

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

Ramón Pascual Berghaenel

Gabriela Cuevas Tascón

Samuel A. Viana Jiménez

Delegación Territorial de AEMET en Cataluña

Mayo de 2014

1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANALISIS SINÓPTICO Y MESOESCALAR	4
3. OBSERVACIONES	9
4. AVISOS DE FENÓMENOS METEOROLÓGICOS ADVERSOS	14
4.1 Avisos emitidos	16
4.2 Verificación de avisos	17
5. CONCLUSIONES	18
6. REFERENCIAS	19

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 mesoscalar 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 operatividad 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 caracterizado por la presencia de copiosas precipitaciones generalizadas, localmente fuertes y con tormenta, así como un descenso acusado de temperaturas que conllevó 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, *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 en algunas comarcas hubo una alteración sustancial de las actividades habituales, no hubo que lamentar víctimas en ninguna zona.

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 y Ruven por 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 *et al.*, 1994; Olcina, 1999; Pascual, 2001; Homar *et al.*, 2002; Llasat, 2002; Genovés y Jansà, 2003; López y Arán, 2005; CEAM, 2007; Riesco *et al.*, 2013) y muchos menos sobre episodios de nevadas en cotas bajas (Olcina y Moltó, 1999; Pascual *et al.*, 2003; Azorín, 2003; Pascual, 2011; Salamanca *et al.*, 2012) y vientos fuertes en la zona, aunque sí hay bastante bibliografía sobre vientos regionales como la tramontana, el mestral o el cierzo (Ríosalido *et al.*, 1987; Campins *et al.*, 1995; Vázquez, 1995; Flamant y Pelon, 1996). 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 km² de tierras emergidas) y bastante poblada (más de 15 millones de habitantes), aunque distribuidas muy irregularmente. Todo ello implica un elevado impacto del tiempo adverso.

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 de tiempo adverso, se formó por la profundización en el sureste de Francia de una vaguada proveniente de las islas Británicas. Se introdujo en la península Ibérica desde el nordeste a partir del día 15, desplazándose 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. Como ya se ha mencionado, otro elemento clave fue la formación en superficie de una baja de mesoescala o mesobaja entre Baleares y el golfo de Valencia. Esta mesobaja se mantuvo cuasi estacionaria desde el día 15 hasta el 18 generando un flujo húmedo e inestable del E y NE en todo el cuadrante nordeste peninsular. El día 18, además, un frente ocluido asociado a la mesobaja, extendiéndose desde el nordeste y abarcando el levante peninsular, provocó precipitaciones persistentes en todo el tercio norte de Cataluña.

Asimismo, en los días previos y al comienzo del episodio, existía una ligera anomalía cálida de la temperatura superficial del mar (SST) en el Mediterráneo occidental. Las temperaturas en esa zona fueron hasta 1,5 ° C superiores a los valores normales para la época (según los análisis de la SST de la NOAA/NESDIS), no mostrados aquí. Éste hecho junto con la presencia de aire muy frío en niveles medios y altos, contribuye a explicar la inestabilidad predominante en el Mediterráneo occidental y el cuadrante nordeste peninsular a lo largo de 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, como ya ha sido señalado en diversos estudios (Pascual *et al.*, 2003; Riesco *et al.*, 2005; Martín *et al.*, 2009; Pascual, 2011). La represa previa de aire frío junto al suelo tras varios días de advección fría junto con la entrada de una masa de aire más cálida en capas superiores, suele producir las nevadas más importantes en las regiones del interior y este peninsular (Aguado, 2012). En capas bajas, la clave para que las nevadas sean abundantes es el recorrido marítimo de la masa de aire procedente del este/nordeste. La distribución de las precipitaciones es parecida a la de los episodios generales de lluvias de origen marítimo, con mayor incidencia en zonas elevadas del interior (Riesco *et al.*, 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 se centraba sobre el Atlántico Norte. Permaneció en esa zona durante todo el episodio, con presiones superiores a los 1032 hPa en su centro, ejerciendo su influencia sobre gran parte de la Península (Fig. 1). A su vez se formó una baja en el golfo de Génova, aumentando el gradiente bórico y, como consecuencia, el viento de norte se intensificó sobre el noreste peninsular y Baleares. En altura, una vaguada térmica y de geopotencial, visible en 300, 500, 700 y 850 hPa se trasladó desde las islas británicas hacia el sur, con temperaturas en su centro inferiores a -30° C en 500 hPa. Esta vaguada iba conducida por un intenso máximo de viento (150 kt) 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.

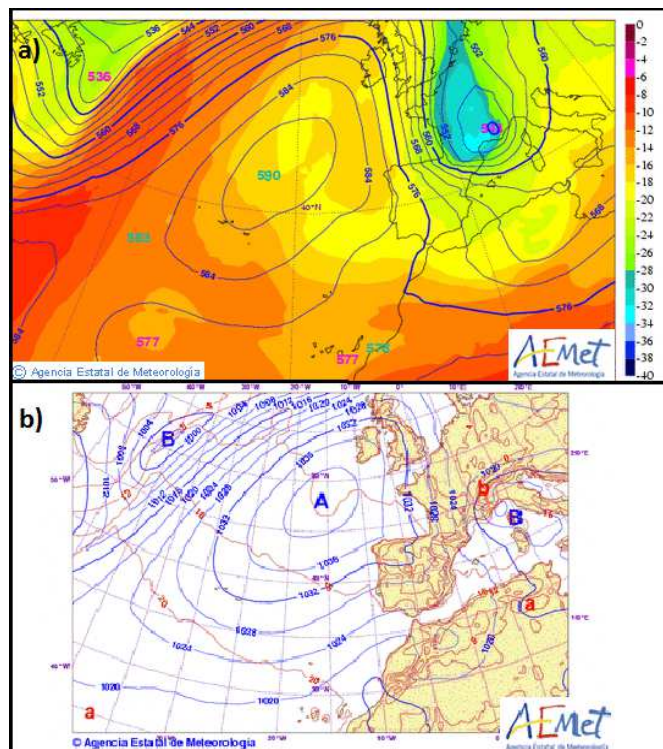


Figura 1. Análisis HIRLAM del día 15 a las 00 UTC: a) altura geopotencial (isolíneas, mgp) y temperatura en 500 hPa (contornos coloreados, °C), y b) presión (isolíneas azules, hPa) y temperatura (isolíneas rojas, °C) en superficie.

