

# ANÁLISIS DE UN COMPLEJO EPISODIO DE TIEMPO MUY ADVERSO EN EL ESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA Y BALEARES

Ramón Pascual Berghaenel, Gabriela Cuevas Tascón y Samuel A. Viana Jiménez  
Delegación Territorial de AEMET en Cataluña

*RESUMEN: Durante los días 15 a 18 de noviembre de 2013 se produjo un episodio meteorológico muy complejo en el este de la península ibérica y Baleares, que dio lugar a un tiempo sensible muy adverso: vientos fuertes, precipitaciones copiosas generalizadas y localmente fuertes, nevadas en cotas bajas y algunas tormentas. Este tipo de tiempo causó algunos impactos en el territorio, los más destacables asociados a las nevadas en cotas muy bajas en el sur de Valencia y norte de Alicante.*

*La situación sinóptica y mesoescalar estuvo caracterizada por la presencia de una vaguada retrógrada en niveles altos, con un núcleo muy frío en su interior, y una baja en superficie que se fue profundizando a lo largo del episodio hasta acabar convirtiéndose en el ciclón mediterráneo Cleopatra, que afectó con mucha severidad a la isla de Cerdeña.*

*La gran extensión espacial, larga duración y notable adversidad del episodio conllevó una operativa altamente compleja en el Grupo de Predicción y Vigilancia de Barcelona, debido a la necesaria emisión y difusión de multitud de avisos de fenómenos meteorológicos adversos y a su seguimiento.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Durante los días 15 a 18 de noviembre de 2013 se produjo un episodio de tiempo muy adverso en el este de la península ibérica y Baleares con copiosas precipitaciones generalizadas, localmente fuertes y con tormenta, así como un descenso acusado de temperaturas con nevadas en cotas bajas y vientos fuertes afectando a distintas zonas. El mar estuvo bastante alterado, especialmente el día 16 cuando el viento del nordeste, el gregal, sopló fuerte en el litoral catalán.

El tiempo adverso tuvo un cierto impacto en las infraestructuras, con algunos cortes de carreteras y tráfico ferroviario y también varios cortes de suministro eléctrico. Aunque hubo una alteración sustancial de las actividades habituales, no hubo que lamentar víctimas.

La situación sinóptica estuvo marcada por la presencia en altura de una depresión aislada de niveles altos (dana) de movimiento retrógrado (del noreste hacia el suroeste), con temperaturas en 500 hPa inferiores a los  $-30$  °C en su centro. En superficie, lo más significativo fue la formación de una baja de mesoescala entre la costa de Valencia y las islas Baleares que fue profundizándose a lo largo del episodio y finalmente se convirtió en el ciclón mediterráneo Cleopatra (nombrado así por algunos medios de comunicación italianos, o Ruven para el departamento de meteorología de la Universidad de Berlín) que provocó lluvias torrenciales y al menos 18 muertos en la isla de Cerdeña.

Existen multitud de estudios sobre episodios de precipitaciones fuertes y/o copiosas en el ámbito mediterráneo español (por ejemplo, CAPEL MOLINA, 1989; QUEREDA Y OBIOL, 1991; RAMIS y otros, 1994; OLCINA, 1999; PASCUAL, 2001; HOMAR y otros, 2002; LÓPEZ Y ARÁN, 2005; CEAM, 2007; RIESCO y otros, 2013) y muchos menos sobre episodios de nevadas en cotas bajas (OLCINA Y MOLTÓ, 1999; PASCUAL y otros, 2003; AZORIN, 2003; PASCUAL, 2011; SALAMANCA y otros, 2012) y vientos fuertes en la zona, aunque sí hay bastante bibliografía sobre vientos regionales como la tramontana, el mestral o el cierzo (RÍOSALIDO y otros, 1987; CAMPINS y otros, 1995; VÁZQUEZ, 1995). Sin embargo, no se han abordado apenas estudios en los que el tiempo adverso haya incluido la multiplicidad de fenómenos que se abordan en este estudio. Por otro lado, también es bastante novedoso el hecho de trabajar con un área geográfica tan grande y variada (108 080 km<sup>2</sup> de tierras emergidas) y bastante poblada (más de 15 millones de habitantes).

Este episodio representó un importante reto para las tareas de predicción y vigilancia operativa de la Agencia Estatal de Meteorología, AEMET, especialmente en lo que concierne a la emisión y difusión de avisos de fenómenos meteorológicos adversos (FMA), tanto por la gran extensión del área afectada, como por la diversidad de fenómenos y duración del episodio.

En la primera parte de este estudio se hace una diagnosis de la situación meteorológica a escala sinóptica y mesoescalar vinculando esta situación con la fenomenología observada. Posteriormente se describen las principales características del tiempo sensible observado. Finalmente, se hace un análisis de los avisos de FMA emitidos.

## 2. ANÁLISIS SINÓPTICO Y MESOESCALAR

La dana responsable del episodio se formó por la profundización en el sureste de Francia de una vaguada proveniente de las islas británicas. Se introdujo en la península ibérica por el nordeste el día 15, en movimiento retrógrado hacia el sur para salir finalmente por el sureste. El flujo de N/NE originado en altura provocó una entrada de aire frío continental al principio del episodio que hizo descender las temperaturas y la cota de nieve. Otro elemento fue la formación en superficie de una mesobaja entre Baleares y el golfo de Valencia, que se mantuvo cuasiestacionaria desde el día 15 hasta el 18 generando un flujo húmedo e inestable del E y NE en todo el cuadrante nordeste. El día 18, un frente ocluido sobre el nordeste asociado a la mesobaja, provocó precipitaciones persistentes en todo el tercio norte de Cataluña.

