanálisis del día 14 de octubre de 1957. Modelo numérico de la Agencia Americana de Océano y Atmósfera (NOAA). Fuente: Wetterzentrale.

En las líneas continuas de color blanco de la figura superior se representa el campo de presión en superficie que permite estimar la dirección e intensidad del viento. En las bandas coloreadas se representa el estado medio de la troposfera. El color da una idea de la temperatura (colores cálidos, más calor y fríos, menor temperatura) y delimita los sistemas de alta o baja presión.

Otra inundación histórica es la que sucedió en Valencia el 15 de octubre de 1957. En este episodio una depresión de niveles altos que se movía despacio sobre el suroeste de la península y mostraba reflejo en superficie con un centro de bajas presiones centrado en el golfo de Cádiz que generaba, al igual que en el caso anterior, un flujo del sureste en la costa mediterránea.

Las precipitaciones más significativas recogidas en este episodio se muestran en la siguiente tabla:

Datos de 15-10-195		
INDICATIVO	**NOMBRE**	**PCP**
8050	JÁVEA-POU DEL MORO	300.0
8056	EL VERGER RACONS	298.0

Si avanzamos cronológicamente, llegamos a las inundaciones por desbordamiento de los ríos Llobregat y Besós en Barcelona, de la Rambla de la Viuda en Castellón y a las lluvias torrenciales en Palma de Mallorca, ocurridas el 25 de septiembre de 1962. Aunque los efectos son similares a otros episodios presentados, hay que señalar que en este episodio los impactos no fueron originados por una DANA sino por el paso de una vaguada (una depresión en niveles altos embebida en la circulación zonal de oestes asociada a ondulaciones del chorro polar). Las líneas continuas unen los puntos de igual altura, en decenas de metros, de la superficie de presión de 500 hPa. En color se representan los datos de temperatura en esos niveles.

La situación de la atmósfera en superficie se representa en la figura 10.

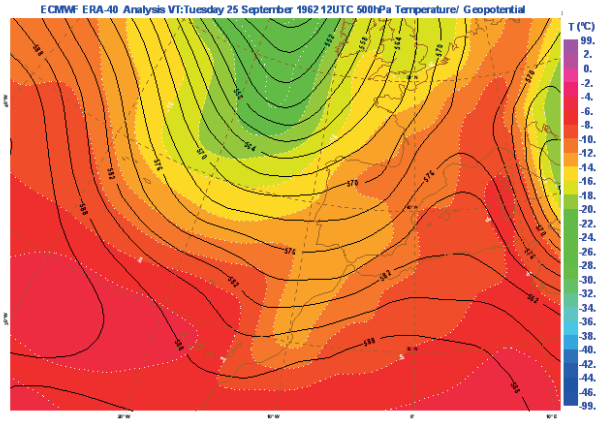

Figura 9. Reanálisis del campo de 500 mb del modelo CEPPM del 26 de septiembre de 1962.
Fuente: CEPPM.

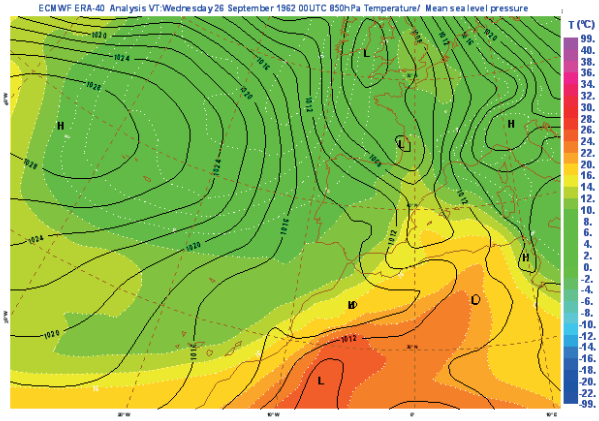

Figura 10. Reanálisis del campo de presión en superficie del modelo CEPPM del 26 de septiembre de 1962 junto con la representación de temperatura en el nivel de 850 hPa (aproximadamente a 1,5 km. de altura).
Fuente: CEPPM.