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, junto con el forzamiento e inestabilidad asociados a la DANA, provocó una situación de nevadas en cotas muy bajas (la isoterma de 0° C en 850 hPa abarcaba todo el cuadrante nordeste, y la diferencia de temperaturas en el estrato 850-500 hPa llegó a alcanzar los 32° C). 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 (Fig. 2).

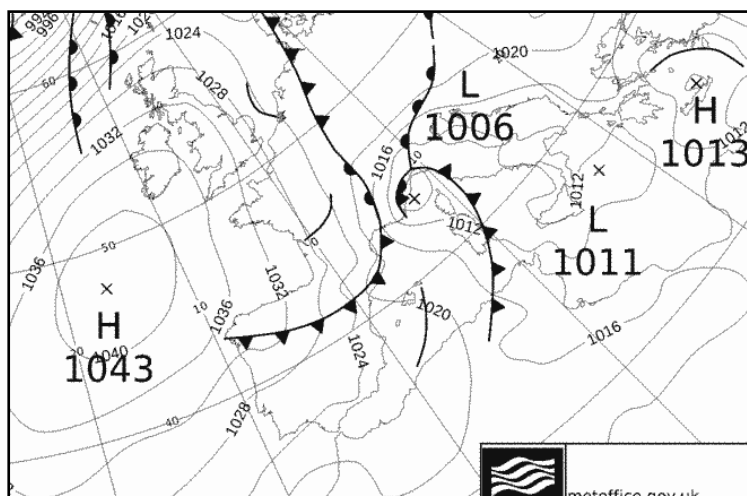


Figura 2. Análisis frontal (Met Office) válido para el día 15 a las 00 UTC. Líneas finas: isobaras. Líneas gruesas con triángulos: frentes fríos. Líneas gruesas con semicírculos: frentes cálidos. H: Anticiclón. L: Depresión.

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. 3). 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. La isoterma de 0 °C en 850 hPa cubría ya prácticamente toda la Península.

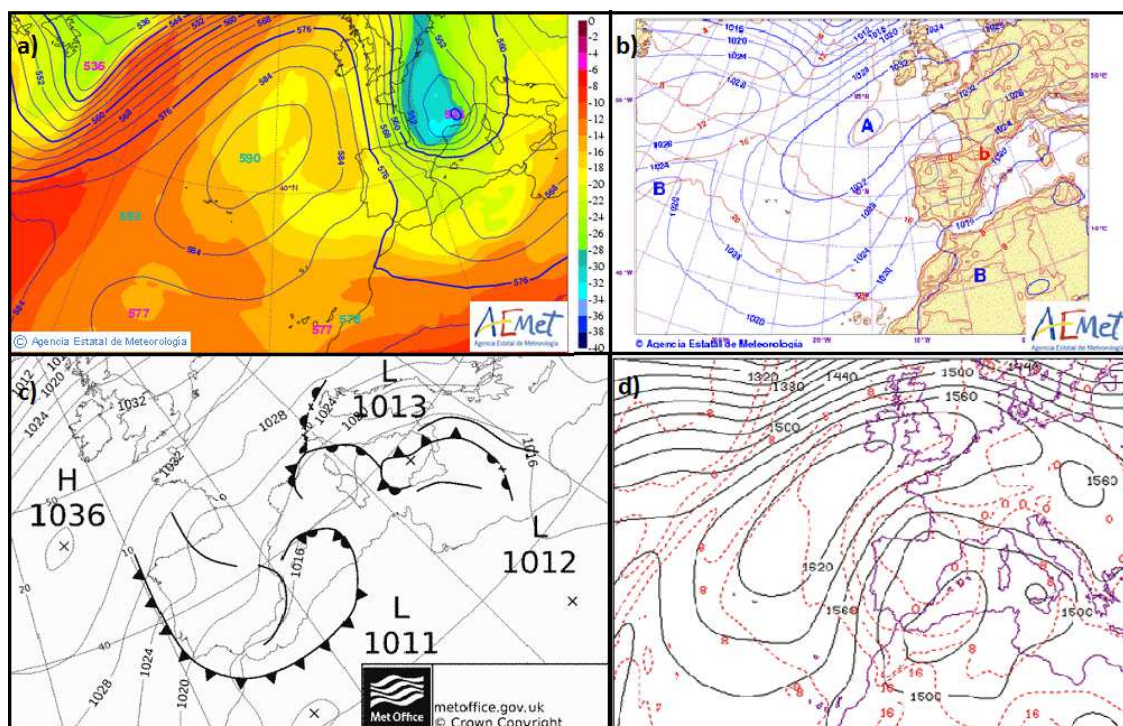


Figura 3. Análisis HIRLAM del día 16 a las 00 UTC: a) altura geopotencial (isolíneas, m_{gp}) y temperatura en 500 hPa (contornos, °C), b) presión (isolíneas azules, hPa) y temperatura (isolíneas rojas, °C) en superficie, c) Presión superficial (hPa) y frentes (Met Office) y d) altura geopotencial (isolíneas negras) e isotermas (isolíneas rojas) en 850 hPa.

A las 12 UTC del día 16, la DANA tenía embebidos varios centros de vorticidad y vaguadas de longitud de onda corta, y un chorro trasero de 120 kt situado al suroeste de la misma. Este máximo de viento la hizo posteriormente rotar sobre sí misma desplazándola hacia el suroeste. La mesobaja de Baleares tenía asociado a esta hora un frente ocluido que se extendía desde el valle del Ebro hasta Mallorca prolongándose hasta el norte de África como frente frío (Fig. 4a). En la imagen satélite del canal visible de alta resolución (Fig. 4b) se pueden observar los topes nubosos asociados a la línea de inestabilidad que dejaba a lo largo de la tarde del 16 precipitaciones significativas en el interior de Barcelona, la depresión de Lleida y el sur de Huesca.