En los días previos al episodio existía una ligera anomalía cálida de la temperatura de la superficie del mar (SST) en el Mediterráneo occidental, con temperaturas hasta  $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  superiores a los valores normales para la época (análisis de la SST de la NOAA/NESDIS). Este hecho, junto con la presencia de aire muy frío en niveles medios y altos, contribuye a explicar la inestabilidad predominante en el Mediterráneo occidental durante todo el periodo.

La presencia de una dana o vaguada retrógrada que se acerca desde la zona nordeste peninsular, y la irrupción fría asociada, es la situación más favorable para nevadas copiosas en la Península (PASCUAL y otros, 2003; RIESCO y otros, 2005; MARTÍN y otros, 2009; PASCUAL, 2011). La represa previa de aire frío junto al suelo tras varios días de advección fría más la entrada de una masa más cálida en capas superiores suele producir las nevadas más importantes en las regiones del interior y este peninsular. En capas bajas, la clave para que las nevadas sean abundantes es el recorrido marítimo de la masa de aire procedente del E/NE (RIESCO y otros, 2005).

Como es característico en los movimientos retrógrados de vaguadas o danas que afectan a la Península (PASCUAL, 2011), el día 15 a las 00 UTC un potente anticiclón de bloqueo, centrado sobre el Atlántico norte, permaneció en esa zona durante todo el episodio, ejerciendo su influencia sobre gran parte de la Península. La formación de una baja en el golfo de Génova aumentó el gradiente bariométrico, intensificando el viento del norte sobre el noreste peninsular y Baleares. En niveles medios y altos una vaguada térmica y de geopotencial se trasladó desde las islas británicas hacia el sur, con temperaturas en su centro inferiores a  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  en 500 hPa. Esta vaguada iba conducida por un intenso máximo de viento (150 nudos) de salida de la dorsal de bloqueo situada al oeste de Europa. Esta configuración fue la responsable de una entrada de aire muy frío en todos los niveles que afectó a toda la Península durante el día 15, provocando una caída de la cota de nieve en el norte peninsular.

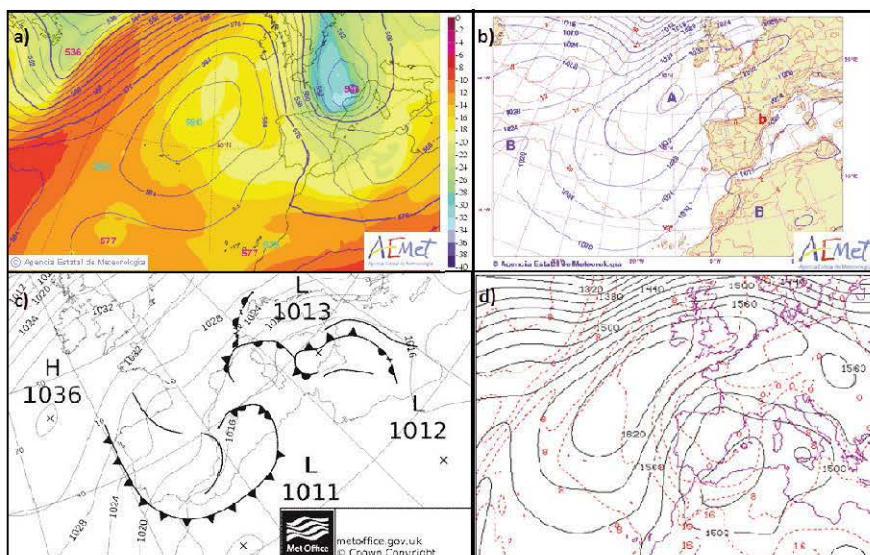


Figura 1. Análisis HIRLAM del día 16 a las 00 UTC: a) altura geopotencial (isolíneas, m<sub>gp</sub>) y temperatura en 500 hPa (contornos,  $^{\circ}\text{C}$ ); b) presión (isolíneas azules, hPa) y temperatura (isolíneas rojas,  $^{\circ}\text{C}$ ) en superficie; c) presión superficial (hPa) y frentes (Met Office); y d) altura geopotencial (isolíneas negras) e isotermas (isolíneas rojas) en 850 hPa.

Durante la mañana del día 15 la dana se descolgó finalmente de la vaguada en 500 hPa, centrándose sobre el nordeste de la Península a las 12 UTC, con eje orientado en dirección S-SW. En niveles bajos continuaba la entrada fría que provocó una situación de nevadas en cotas muy bajas (la isoterma de 0 °C en 850 hPa abarcaba todo el cuadrante nordeste). En torno a Baleares estaba presente una línea de inestabilidad mesoescalar, con una banda asociada de nubosidad, lluvias y chubascos, que horas más tarde afectarían al levante peninsular.