Datos de 25-09-1962		
INDICATIVO	**NOMBRE**	**PCP**
220	MARTORELLES	250.0
188	CORBERA DE LLOBREGAT	240.0
163	ESPARREGUERA	212.5
185	GELIDA	212.0
160	OLESA DE MONTSERRAT	210.6

Las inundaciones de Alicante y Valencia de los días 19 y 20 de octubre de 1982, conocidas como la “pantanada de Tous” en las que, debido a las intensas precipitaciones, cedió la presa, anegaron varias poblaciones y murieron decenas de personas, se debieron a una DANA. En este caso la DANA se situaba sobre el norte de África en las proximidades del estrecho de Gibraltar. Una banda de vientos del este se canalizaba hacia tierra, conducida por la acción conjunta de un centro de bajas presiones al sur del Atlas y un anticiclón sobre Francia.

En los siguientes mapas se representa el estado en niveles altos de la troposfera, a unos 9 kilómetros de altura, y el campo de presión en superficie, tal y como los reconstruye el modelo del CEPPM.

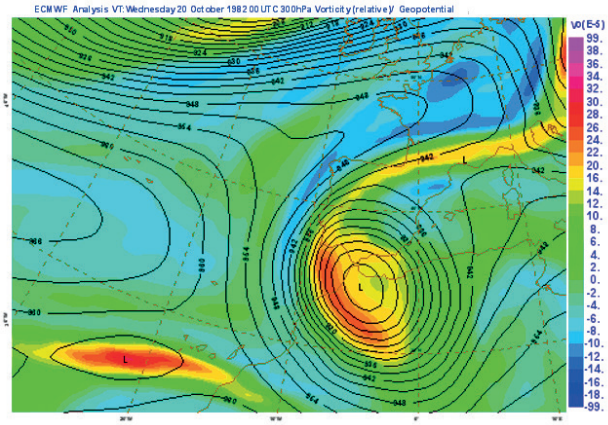

Figura 11. Reanálisis del campo de 300 hPa del modelo CEPPM del 20 de octubre de 1982.
Fuente: CEPPM.

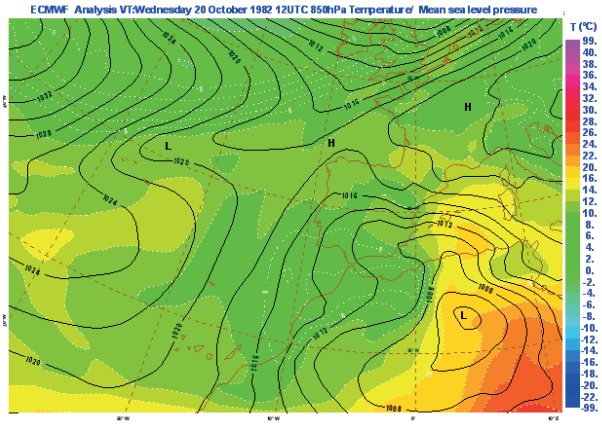

Figura 12. Reanálisis del campo de presión en superficie del modelo CEPPM del 20 de octubre de 1982.
Fuente: CEPPM.

En la siguiente tabla se muestran algunas de las acumulaciones registradas en 24 horas.

Datos de 20-10-1982		
INDICATIVO	**NOMBRE**	**PCP**
82700	BICORP (BARRANCO SALADO)	632.0
8204A	JALANCE AGROMET	425.5
8269	SALTO DE MILLARES (CENTRAL JUAN URRUTIA)	280.0
8276	ENGUERA C H JUCAR	278.4

El record de precipitación registrada por una estación en 24 horas se alcanza en Oliva (817 l/m²) el 3 de noviembre de 1987. Este episodio, en realidad, no fue desencadenado por una DANA, sino por la interacción de una borrasca aislada que ocupaba toda la troposfera en la vertical, situada sobre el golfo de Cádiz. En las siguientes imágenes se muestra la estructura de la circulación atmosférica en niveles medios de la troposfera y en superficie correspondientes a ese episodio.