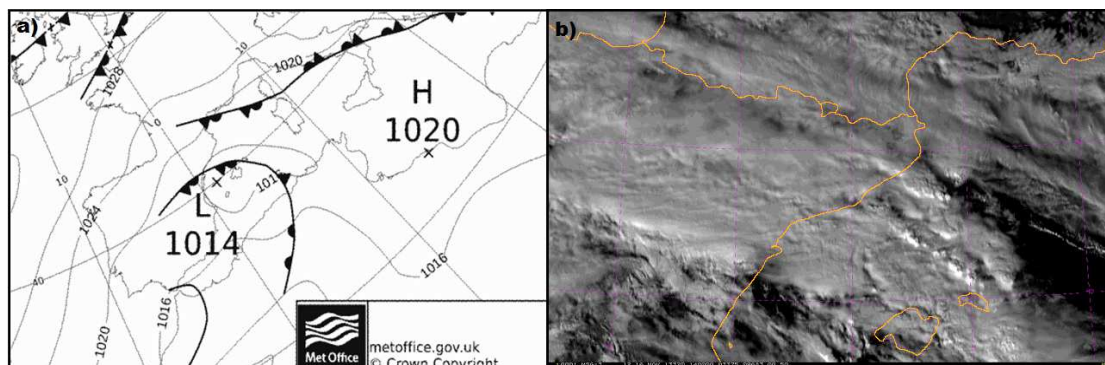


Figura 4. a) Análisis de superficie y frontal (Met Office) para el día 16 a las 12 UTC y b) imagen del canal visible de alta resolución (HRVIS) del MSG-3 a las 14 UTC sobre el nordeste de la península Ibérica y Baleares.

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. La secuencia de imágenes del radar de Mallorca (no mostrada) muestra cómo las bandas de precipitación iban penetrando en el noreste debido al intenso flujo del este establecido en niveles bajos (entre superficie y 850 hPa).

La DANA se fue desplazando durante el día 17 hacia el sureste peninsular, con dos vórtices de los cuales uno de ellos se situó sobre Alicante. Durante este día continuó presente la mesobaja en niveles bajos, con valores de presión en superficie de 1012 hPa a las 00 UTC, profundizándose hasta alcanzar los 1005 hPa al final del día. En este entorno se generó una línea de turbonada al sur de Mallorca y Menorca que no afectó finalmente a las islas (Fig. 5).

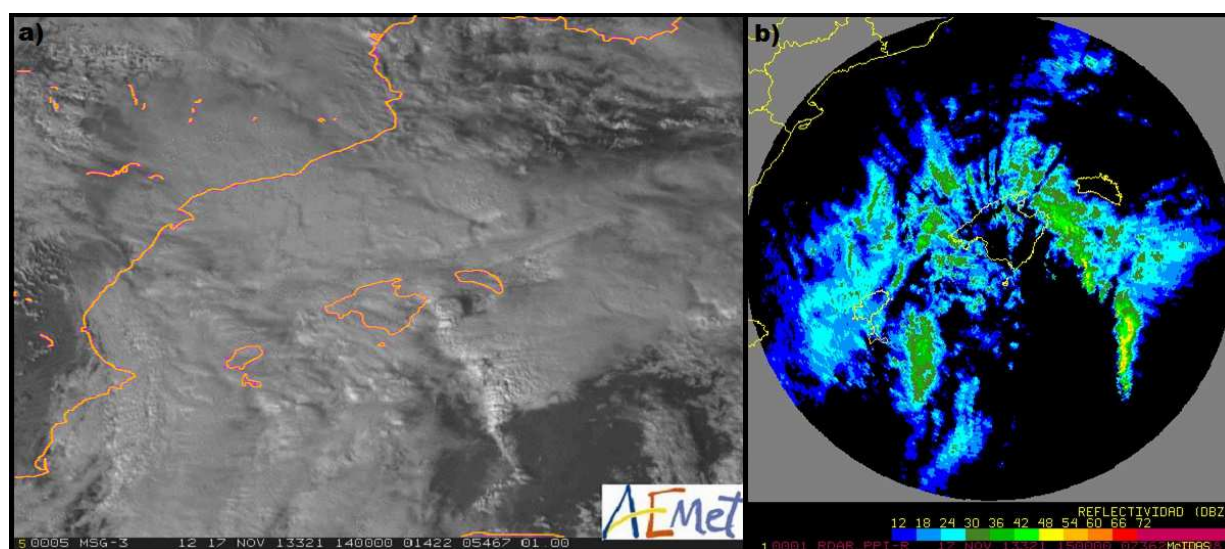


Figura 5. a) Imagen MSG-HRVIS del día 17 a las 14 UTC y b) reflectividad del PPI del radar de Mallorca a las 15 UTC.

A lo largo de la tarde del día 17 los chubascos y tormentas se fueron desplazando hacia el noreste de Baleares, como se puede observar en la imagen del total de descargas eléctricas registradas (Fig. 6a). La zona afectada por dichas tormentas guarda buena relación con la zona donde se daban los valores más altos de índices de inestabilidad (Fig. 6b), en concreto del Total de Totales (TT) y del Índice K , ambos comúnmente usados en el pronóstico de tormentas. Estos índices se definen de la siguiente forma:

$$TT = T_{850} + Td_{850} - 2T_{500}$$

$$\text{Índice } K = (T_{850} - T_{500}) + Td_{850} - (T_{700} - Td_{700}),$$

donde T y Td son respectivamente la temperatura y la temperatura del punto de rocío en los niveles indicados. Valores del Índice K superiores a 30 indican una probabilidad de más de 60% de que se desarrollen tormentas. En el caso del TT , valores superiores a 50 indican probables tormentas, posiblemente severas.