El sábado 16 a las 00 UTC la dana abarcaba ya toda la Península, con su centro de -32 °C en 500 hPa sobre el este peninsular y dirigiéndose hacia el sur (fig. 1). Simultáneamente comenzó a formarse en superficie una mesobaja entre el golfo de Valencia y Baleares, con una banda nubosa asociada que se fue introduciendo en el este peninsular, aportando precipitaciones persistentes y chubascos.

A las 12 UTC del día 16 la dana tenía un chorro trasero de 120 nudos que la hizo rotar sobre sí misma desplazándola hacia el suroeste. La mesobaja de Baleares tenía asociado a esta hora un frente ocluido desde el valle del Ebro hasta Mallorca (fig. 2a). En la imagen de satélite del canal visible de alta resolución (HRVIS) del MSG-3 a las 14 UTC sobre el nordeste de la península ibérica y Baleares.

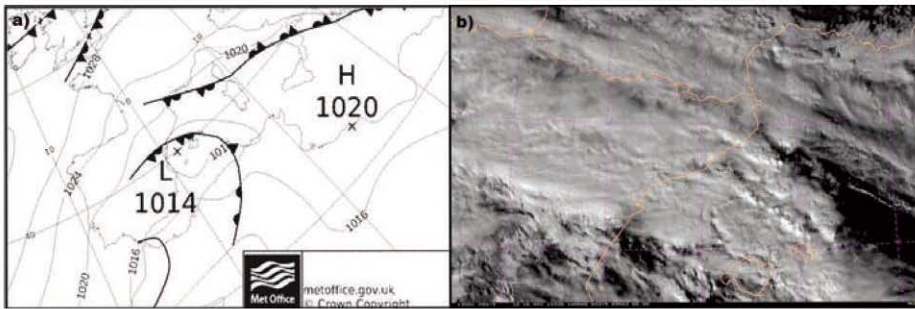


Figura 2. a) Análisis de superficie y frontal (Met Office) para el día 16 a las 12 UTC y b) imagen del canal visible de alta resolución (HRVIS) del MSG-3 a las 14 UTC sobre el nordeste de la península ibérica y Baleares.

El día 17 a las 00 UTC la dana estaba centrada al sur de la Península, con temperaturas de -30 °C en 500 hPa. Las bandas de nubosidad se organizaban en torno a la mesobaja de Baleares-golfo de Valencia, mientras que las bandas de precipitación iban penetrando en el noreste debido al intenso flujo del este establecido en niveles bajos.

La dana se fue desplazando el día 17 hacia el sureste peninsular, con dos vórtices de los cuales uno de ellos se situó sobre Alicante. Ese día continuó presente la mesobaja en niveles bajos, profundizándose al final del día. A lo largo de la tarde del día 17 los chubascos y tormentas se fueron desplazando hacia el noreste de Baleares. La zona afectada por dichas tormentas guarda buena relación con la zona donde se daban los valores más altos de los índices de inestabilidad, en concreto del Total de Totales (TT) y del índice K, ambos comúnmente usados en el pronóstico de tormentas.

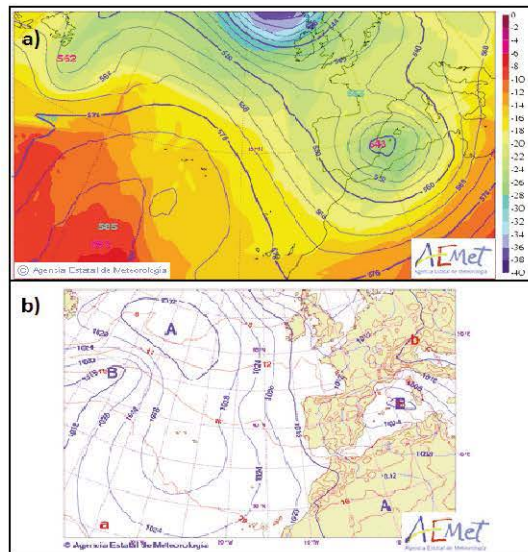


Figura 3. Análisis HIRLAM del día 18 a las 12 UTC: a) altura geopotencial (isolineas, mgs) y temperatura en 500 hPa (contornos, °C), y b) presión (isolineas azules, hPa) y temperatura (isolineas rojas, °C) en superficie.

El día 18 a las 00 UTC uno de los vórtices asociados se centró sobre Cataluña, y la mesobaja se situó entre Baleares y Cataluña, con una oclusión sobre el nordeste peninsular y las islas (fig. 3). Ambos elementos generaron un flujo del este acoplado en todos los niveles. Las bandas de precipitación continuaron a lo largo del día organizándose en torno a las bajas presiones del Mediterráneo, afectando sobre todo a Baleares y a la costa nordeste peninsular. En Cataluña y especialmente en su mitad oriental, la inestabilidad asociada al vórtice junto con el intenso y húmedo flujo del este y la oclusión dieron lugar a precipitaciones intensas y persistentes.

La dana se desplazó finalmente hacia el nordeste, entrando en fase uno de sus vórtices con la mesobaja en niveles bajos y transformándose en el ciclón Cleopatra (considerado un posible *medicane* o huracán del Mediterráneo). Esta borrasca se desplazó a las 00 UTC del 19 desde el nordeste de Baleares hacia el este, afectando durante la madrugada a la isla de Cerdeña, donde las lluvias torrenciales produjeron 18 muertos.