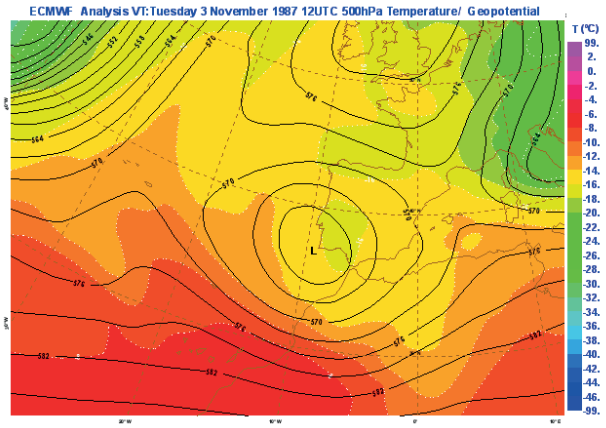

Figura 13. Reanálisis del nivel de 500 hPa (unos cinco kilómetros de altura) del modelo CEPPM del 3 de noviembre de 1987.
Fuente: CEPPM.

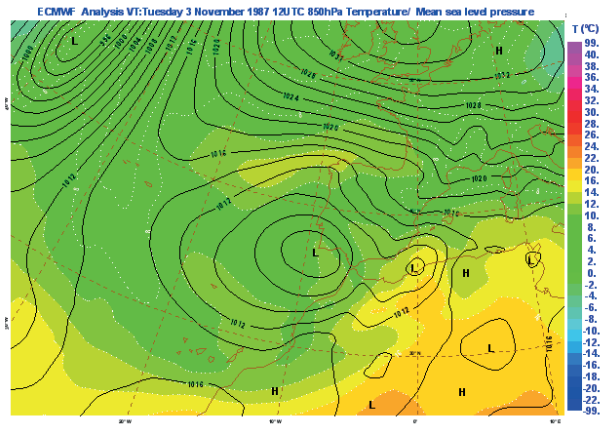

Figura 14. Reanálisis del campo de presión en superficie del modelo CEPPM del 3 de noviembre de 1987.
Fuente: CEPPM.

Como en casos anteriores, se muestran tabuladas las acumulaciones diarias más relevantes.

Datos de 03-11-1987		
INDICATIVO	**NOMBRE**	**PCP**
8058A	OLIVA S E AGRARIA	817.0
8071C	GANDIA (C. ROIG DE CORELLA)	720.0
8052B	DENIA LAS ROTAS	425.0
8051U	DENIA-CENTRO CIUDAD	377.0
8052C	DENIA (P.BOMBEROS)	374.2
8057A	PEGO CONVENTO	371.5
8286	BENIATJAR LES PLANISES	360.5
8058I	RAFELCOFER	350.0

Cerca de finalizar el siglo XX, el 30 de septiembre de 1997, Alicante y el sur de la provincia de Valencia se vieron afectados por lluvias torrenciales que provocaron el desbordamiento de varios afluentes del Júcar. En Alicante se recogieron 270 litros por metro cuadrado en menos de 6 horas. Las intensas lluvias sobre la ciudad ocasionaron cuatro fallecidos. Vuelve a ser una DANA centrada sobre el litoral atlántico de Marruecos la que desencadena el episodio. Entre las bajas presiones del norte de África y el anticiclón centrado al norte de Francia se genera un pasillo de viento que recorre el Mediterráneo occidental cargándose de humedad y alimentando de agua y energía las precipitaciones sobre la franja litoral.