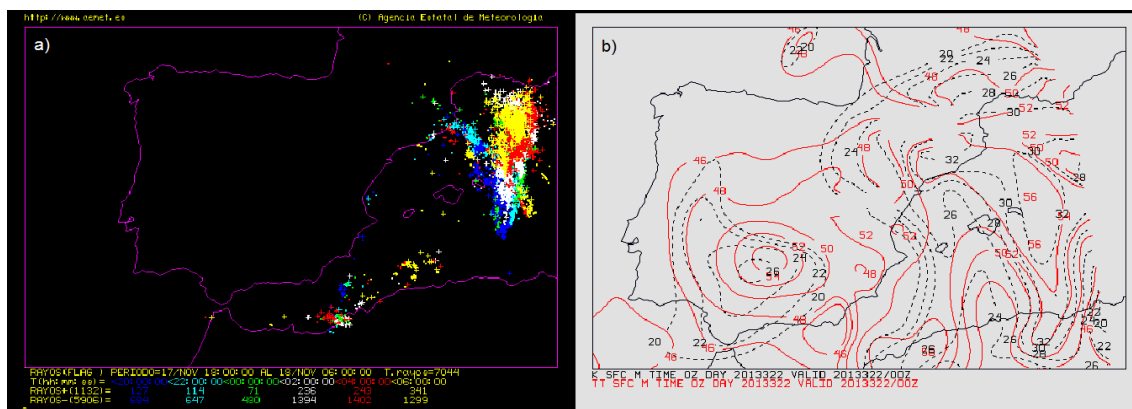


Figura 6. a) Imagen de rayos acumulados en 12 h (del día 17 a las 18 UTC hasta el 18 a las 6 UTC) y b) distribución de índices de inestabilidad TT (isolíneas rojas) y K (isolíneas negras) (análisis HIRLAM) para el día 18 a las 00 UTC.

El día 18 a las 00 UTC uno de los vórtices asociados a la DANA se centró sobre Cataluña, y en niveles bajos la mesobaja se situó entre Baleares y Cataluña, con una oclusión sobre el nordeste peninsular y las islas. Durante las horas siguientes ambos elementos fueron determinantes en la evolución de la situación, especialmente al generarse en la zona un flujo del este acoplado en todos los niveles (Fig. 7).

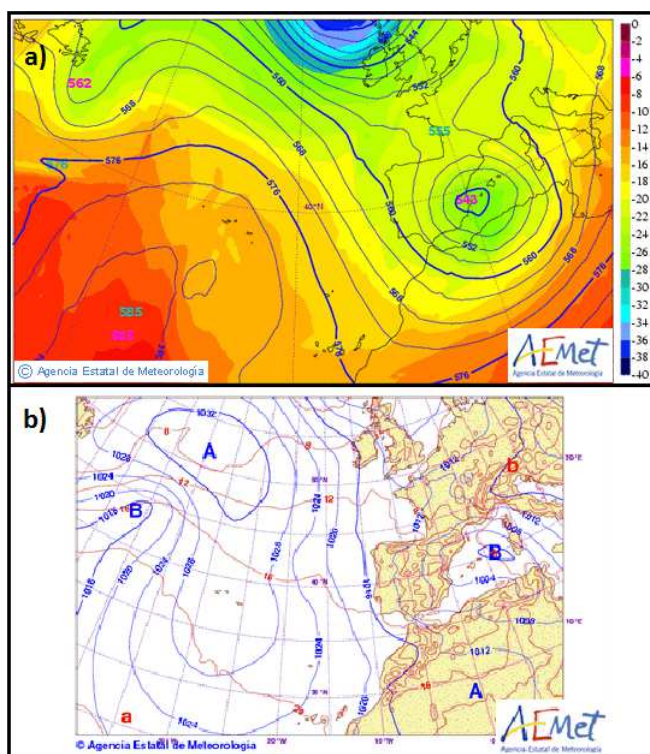


Figura 7. Análisis HIRLAM del día 18 a las 12 UTC: a) altura geopotencial (isolíneas, mgs) y temperatura en 500 hPa (contornos, °C), y b) presión (isolíneas azules, hPa) y temperatura (isolíneas rojas, °C) en superficie.

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 que se estableció, todo ello unido a la oclusión, dieron lugar a precipitaciones intensas y persistentes, sobre todo en el litoral y prelitoral.

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 llamado ciclón Cleopatra (considerado un posible *medicane*). Esta borrasca se centraba a las 00 UTC del 19 al nordeste de las Baleares con presiones de 992 hPa, desplazándose rápidamente hacia el este y 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, Meteoclimàtic, SAIH del Ebro, SAIH del Júcar), disponible la mayoría de ellos en Internet.

Durante todo el episodio registrado entre el 15 y el 18 de noviembre se acumularon cantidades importantes 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 Illes Balears. También se acumularon más de 80 mm en 24 horas en algún punto de Aragón los días 16 y 17. En algunas localidades 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. En la Comunidad Valenciana las precipitaciones fueron menos copiosas. 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, como se verá más detenidamente en un apartado posterior, que se superó el umbral de aviso, según el plan Meteolerta de AEMET, en varias zonas de aviso de Cataluña y puntualmente en alguna de Aragón y Baleares. De nuevo la Comunidad Valenciana quedó fuera de esta circunstancia.

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 (Fig. 8). Respecto a las imágenes radar hay que tener en cuenta que sin duda subestimaron la precipitación caída debido a varios efectos conocidos, básicamente la atenuación del haz radar por la propia precipitación en el camino del haz y sobre el radomo (Fig. 9)

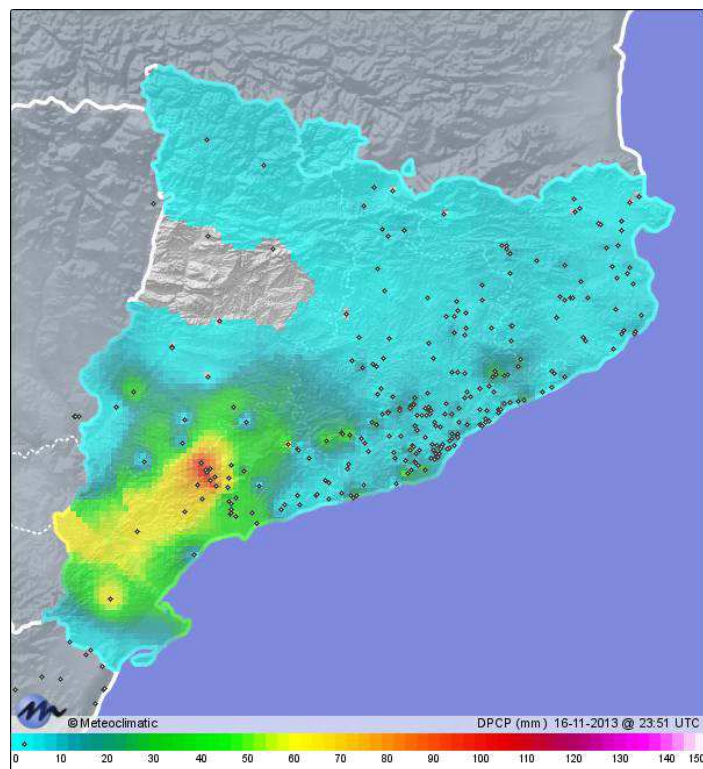


Figura 8. Precipitación acumulada (mm) en 24 h en Cataluña durante el día 16 de noviembre de 2013. Datos de la red Meteoclimatic. Fuente: www.meteoclimatic.com.