### 3. OBSERVACIONES

Para desarrollar este apartado se han consultado datos procedentes de distintas redes de observación (AEMET, Servei Meteorològic de Catalunya, Meteoclimatic, SAIH del Ebro, SAIH del Júcar).

Durante todo el episodio, entre el 15 y el 18 de noviembre, se acumularon cantidades elevadas de precipitación, superiores a los 80 mm en 24 horas, en muchas localidades de Cataluña los días 16 y 17 especialmente, y el día 18 en Cataluña e islas Baleares. También se acumularon más de 80 mm en 24 horas en algún punto de Aragón los días 16 y 17. En algunos puntos de Cataluña y Baleares se superaron los 100 mm en 24 horas los días 16, 17 y 18, siendo los valores máximos registrados de 156 mm en Tivissa (cadena prelitoral de Tarragona) el día 16, 118 mm en Salt (depresión prelitoral de Girona) el día 17, y 170 mm en Vidrà (cordillera transversal en Girona) el día 18. Aunque se registraron 97 mm en Colònia Sant Pere, en el norte de la isla de Mallorca, el día 15, durante este día las precipitaciones fueron mucho menores que durante los tres días siguientes.

Durante el episodio hubo localidades que acumularon valores superiores a los 200 mm, como Falset, en la comarca del Priorat (248 mm, cadena prelitoral de Tarragona) y Prades (206 mm), en la comarca del Baix Camp (cadena prelitoral de Tarragona). En Cataluña bastantes localidades acumularon más de 150 mm a lo largo del episodio.

Si se analiza la acumulación en periodos de 12 horas, se constata que en numerosas poblaciones se superaron los 40 mm, los 60 mm e incluso los 100 mm, como en el caso de Falset el día 16. Ello implica que se superó el umbral de aviso en varias zonas de aviso de Cataluña y puntualmente en alguna de Aragón y Baleares.

Las imágenes de acumulación radar generadas a partir de los radares de AEMET en Barcelona, Valencia y Mallorca y los datos de distintas redes de observación manuales y automáticas muestran que las precipitaciones fueron muy generalizadas, cayendo tanto sobre tierra como sobre mar (figs. 4 y 5).

El análisis de la intensidad de las precipitaciones muestra que la intensidad horaria no fue en general muy elevada, aunque algunos valores superaron los 15 mm/h e incluso los 20 mm/h, intensidad calificada como fuerte. Estos valores se registraron durante los días 16 a 18, con 21 mm/h en Colònia Sant Pere (Mallorca) el día 15. Cabe destacar en cuanto a la intensidad horaria los 43 mm (intensidad muy fuerte) de la ciudad de Tarragona durante la madrugada del día 17 y los 35 mm (intensidad muy fuerte) registrados a primeras horas de la tarde del día 18 en Muniesa (comarca de las Cuencas Mineras, Teruel). Sin embargo, tanto el valor de Tarragona como el de Muniesa se muestran dudosos si se tienen en cuenta los valores registrados en otras estaciones automáticas cercanas y las acumulaciones radar disponibles.

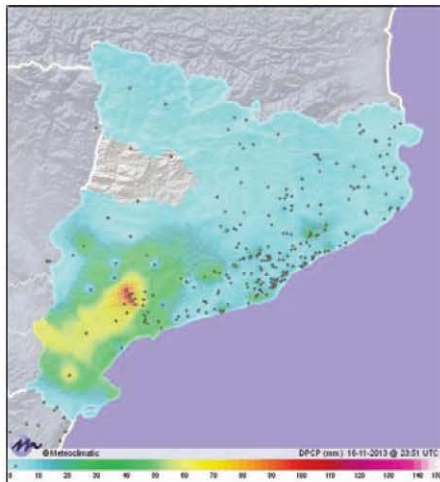


Figura 4. Precipitación acumulada (mm) en 24 h en Cataluña durante el día 16 de noviembre de 2013. Datos de la red Meteoclimatic.

Fuente: [www.meteoclimatic.com](http://www.meteoclimatic.com).

Por lo tanto, lo que caracterizó a la precipitación durante este episodio fue especialmente su persistencia y generalización, aunque también tuvo carácter convectivo en algunas fases del episodio, con un número muy elevado de rayos, especialmente sobre el mar.

Entre las 00 UTC y las 06 UTC del día 15 se empezaron a formar tormentas sobre el mar balear que se desplazaban hacia el sudeste. Entre las 06 y las 12 UTC del día 15 las tormentas se situaban sobre el Mediterráneo, frente a las costas de Argelia. Hasta las 18 UTC se formaron algunas en torno a Mallorca. Durante las últimas horas del día 15 se generalizaron las tormentas sobre el Mediterráneo occidental en torno a las islas Baleares y entre estas islas y la costa de Argelia. Las descargas durante este día se produjeron casi exclusivamente sobre el mar.