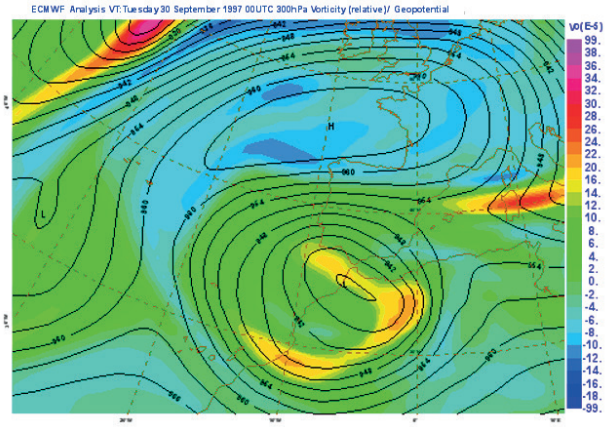

Figura 15. Reanálisis del campo de 300 hPa del modelo CEPPM del 30 de septiembre de 1997.
Fuente: CEPPM.

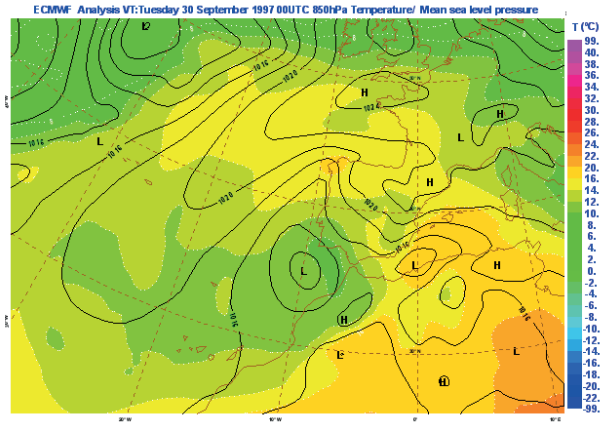

Figura 16. Reanálisis del campo de presión en superficie del modelo CEPPM del 30 de septiembre de 1997.
Fuente: CEPPM.

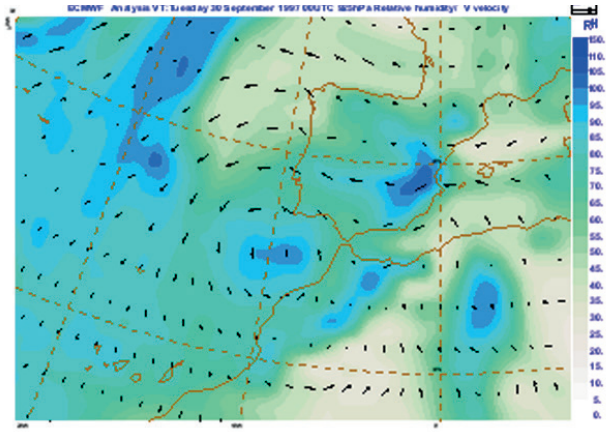

Figura 17. Reanálisis del campo de humedad relativa y del viento en niveles próximos a la superficie del modelo CEPPM del 30 de septiembre de 1997.
Fuente: CEPPM.

Como en episodios anteriores, se ha mostrado en sendos mapas la configuración de la circulación en niveles superiores y en superficie. Un tercer mapa muestra cómo el viento conducía y transportaba aire muy húmedo y cálido del Mediterráneo occidental hacia el litoral.

Ya en el siglo XXI, la comarca de la Marina Alta (Alicante) padeció un episodio de lluvias torrenciales los días 12 y 13 de octubre de 2007. En varios puntos se sobrepasaron los 450 litros por metro cuadrado en menos de 24 horas. La crecida del río Girona produjo numerosos daños. En esta ocasión había dos DANA, una sobre el sureste de la península ibérica y otra en el Mediterráneo central.