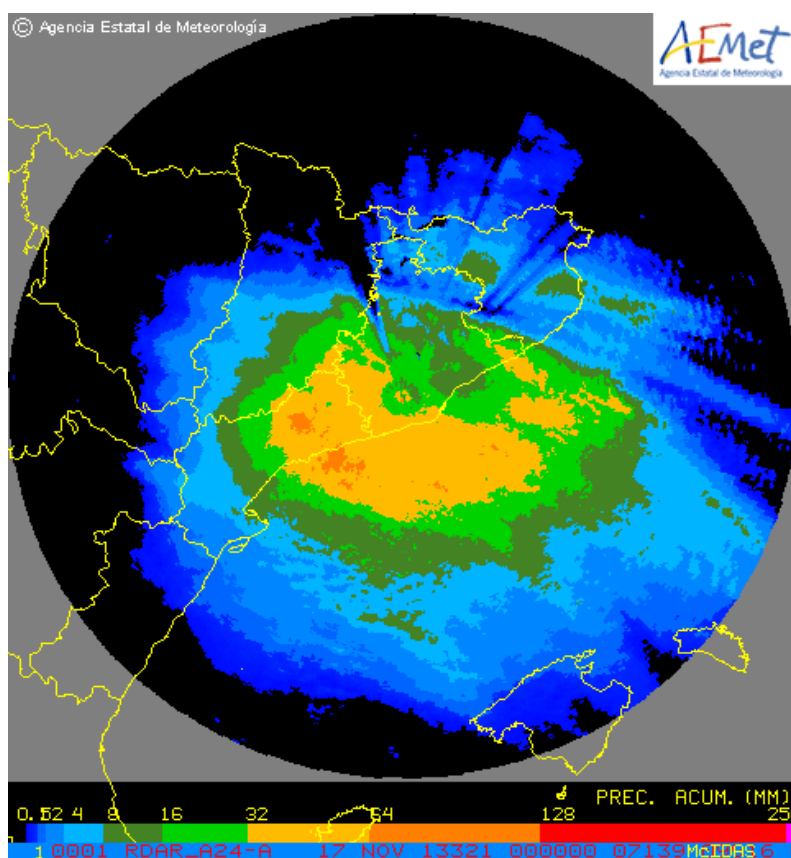


Figura 9. Imagen de acumulación radar de 24 horas del radar de AEMET en Cataluña entre las 00 UTC del día 16 y las 00 UTC del día 17.

El análisis de la intensidad de las precipitaciones, realizado exclusivamente a partir de registros de estaciones meteorológicas automáticas, 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 un valor de 21 mm/h en Colònia Sant Pere (Mallorca) el día 15. Cabe destacar en cuanto a intensidad horaria los 43 mm (intensidad muy fuerte) registrados en 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 valores registrados en otras estaciones automáticas cercanas y las acumulaciones radar disponibles.

Por lo tanto, lo que caracterizó a la precipitación durante este episodio fue especialmente su persistencia y generalización, lo que presenta cierta discordancia con el carácter convectivo de algunas fases del episodio, con un número muy elevado de rayos, aunque como se verá, la gran mayoría de los rayos se registran sobre mar, como es, por otra parte, habitual en esta época del año.

El análisis de las descargas eléctricas registradas en periodos de 12 horas muestra las siguientes características y evolución:

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 preferentemente sobre el Mediterráneo, frente a las costas de Argelia. Hasta las 18 UTC se formaron algunas tormentas en torno a Mallorca. Durante 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*. Entre las 06 UTC y las 12 UTC del día 16 la tormenta de Menorca desarrollada en el periodo anterior 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. 10). Por otro lado, 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 un 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, pero 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 mediodía 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, la línea de turbonada citada en análisis sinóptico, creció aun más en extensión y frecuencia de descargas durante las siguientes horas mientras se trasladaba hacia el norte, alejándose de Menorca. Por su parte, una nueva tormenta, más pequeña, se desarrolló a últimas horas del día sobre Girona.

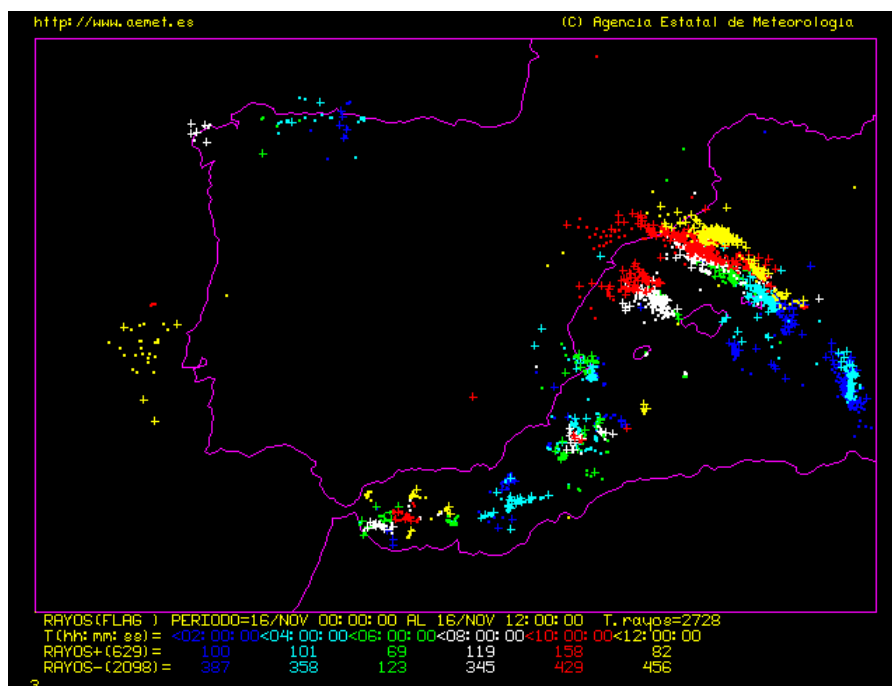


Figura 10. Descargas eléctricas registradas entre las 00 UTC y las 12 UTC del día 16. Datos de la red de detección de descargas eléctricas de AEMET.