Este patrón se mantuvo hasta las 06 UTC del día 16, pero a partir de esa hora una de las tormentas más activas, situada al norte de Menorca, se desplazó hacia el noroeste indicando un cambio en la dirección del *steering level* (nivel de la acción rectora). Entre las 06 UTC y las 12 UTC

del día 16 la tormenta de Menorca ganó en extensión y frecuencia de descargas eléctricas y se desplazó hacia la costa central catalana, a la que afectó a partir de las 09 UTC aproximadamente (fig. 6). Otra tormenta también muy activa se trasladó desde el sur de Mallorca hacia el delta del Ebro, al cual no llegó a alcanzar. Independientemente de estas tormentas, se registraron descargas eléctricas sobre el interior de la provincia de Tarragona. En las siguientes 6 horas la tormenta principal se trasladó ligeramente hacia el norte y se generaron nuevas tormentas que afectaron a Menorca. La distribución espacial de las descargas eléctricas muestra claramente una forma de largo arco extendido desde la costa catalana hasta el este y sur de Menorca. En las siguientes 6 horas, hasta las 00 UTC del día 17, el arco se trasladó hacia el norte perdiendo actividad las tormentas de Cataluña e intensificándose las del este y sur de Menorca.

Durante la madrugada del día 17 se inició un nuevo periodo tormentoso en la costa de Girona y Barcelona, con la mayoría de las descargas sobre mar. Estas tormentas se desplazaron hacia el norte, afectando posteriormente a la provincia de Girona, tanto al litoral como al interior. Hacia el medio día del 17 habían prácticamente desaparecido las tormentas en Cataluña pero se formaron otras muy activas y extensas sobre una línea orientada de norte a sur que iba desde el norte de Menorca hasta el mar bastante al sur de esta isla, afectándola de lleno. Esta potente tormenta, una línea de turbonada, creció aún más en extensión y frecuencia de descargas durante las siguientes horas mientras se trasladaba hacia el norte, alejándose de Menorca. Una tormenta más pequeña se formó a últimas horas sobre Girona.

Durante la madrugada del día 18 se registraron unos pocos rayos en las costas de Barcelona y Girona, mayoritariamente sobre el mar. Finalmente, entre las 06 UTC y las 12 UTC del día 18 se registraron unas pocas descargas frente a la costa de Barcelona.

Por lo tanto, las tormentas sobre tierra afectaron fundamentalmente a Cataluña, donde las cantidades acumuladas y las intensidades fueron en general mayores a las de otras áreas y a Menorca. Estuvieron prácticamente ausentes en Aragón y Valencia, salvo durante la madrugada y

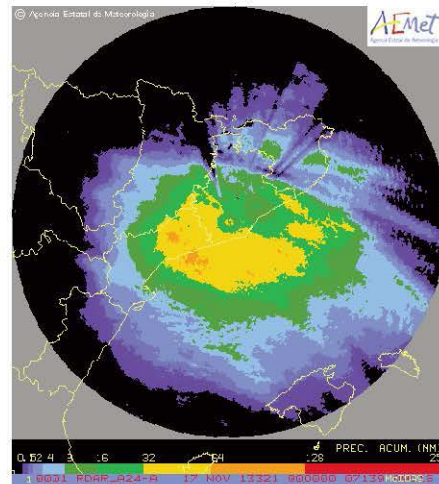


Figura 5. Imagen de acumulación radar de 24 horas del radar de AEMET en Cataluña entre las 00 UTC del día 16 y las 00 UTC del día 17.

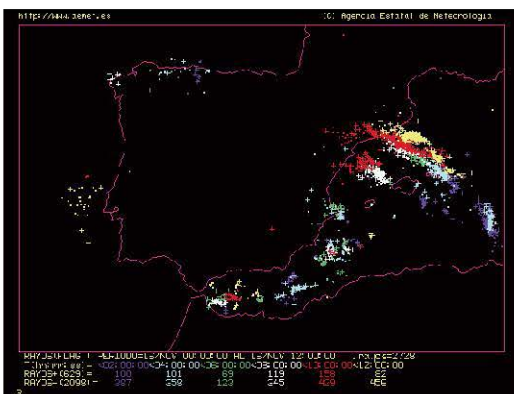


Figura 6. Descargas eléctricas registradas entre las 00 UTC y las 12 UTC del día 16.

Datos de la red de detección de descargas eléctricas de AEMET.

primeras horas de la mañana del día 16, cuando afectaron al sur de la provincia de Valencia y norte de Alicante, coincidiendo con un periodo de nevadas en cotas muy bajas.

Otro elemento significativo de este episodio, y bastante difícil en cuanto a la evaluación de su extensión e intensidad, fueron las nevadas en cotas bastante bajas. Para la determinación de las zonas afectadas por las nevadas se ha acudido a los datos de la base de datos climatológica de AEMET y también a recortes de prensa y observaciones de colaboradores. Las imágenes de radar no son útiles en este análisis ya que no permiten discriminar fácilmente la precipitación caída en forma líquida de la de nieve.

Se registraron nevadas durante los cuatro días pero fueron especialmente extensas y afectaron a cotas más bajas durante los días 16 y 17. Aunque este tipo de datos hay que tomarlos con bastante precaución, está claro que las nevadas afectaron a cotas inferiores a los 700 m en distintas áreas de las provincias de Teruel, Lleida, Valencia y Alicante. Incluso algunas localidades situadas por debajo de los 500 m de altitud registraron este fenómeno. Por supuesto, las nevadas estuvieron presentes y fueron más significativas en cuanto a copiosidad en cotas superiores tanto del Sistema Ibérico, como de la Cordillera Prelitoral catalana y del Pirineo en su conjunto. La sierra de Tramontana, en Mallorca, también registró nevadas durante el día 15. Por su impacto social, las nevadas más importantes fueron las del día 16 en el sur de Valencia y norte de Alicante, comarcas muy poco acostumbradas a este fenómeno.