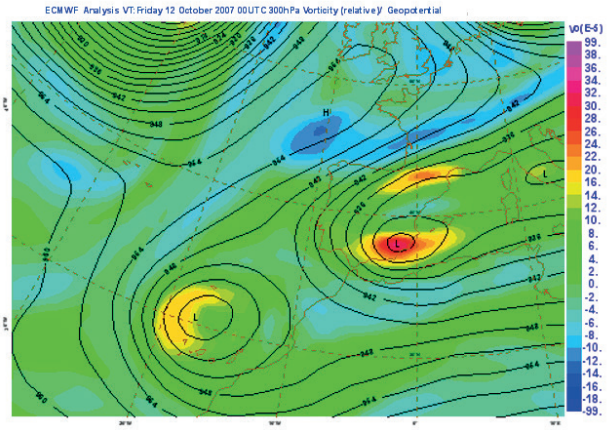

Figura 18. Reanálisis del campo de 300 hPa del modelo CEPPM del 12 de octubre de 2007.

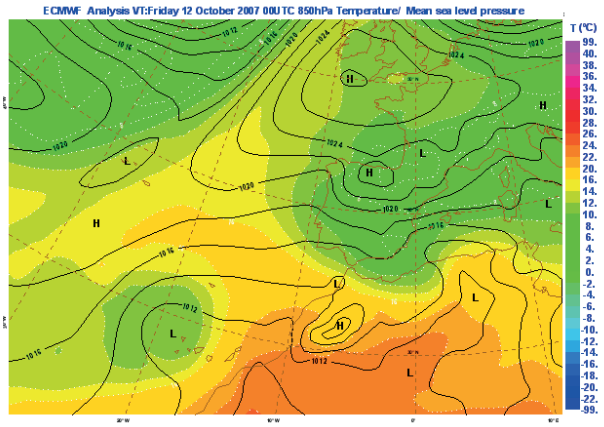

Figura 19. Reanálisis del campo de presión en superficie del modelo CEPPM del 12 de octubre de 2007.
Fuente: CEPPM.

Datos de 12-10-2007		
INDICATIVO	**NOMBRE**	**PCP**
8054O	TORMOS LES FONDOS	400.0(2)
8056C	VALL DE LA GALLINERA-PATRO	333.0
8051I	PEDREGUER	293.0
8048E	GATA DE GORGOS	258.9
8067	PANTANO DE BENIARRES	230.0

Caracterización climática de la DANA de septiembre de 2019

La DANA que asoló gran parte del sureste peninsular y dio lugar a precipitaciones torrenciales en muchas regiones de la vertiente mediterránea puede calificarse de extraordinaria, tanto por su ciclo de vida, que se alargó durante cinco días, como por su trayectoria, al viajar hacia el sur y retornar posteriormente hacia el norte, dando lugar a que en algunas zonas padecieran sus efectos dos veces en un breve lapso de tiempo. En este caso se conjugaron además todos los elementos que hacen peligrosa a una DANA: un mar Mediterráneo anómalamente cálido, una ubicación de su centro que dirigía el viento hacia tierra tras un largo recorrido por el mar cálido y una interacción con aire subtropical altamente inestable.

La anomalía de la depresión, es decir la diferencia entre la presión medida y la que suele ser habitual para una altura determinada en el seno de la troposfera, fue en sí extraordinaria, como lo confirma que haya sido la más baja medida por el radiosonda de Murcia desde su instalación en 1984 (Núñez Mora, 2019). En segundo lugar, la trayectoria de la DANA fue un tanto extraña, dentro de lo erráticas que suelen ser habitualmente, pues un movimiento hacia el sur se vio seguido por otro hacia el norte.