Durante la madrugada del día 18 se registraron unos pocos rayos en las costas de Barcelona y Girona, mayoritariamente sobre mar. La gran estructura marítima al norte de Menorca siguió creciendo y trasladándose hacia el sudeste francés. Finalmente, entre las 06 UTC y las 12 UTC del día 18, aparte de en la gran estructura mediterránea, solamente se registraron unas pocas descargas frente a la costa de Barcelona.

Por lo tanto se puede observar que las tormentas sobre tierra afectaron fundamentalmente a Cataluña, donde las cantidades de precipitación acumuladas y las intensidades fueron en general mayores que en las otras áreas, y a Menorca. Estuvieron prácticamente ausentes en Aragón y Valencia, salvo durante la madrugada y primeras horas de la mañana del día 16, cuando afectaron al sur de la provincia de Valencia y norte de Alicante, coincidiendo, como se verá, con un periodo de nevadas en cotas muy bajas.

No se puede establecer una correlación clara entre las fases de precipitación más copiosa y la presencia de rayos, aunque en algunos momentos como el día 16 en Tarragona coinciden ambos elementos.

Otro elemento significativo de este episodio, y bastante difícil en cuanto a la evaluación de su extensión e intensidad, fue las nevadas desde 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. Las imágenes de radar no son útiles en este análisis ya que no permiten discriminar fácilmente la precipitación caída en forma líquida de la nieve.

Se registraron precipitaciones en forma de nieve los cuatro días pero fueron especialmente extensas y afectando 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 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 (Fig. 11).

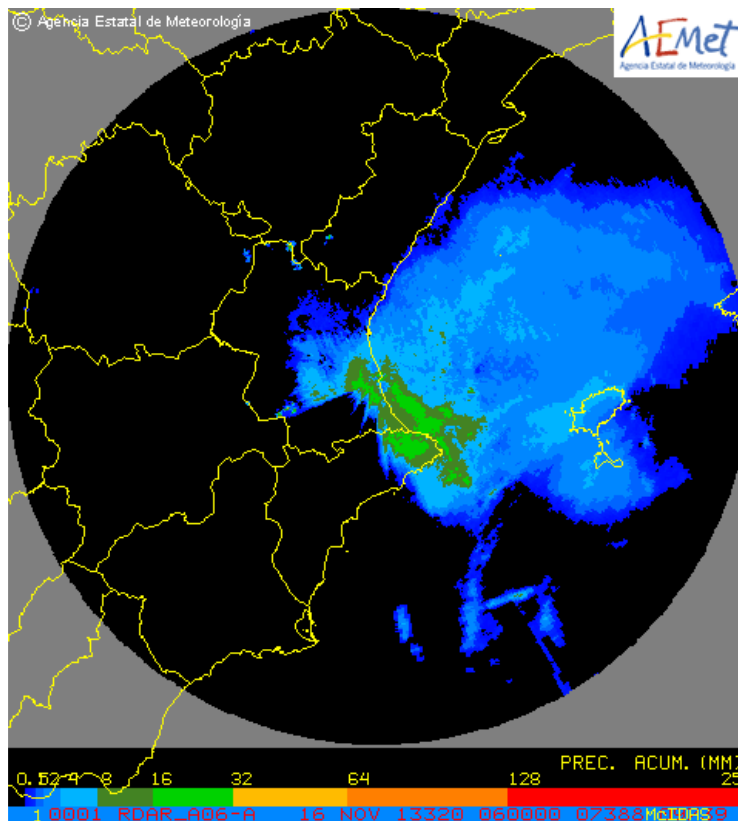


Figura 11. Imagen de acumulación radar de 6 horas del radar de Valencia entre las 00 UTC del día 16 y las 06 UTC del día 16.

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 de gregal (nordeste) 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 mesoscalar 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 día.

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 del día 18.

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 meteorológico estudiado incluyó un número muy elevado de fenómenos meteorológicos adversos, que obligaron a la generación y difusión de multitud de avisos para las cuatro comunidades autónomas estudiadas: Aragón, Cataluña, Comunitat Valenciana e Illes Balears. Los avisos se generaron según la normativa del Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Fenómenos Meteorológicos Adversos (Meteoalerta) vigente 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, como es lógico, los primeros.

La duración del episodio y la extensión geográfica de su afectación obligaron a la emisión de muchos avisos, tanto de corto plazo (D, D+1) como de medio plazo (D+2), y las tareas de vigilancia y seguimiento de la situación meteorológica obligaron a revisar con frecuencia los avisos, para confirmarlos o modificarlos. Por supuesto, la emisión de avisos va ligada a unas tareas de difusión por distintos canales y a multitud de usuarios, especialmente servicios de Protección Civil. En resumen, se trató de una situación meteorológica compleja que conllevó una situación operativa muy complicada, exigiendo un elevado nivel de atención y pericia a los técnicos del Grupo de Predicción y Vigilancia de Barcelona.