El viento también estuvo muy presente durante este episodio, con rachas máximas que superaron los 70 km/h en bastantes puntos de las cuatro comunidades autónomas. Se superaron los 100 km/h en lugares donde el viento fuerte es habitual como Portbou, en el extremo norte de la costa del Empordà (Girona), en la cima del Montseny a casi 1700 m (Barcelona), en Fredes (Castellón) a unos 1100 m de altitud, en Catí (Castellón) a 600 m de altitud y en estaciones pirenaicas por encima de los 2000 m. Fueron más significativos, sin embargo, los frecuentes valores que superaron los 80 km/h en muchos puntos del litoral de Barcelona, durante el día 16, en la fase de temporal del gregal del episodio.

Durante el día 15 el viento fuerte fue principalmente del cuarto y primer cuadrantes como corresponde a una situación de paso rápido de frente frío del norte y establecimiento de un importante gradiente de presión en superficie entre el golfo de Vizcaya y el Mediterráneo. Durante últimas horas del día 15 y primeras del 16 el gradiente bórico a escala sinóptica fue disminuyendo mientras las isobaras iban adquiriendo una orientación NE-SW. La formación de una baja mesoescalar poco profunda sobre Mallorca reforzó nuevamente el gradiente sobre Cataluña, lo cual explica el temporal de ese día en el litoral catalán. Este flujo se mantuvo a lo largo de todo el día 16 y 17 aunque debilitándose a lo largo de este último.

Entre las 18 UTC del día 17 y las 00 UTC del 18 se profundizó nuevamente la mesobaja sobre el mar balear incrementándose de nuevo el flujo de componente este sobre Cataluña, aunque las observaciones en superficie no muestran un viento del este claramente definido. Durante todo el día 18 la mesobaja se profundizó y se mantuvo prácticamente estacionaria incrementándose mucho el gradiente a últimas horas de dicho día.

Esta compleja evolución del campo de presión en superficie justifica los cambios notables en la dirección del viento a lo largo del episodio y dependiendo de las zonas, aunque los datos de observación muestran que los vientos se mantuvieron fuertes a lo largo de todo el periodo, con excepción del día 17.

#### **4. AVISOS DE FENÓMENOS METEOROLÓGICOS ADVERSOS**

El episodio estudiado incluyó un número muy elevado de fenómenos meteorológicos adversos, que obligó a la generación y difusión de multitud de avisos para las comunidades autónomas de Aragón, Cataluña, Comunidad Valenciana e islas Baleares. Los avisos se generaron según el Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Fenómenos Meteorológicos Adversos (Meteoalerta) de la Agencia Estatal de Meteorología, que establece los umbrales de emisión de avisos (amarillos, naranjas y rojos) para los distintos fenómenos o variables, según las zonas. Los avisos emitidos fueron tanto de nivel amarillo como naranja, predominando los primeros.

La duración del episodio y la extensión geográfica de su afectación obligaron a la emisión de muchos avisos, tanto de corto (D, D+1) como de medio plazo (D+2), y las tareas de vigilancia obligaron a revisar con frecuencia los avisos, para confirmarlos o modificarlos.

Hubo avisos en vigor durante los días 15 a 18 para las cuatro comunidades autónomas. La gran mayoría de los cuales fueron de rachas máximas de viento, nevadas, y precipitaciones, tanto por

intensidad horaria (P1) como por acumulación en 12 horas (P2). Es importante señalar que la existencia de diferentes umbrales de emisión de avisos para las distintas variables según las zonas implica que en bastantes ocasiones se abran avisos en unas zonas y en otras no, aunque la intensidad del fenómeno (valor de la racha máxima de viento, cantidad de nieve acumulada en el suelo en 24 horas, intensidad horaria de la precipitación o cantidad de precipitación acumulada en 12 horas) pueda ser mayor en las zonas para las cuales no hay abierto aviso que para las zonas en las que sí hay aviso en vigor. Ello es así debido a que uno de los criterios para el establecimiento de los umbrales de aviso es la mayor o menor frecuencia climatológica de superación de los mismos.

En el conjunto del episodio hubo solamente dos zonas para las que no se emitió ningún aviso (centro de Huesca y litoral norte de Valencia) de un total de 42 zonas.

#### 4.1. Avisos emitidos

Durante el día 15 había aviso amarillo de nevadas en el Pirineo de Huesca, naranja en el Pirineo de Lleida y en el valle de Arán y amarillo en el Pirineo de Girona. Había también en vigor avisos P1 y P2 en las islas Baleares.

El resto de los avisos para el día 15 eran de viento, amarillos la mayoría, cubriendo gran parte de Aragón, el Pirineo y Prepirineo catalán y zonas habituales de viento fuerte en situaciones frontales y posfrontales como son el Empordà y la provincia de Tarragona, cuyo litoral sur estuvo en alerta naranja. La Comunidad Valenciana también tuvo avisos de viento fuerte: en casi toda la provincia de Castellón, incluso con nivel naranja en el interior norte de Castellón. Finalmente, en algunas zonas de Baleares también hubo avisos amarillos de viento.

Durante el día 16 la situación meteorológica se complicó, con lo cual hubo aún más avisos en vigor, bastantes de ellos emitidos ya el día anterior.