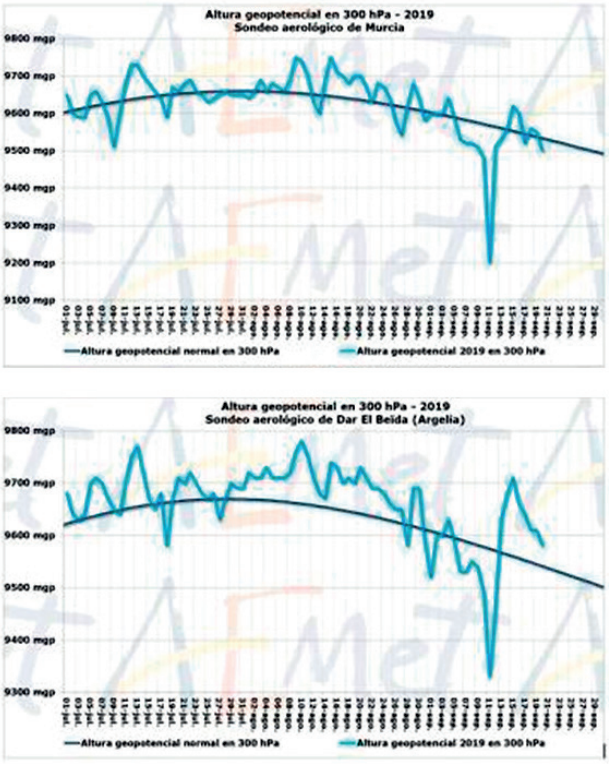

Figura 20. Evolución del geopotencial de 300 hPa de los sondeos de Murcia y Dar El Beida (Argelia) que muestran la intensidad de la depresión de la DANA.
Fuente: AEMET.

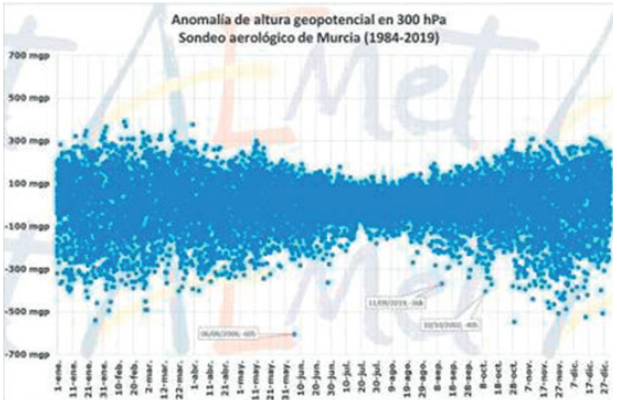

Figura 21. Distribución de la anomalía de la altura (en metros) de la superficie geopotencial de 300 hPa respecto de su valor medio, desde 1984.
Fuente: AEMET.

Según los estudios realizados en AEMET (Núñez Mora, 2017), "habría que concluir que la DANA que circuló por el sureste de la Península durante el temporal de septiembre, es la más profunda de las registradas en la estación de radiosondeos de Murcia entre el 6 de junio y el 10 de octubre del periodo 1984-2019".

Referencias

- Agencia Española de Meteorología, Aemet (2019): *Informe operativo 2019-37: Semana del 9 al 15 de septiembre de 2019, del Área de Técnicas y Aplicaciones de Predicción de AEMET.* Madrid, AEMET.

- Agencia Española de Meteorología, Aemet (2018): Meteoglosario Visual. Aemet. Disponible en: https://meteoglosario.aemet.es

- Hernández Carrascal, Á. (1999): "Un estudio estadístico sobre depresiones aisladas en niveles altos (DANAs) en el sudoeste de Europa basado en mapas isentrópicos de vorticidad potencial". *4º Simposio Nacional de Predicción del INM,* Madrid, Instituto Nacional de Meteorología.

- Martín León, F. (2003): *Las gotas frías/DANAs. Ideas y conceptos básicos,* Madrid, INM.

- Nieto, R., et al. (2006): "Analysis of the precipitation and cloudiness associated with COLs occurrence in the Iberian Peninsula". *Meteorol Atmos Phys 96.*

- Nieto, R.; et al. (2006): "Interannual variability of cut-off low systems over the European sector: The role of blocking and the Northern Hemisphere circulation modes". *Meteorol Atmos Phys 96.*

- Nuñez Mora, J.A. (2019): *Análisis meteorológico y climático del temporal de precipitaciones torrenciales de septiembre de 2019 en la Comunidad Valenciana.* Madrid, AEMET.