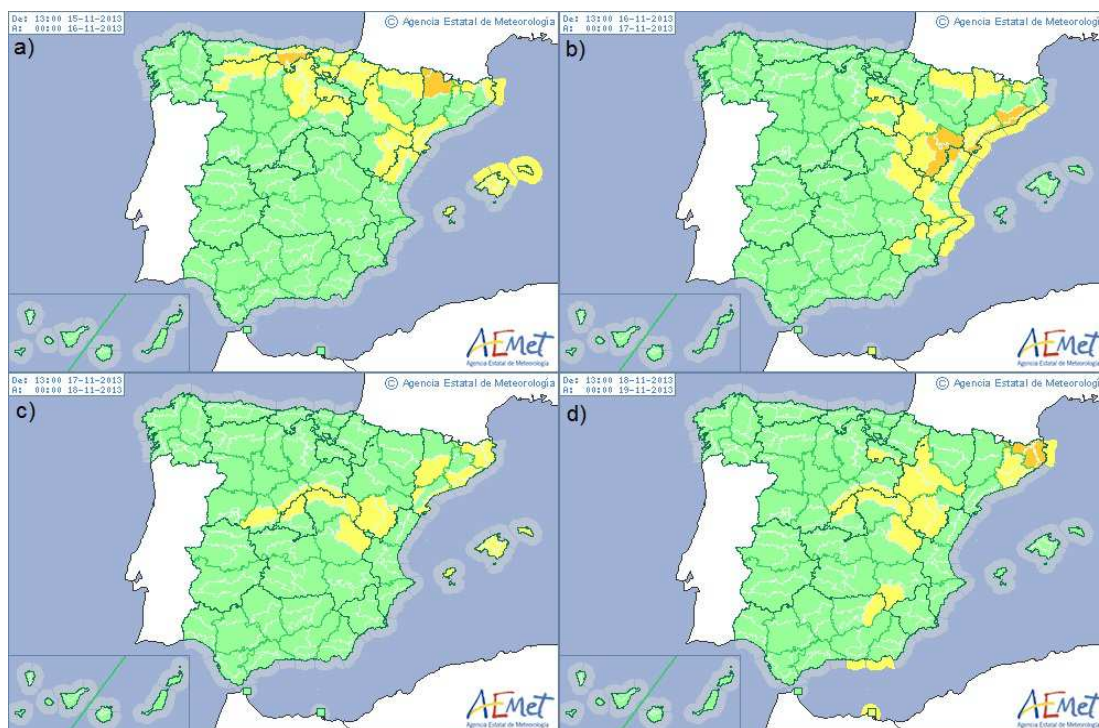


Figura 12. Avisos en vigor durante la tarde de los días a) 15, b) 16, c) 17 y d) 18 en el conjunto de España. Estos mapas incluyen los avisos de todos los fenómenos contemplados en el Plan Meteoalerta.

Hubo avisos en vigor durante los días 15 a 18 para las cuatro comunidades autónomas (Fig. 12). La gran mayoría de avisos válidos para estos días fueron de rachas máximas de viento, nevadas, y precipitaciones, tanto por intensidad horaria, es decir, cuando en el intervalo

de una hora se supera una cierta cantidad de precipitación (llamados P1 en el argot de predicción) como por acumulación en 12 horas (llamados P2). El desglose detallado de todos los avisos emitidos así como de los umbrales definidos para cada zona y variable entorpecería la lectura de este documento, por lo cual se hace un resumen a continuación. Las características principales del Plan Meteoalerta de AEMET se pueden consultar en la dirección <http://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/avisos/ayuda>. La nomenclatura de las zonas geográficas nombradas en los siguientes apartados es la definida por el Plan Meteoalerta.

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 en las cuatro comunidades incluidas en el estudio, lo que indica nuevamente la complejidad operativa del episodio.

4.1 Avisos emitidos

Durante el día 15 había aviso amarillo de nevadas en vigor en el Pirineo de Huesca, naranja en el Pirineo de Lleida y en el valle de Arán y amarillo en el Pirineo de Girona. Por lo tanto, se esperaban nevadas significativas en el conjunto del Pirineo. Había también en vigor avisos P1 (acumulación horaria) y P2 (acumulación en 12 horas) en las islas Baleares.

El resto de los avisos en vigor 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 postfrontales como son el Empordà y la provincia de Tarragona, cuyo Litoral sur estuvo en alerta naranja. La Comunitat Valenciana también tuvo avisos de viento fuerte: en casi toda la provincia de Castellón, incluso con nivel naranja en el Interior norte de Castellón, zona especialmente ventosa. Finalmente, en algunas zonas de Baleares también hubo avisos de viento de nivel amarillo.

Durante el día 16 la situación meteorológica se complicó, con lo cual hubo aun 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 la provincia de Barcelona y Tarragona. También en todas las provincias de la Comunitat Valenciana (en todas las zonas de aviso) y en todas las zonas de aviso de las 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 las Baleares también hubo aviso de este tipo en Menorca, en el Norte y Nordeste de Mallorca y en la Sierra de Tramontana.

Finalmente, en cuanto al viento, hubo aviso amarillo en el Litoral sur de Girona, en el Litoral de Barcelona y en 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 muy elevado de avisos abiertos para las distintas comunidades autónomas estudiadas.

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 Comunitat Valenciana.

Los avisos tipo 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 Baleares tuvieron aviso 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. También hay que resaltar que para este día se abrió solamente un aviso para la Comunitat 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 (Albaracín 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. Para Aragón y la Comunitat Valenciana no hubo avisos de precipitación.

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.

4.2 Verificación de los avisos

La verificación de los avisos es una tarea de una elevada complejidad que se aborda normalmente de forma subjetiva ya que se deben tener en cuenta muchos factores difíciles de objetivar. Verificar los avisos implica, no solamente evaluar la calidad de los avisos emitidos sino también evaluar en qué medida hubiese sido necesario emitir avisos adicionales. Queda fuera de los objetivos de este trabajo realizar una verificación exhaustiva de todos los avisos (emitidos y no emitidos) durante este episodio (42 zonas, 96 horas, distintas variables de aviso como viento, nevada, P1 (acumulación en una hora), P2 (acumulación en 12 horas)). En los siguientes párrafos únicamente se dará una visión general de aquellos fenómenos que fueron mejor y peor pronosticados.

Nevadas

Las nevadas solamente son motivo de emisión de aviso cuando acumulan en 24 horas cantidades significativas de nieve en el suelo (umbrales de 2, 5, 20 ó 40 cm en función del color del aviso y la zona) en zonas situadas por debajo de los 1500 m. Cuanto más infrecuente es el fenómeno más bajo es el umbral para la zona.

Los avisos de nevadas son probablemente unos de los más difíciles de verificar ya que las redes manuales de observación señalan únicamente la presencia del fenómeno, no su intensidad (y tampoco en qué momento se produce en un intervalo de 24 horas), y las redes de

estaciones automáticas no miden, en general, el espesor de nieve en el suelo. Por ello es necesario acudir a otros tipos de información, como las noticias en prensa, para determinar de forma aproximada dónde y cuánto ha nevado.