El aviso por nevadas continuó en el Pirineo de Huesca y el conjunto del Pirineo y Prepirineo catalán, amarillo en todos los casos. Sin embargo, debido al acusado descenso térmico a todos los niveles, los avisos de nevadas (algunos de ellos naranjas) se extendieron a la totalidad de la provincia de Teruel, la Ibérica zaragozana, la cadena prelitoral de Tarragona, la provincia de Castellón salvo el litoral norte, y, lo más anómalo, a la totalidad de las provincias de Alicante y Valencia salvo el litoral norte de Valencia y el litoral sur de Alicante. Aunque la mayoría de estos avisos eran amarillos, las tareas de vigilancia sugirieron subir el nivel a naranja el mismo día en el interior norte de Valencia, interior sur de Valencia, litoral norte de Alicante e interior de Alicante.

Hubo avisos en vigor P1 en zonas de Barcelona y Tarragona. También en toda la Comunidad Valenciana y en todas las zonas de aviso de Baleares. Asimismo hubo avisos P2 en el prelitoral y litoral de Barcelona, amarillos y naranjas; también en todas las zonas de aviso de la provincia de Tarragona: amarillos en el interior y naranjas en todo el litoral; en Baleares también hubo aviso de este tipo en Menorca, en el norte y nordeste de Mallorca y en la sierra de Tramontana.

En cuanto al viento, hubo aviso amarillo en el litoral sur de Girona, en el litoral de Barcelona y en el litoral norte de Tarragona. En esta fase del episodio, el viento previsto más fuerte se restringió a una zona muy concreta del área. Estuvo asociado al reforzamiento del gradiente bórico en superficie ligado a la profundización de la mesobaja sobre Mallorca.

Durante el día 17 hubo nuevamente un número elevado de avisos abiertos. Hubo avisos amarillos de nevadas en todo el Pirineo, tanto catalán como aragonés. Los avisos de nevadas se extendieron también a la Ibérica zaragozana, a toda la provincia de Teruel y al interior norte de Castellón, desapareciendo ya los de las zonas bajas de la Comunidad Valenciana.

Los avisos P1 estuvieron presentes en el sur de Huesca, la depresión central de Lleida, toda la provincia de Girona, la depresión central y el prelitoral y litoral de Barcelona y toda la provincia de Tarragona. También todas las zonas de avisos de las islas Baleares tuvieron avisos P1. Avisos P2 hubo en el sur de Huesca, la depresión central de Lleida, toda la provincia de Girona (en donde hubo también avisos naranjas de este tipo), en el prelitoral y litoral de Barcelona y en toda la provincia de Tarragona.

Para el día 17 no se abrieron avisos de viento en ninguna zona. Hay que resaltar que para este día se abrió solamente un aviso para la Comunidad Valenciana, mostrando que lo más fuerte del episodio se había trasladado hacia el norte y hacia el este.

Finalmente, durante el día 18 los avisos de nevadas continuaron en la Ibérica zaragozana y en las zonas más montañosas de Teruel (Albarracín y Jiloca, Gúdar y Maestrazgo) pero desaparecieron del Pirineo. Hubo avisos P1 en toda la provincia de Girona y en algunas zonas de la isla de Mallorca (sierra de Tramontana y sur de Mallorca). Hubo aviso de tormenta en Menorca. Hubo avisos P2 para toda

la provincia de Girona, toda la provincia de Barcelona y toda la provincia de Tarragona, salvo la cadena prelitoral. Finalmente, hubo algunos avisos de viento: para la ribera del Ebro de Zaragoza, el prelitoral de Girona, el Empordà, el litoral sur de Girona y el litoral de Barcelona.

## 5. CONCLUSIONES

El análisis del episodio de tiempo muy adverso registrado en noviembre de 2013 en el este de la península ibérica y Baleares ha revelado aspectos interesantes, tanto desde el punto de vista de la predicción meteorológica como desde el de la operatividad en la emisión y difusión de avisos de FMA.

La situación meteorológica presente a lo largo de este prolongado episodio (entre el día 15 y el 18) mostró elementos recurrentes en eventos de características similares. A escala sinóptica los principales centros de acción fueron un potente anticiclón de bloqueo centrado sobre el Atlántico norte, que permaneció en esa zona durante todo el episodio, y una dana de movimiento retrógrado, que se trasladó desde las islas británicas hasta la península ibérica, afectándola plenamente a partir del día 15. En la mesoescala lo más relevante fue la ciclogénesis en superficie sobre el mar balear y la posterior profundización de la baja y su traslación hacia el este, hasta convertirse en el ciclón mediterráneo Cleopatra.

Además, diversas estructuras frontales fueron relevantes en la situación: durante el día 15 un frente frío proveniente del norte cruzó la Península de norte a sur y posteriormente se formó un frente oculto en torno a la mesobaja mediterránea que permaneció casi estacionario a lo largo del episodio entre las islas Baleares y el cuadrante nororiental peninsular.

La evolución de la dana, la mesobaja en superficie y los frentes determinaron una compleja fenomenología variable en el tiempo y afectando simultáneamente a diversas zonas en un área geográfica muy amplia (Aragón, Cataluña, Comunidad Valenciana y mar e islas Baleares). Entornos sinópticos y mesoescalares tan complejos y dinámicamente activos son capaces de generar eventos multifenomenológicos y unas condiciones de tiempo adverso (nevadas en cotas bajas, precipitaciones copiosas, localmente fuertes y con tormenta, vientos fuertes, estado del mar muy alterado) prolongadas que afectan a áreas extensas.

La situación meteorológica prevista antes del inicio del episodio y las frecuentes actualizaciones de la predicción obligaron a emitir y difundir un número muy elevado de avisos de FMA de muy distintos tipos, duración, zona de afectación y destinatarios.

En situaciones de este tipo son muy importantes los siguientes aspectos: (1) conocer los modelos conceptuales regionales asociados al entorno sinóptico/mesoescalar, (2) disponer de potentes herramientas de predicción numérica del tiempo y que sus productos sean de fácil acceso, (3) disponer de medios de observación convencionales y de teledetección y que sus datos sean de fácil acceso, (4) tener el software adecuado para la generación de los avisos, y (5) tener unos protocolos y criterios previamente definidos para emisión de los avisos y su difusión.

## AGRADECIMIENTOS

A Ana María Casals y Francisco Martín, de AEMET, por sus valiosas aportaciones.

## REFERENCIAS

- A ZORIN, C., 2003. Características nivoclimáticas del temporal otoñal de frío intenso y nieve de 14, 15 y 16 de noviembre de 2001. Causas y efectos en el municipio de Villena. *Investigaciones Geográficas*, 30, 137-164.
- CAMPINS, J., A. JANSÀ, B. BENECH, E. KOFFI y P. BESSEMOULIN, 1995. PYREX observation and model diagnosis of the tramontane wind. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 56, 209-228.
- CAPEL MOLINA, J. J., 1989. Las lluvias torrenciales de noviembre de 1987 en Levante y Murcia. *Estudios Románicos*. Vol. 6. Universidad de Murcia, pp. 1551-1562.
- CEAM, 2007. Informe sobre las lluvias torrenciales del 11-12 de Octubre de 2007 en la Comunidad Valenciana. Fundación CEAM.
- HOMAR, V., R. ROMERO, C. RAMIS y S. ALONSO, 2002. Numerical study of the October 2000 torrential precipitation event over eastern Spain: analysis of the synoptic-scale stationarity. *Annales Geophysicae*, 20, 2047-2066.

- LÓPEZ, J. M. y M. ARÁN, 2005. Estudi d'una ciclogènesi ràpida mediterrània: Catalunya 9-10 de juny del 2000. Nota Tècnica del CMT en Catalunya. Instituto Nacional de Meteorología. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- MARTÍN, F. y otros, 2009. Estudio de la situación de nevadas del 8-10 de enero de 2009 en la zona centro peninsular. Documento técnico interno Grupo de Trabajo de AEMET.
- OLCINA, 1999. Temporales de octubre de 1959 en el Levante español. *Nimbus*, 4, 129-152.
- OLCINA, J., y E. MOLTÓ, 1999. La nevada de 1926. Repercusiones en la montaña alcoyana (Alicante). *Nimbus*, 3, 105-137.
- PASCUAL, R., 2001. Estudio de la situación de lluvias intensas en Catalunya del 4 de agosto de 2000. Nota Técnica Número 2 del Centro Meteorológico Territorial de Catalunya (ISBN: 84-8320-140-2). Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- PASCUAL, R., A. CALLADO y M. BERENQUER, 2003. Analysis of a strong snowstorm in Catalonia on December 2001. Proceedings 31st Conference on Radar Meteorology. Seattle (EEUU). 2003.
- PASCUAL, R., 2011. Temporal de nieve con tormenta del 8 de marzo de 2010 en Catalunya. *Revista del Aficionado a la Meteorología*.
- QUEREDA, J. y E. OBIOL, 1991. Las lluvias torrenciales de septiembre de 1989 en el Mediterráneo Español. *Cuadernos de geografía*, 49, 27-34.
- RAMIS, C., M. C. LLASAT, A. GENOVÉS y A. JANSÀ, 1994. The October-1987 floods in Catalonia: Synoptic and mesoscale mechanisms. *Meteor. Appl.*, 1, 337-350.
- RIESCO, J., M. MORA, F. DE PABLO y L. RIVAS, 2013. Severe rainfall events over the western Mediterranean Sea: A case study. *Atmospheric Research*, 127, 47-63.
- RIOSALIDO, R., L. VÁZQUEZ, A. GORDO y A. JANSÀ, 1987. Cierzo: northwesterly wind along the Ebro valley as a mesoscale effect... A: Scientific results of the alpine experiment (ALPEX), vol. 2, OMM.
- SALAMANCA, M., J. BAUZA y M. TOMÁS, 2012. El episodio de febrero de 2012 en el contexto de los impactos sociales de las nevadas contemporáneas en Mallorca. En: Cambio climático, extremos e impactos.
- RODRÍGUEZ, C., A. CEBALLOS, N. GONZÁLEZ, E. MORÁN y A. HERNÁNDEZ (Eds.). Publicaciones de la Asociación Española de Climatología, 2012, Serie A, n.º 8. Salamanca, 998 pp. ISBN: 978-84-695-4331-3.
- VÁZQUEZ, 1995. Tramuntana y mestral en Catalunya. En: I Jornades de Meteorologia Eduard Fontserè. Institut d'Estudis Catalans. Barcelona 1995.