La situación más compleja, por su anomalía, fue la nevada que se produjo durante la madrugada del día 16 en cotas bajas de Aragón, Cataluña y especialmente, del sur de Valencia y norte de Alicante. Esta nevada estuvo asociada a un núcleo tormentoso bastante activo que intensificó la precipitación y probablemente bajó también la cota de nieve. La intensidad de esta nevada fue probablemente el aspecto peor previsto de todos los considerados durante el episodio.

Precipitaciones

Hay dos características de las precipitaciones para las cuales se emiten avisos: su intensidad horaria y su acumulación en periodos de 12 horas. Ambas son solamente verificables a partir de los registros de estaciones meteorológicas automáticas, ya que los datos de las redes manuales dan solamente valores acumulados en 24 horas.

Durante los 4 días se registraron algunas intensidades horarias superiores al umbral de aviso P1, establecido en 15 mm/hora ó 20 mm/hora según la zona, pero en general se puede afirmar que hubo un exceso de avisos P1 emitidos. Es decir, un número relativamente elevado de falsas alarmas. Como se ha visto en un apartado anterior, se produjeron bastantes tormentas durante el episodio, lo cual podría haber estado asociado a intensidades de precipitación elevadas, pero éstas se produjeron mayoritariamente sobre el mar.

En cuanto a las acumulaciones, las precipitaciones en periodos de 24 horas fueron muy abundantes, como se ha visto en el capítulo de observaciones. Las acumulaciones en periodos de 12 horas superaron el umbral de aviso amarillo fundamentalmente en Cataluña los días 16 y 17 y en menor medida el 18. No hay constancia de que se superase el umbral de aviso naranja en ninguna zona a pesar de que había algunos avisos de este nivel en vigor, lo cual también implica un índice de falsas alarmas algo elevado. Este hecho junto con lo dicho en el párrafo anterior sugiere que las precipitaciones fueron menos intensas y algo menos copiosas de lo esperado y la razón podría estar relacionada con la circunstancia de que este episodio fue acompañado de un importante descenso de la temperatura, lo cual hizo que tuviera un carácter mixto entre el típico episodio de lluvias muy fuertes o incluso torrenciales del otoño y un episodio marcadamente invernal de nevada en cotas bajas.

Vientos

Los avisos de viento fueron los que se ajustaron mejor a lo observado, tanto los correspondientes a la fases de vientos del cuarto cuadrante del primer y último día, como a la fase de viento del nordeste del día 16.

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 de noviembre) 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 el desarrollo de los acontecimientos meteorológicos: durante el día 15 un frente frío proveniente del norte cruzó la Península de norte a sur y posteriormente se formó un frente ocluido 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, que comprendía Aragón, Cataluña, Comunitat Valenciana e Illes Balears, además de al mar Balear. Cabe concluir que entornos sinópticos y mesoescales tan complejos y dinámicamente activos son capaces de generar eventos multifenomenológicos y unas condiciones de tiempo adverso (nevadas en cotas bajas, precipitaciones copiosas y localmente fuertes y con tormenta, vientos fuertes, estado del mar muy alterado) prolongadas y afectando a áreas extensas.

La evolución espacio-temporal precisa de los diferentes fenómenos fue consecuencia fundamentalmente de: (1) la organización de los flujos en superficie con sus zonas de convergencia asociadas, ligada parcialmente a la interacción entre el flujo sinóptico/mesoscalar y la compleja orografía de este ámbito geográfico, y (2) las advecciones térmicas y de humedad en todos los niveles.

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, antes y durante evento. Avisos que fueron 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/mesoscalar, (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 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. La disponibilidad de tales elementos permitió en este episodio actuar con rapidez y eficacia desde el punto de vista un Servicio Meteorológico aunque, sin duda, cualquier mejora en los eslabones de la cadena de predicción antes considerados redundará en el grado de acierto de los avisos y en su utilidad para la sociedad.

6. REFERENCIAS

- Aguado, F., 2012. *Avisos de nevadas*. Curso para CNAV (Documento interno AEMET)
- Azorín, 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., Jansà, A., Benech, B., Koffi, E. 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.
- Flamant, C y J. Pelon, 1996. *Atmospheric boundary-layer structure over the Mediterranean during a Tramontane event*. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 122, 1741-1778.
- Genovés, A. y A. Jansà, 2003. Diabatic processes contribution to the november 2001 storm. Proceedings of the 4th EGS Plinius Conference held at Mallorca, Spain, October 2002.

- Homar, V., Romero, R., Ramis, C. 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.
- Llasat, M. C., 2002. *El Episodio del 25 de Septiembre de 1962*. *Revista del Aficionado a la Meteorología*, 5.
- López, J. M. y M. Arán, 2005. *Estudi d'una ciclogènesi ràpida mediterrània: Catalunya 9-10 de juny del 2000*. Nota Técnica del CMT en Cataluña. Instituto Nacional de Meteorología. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- Martín, F. et al, 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 19597 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 Cataluña 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., Callado, A. y M. Berenguer, 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 Cataluña*. *Revista del Aficionado a la Meteorología*. Marzo 2011.
- 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., Llasat, M. C., Genovés, A. y A. Jansá, 1994. *The October-1987 floods in Catalonia: Synoptic and mesoscale mechanisms*. *Meteor. Appl.*, 1, 337-350.
- Riesco, J., Mora, M., de Pablo, F. y L. Rivas, 2013. *Severe rainfall events over the western Mediterranean Sea: A case study*. *Atmospheric Research*, 127, 47-63.
- Riosalido, R., Vázquez, L., Gordo, A., Jansà, A., 1987. *Cierzo: northwesterly wind along the Ebro valley as a mesoscale effect...a. A: Scientific results of the alpine experiment (ALPEX)*, vol. 2, OMM, 1987.
- Salamanca, M., Bauzá, J. 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*. Concepción Rodríguez Puebla, Antonio Ceballos Barbancho, Nube González Reviriego, Enrique Morán Tejeda y Ascensión Hernández Encinas (Eds.). Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC), 2012, Serie A, nº 8. Salamanca, 998 pp. ISBN: 978-84-695-4331-3.
- Vázquez, 1995. *Tramuntana y mestral en Cataluña*. En *I Jornades de Meteorologia Eduard Fontserè*. Insitut d'Estudis Catalans. Barcelona 1995.