



Lluvias torrenciales en el Maresme, Barcelona (Oct-2016)

49

DOI: [10.31978/014-18-009-X.49](https://doi.org/10.31978/014-18-009-X.49)

GABRIELA CUEVAS, RAMÓN PASCUAL, ALFONS CALLADO Y MARC COMPTE
Delegación territorial (DT) en Cataluña, Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)

Plou poc, però per al poc que plou, plou prou.

Embarbussament – ANÓNIMO

Durante el miércoles 12 y el jueves 13 de octubre de 2016 tuvo lugar un episodio de precipitaciones intensas y generalizadas en toda la península ibérica. En la comarca del Maresme (Barcelona), se acumularon en diversas zonas más de 200 mm en menos de 4 horas, con cortes de tráfico, trenes, suministro eléctrico y arrastre de coches en rieras, uno de los cuales provocó la desafortunada pérdida de una vida humana. Estos episodios altamente convectivos sobre el Mediterráneo occidental suelen tener corta duración, ocurriendo en verano-otoño y provocando a menudo el desbordamiento repentino de ríos provenientes de los Pirineos y de arroyos/torrentes costeros. El litoral catalán es una de las regiones más afectadas por episodios de lluvias repentinas y, en particular, el Maresme es el área de más impacto así como una de las más pobladas, por lo que el riesgo natural asociado a este fenómeno es muy elevado. Este capítulo presenta un análisis meteorológico detallado, así como los impactos del evento, evaluando la predicción por contraste con los avisos de fenómenos adversos emitidos para ese día por AEMET. *El análisis de este caso de estudio se presentó en el 10th HyMeX Workshop, celebrado entre el 4 y el 7 de julio de 2017 en Barcelona [3]. En este mismo workshop del Moral y col. [5] también analizaron este episodio.*

Palabras clave: sistemas de predicción por conjuntos aplicados a la predicción de corto y medio plazo, predicción probabilista, episodio de lluvias torrenciales en el Maresme octubre 2016.

Imagen parte superior: desbordamiento de rieras y calles anegadas en la confluencia con la N-II en el Maresme, el 13 de octubre de 2016, fotografía del Consell Comarcal del Maresme.



Figura 49.1: Situación de la zona donde tuvo lugar el episodio de lluvias torrenciales (Maresme, Cataluña).

49.1 Introducción

Durante el miércoles 12 y el jueves 13 de octubre de 2016 tuvo lugar un episodio de precipitaciones intensas y generalizadas en toda la península ibérica. Un frente frío atravesó la Península, seguido de dos líneas de inestabilidad posfrontal, causando chubascos frecuentes y ocasionalmente fuertes en puntos del suroeste y centro peninsular. Previamente al paso del frente, la confluencia de flujos de recorrido mediterráneo configuró una línea de inestabilidad que atravesó el litoral catalán durante la tarde del miércoles 12. Esta línea originó tormentas con chubascos muy fuertes, incluso torrenciales y de larga duración en puntos de la comarca del Maresme (Barcelona), que acumularon más de 200 mm en menos de 4 horas en diversos lugares. La intensa lluvia provocó cortes de tráfico y de la circulación de trenes, cortes de suministro eléctrico, arrastre por las aguas de coches aparcados junto a rieras y, desafortunadamente, la muerte de una persona dentro de un coche atrapado en un paso subterráneo.

Los episodios altamente convectivos sobre el Mediterráneo occidental suelen ocurrir en verano y a comien-

zos del otoño. En Cataluña, el otoño es la estación que concentra la mayor ocurrencia de inundaciones. Estos eventos suelen tener corta duración y pueden conducir al desbordamiento repentino de ríos provenientes de los Pirineos y de arroyos/torrentes costeros. De hecho, el litoral catalán es una de las regiones más afectadas por episodios de lluvias repentinas y, en particular, el Maresme (Figura 49.1) es el área de más impacto así como una de las más pobladas [2, 6]. A consecuencia de esto, el riesgo natural asociado a este fenómeno es muy elevado [4].

Este estudio presenta un análisis del entorno sinóptico y mesoescalar del episodio, y de la fenomenología asociada a través de la exploración de imágenes de satélite y de radar, campos de modelos numéricos de predicción y observaciones convencionales. Los impactos del evento también son estudiados a partir del análisis de la información en los medios. Finalmente, se discute la precisión de la predicción mediante el análisis de los avisos de fenómenos meteorológicos adversos emitidos para ese día por [Agencia Estatal de Meteorología \(AEMET\)](#).

Daños y víctimas (mayoritariamente en el Maresme)
Más de 900 llamadas a Emergencias de la Generalitat de Cataluña durante el episodio y 300 al servicio de bomberos. Activada la alerta de inundaciones INUNCAT.
Carretera nacional N-II y secundaria C-31 cortadas. Servicio de tren suspendido durante varias horas.
Personas atrapadas en la N-II y en pasos subterráneos inundados tuvieron que ser rescatadas.
Récord de precipitación en 24 h en Cataluña desde 1943.
Un hombre muere atrapado en su coche arrastrado por la lluvia en Cabrils.
Varias rieras desbordadas y coches arrastrados por las riadas.
Más de 200 hogares en 4 ciudades afectados por cortes de electricidad.
Daños materiales importantes. Tres escuelas inundadas cerradas en Vilassar.

Tabla 49.1: Resumen de impactos producidos por el episodio del Maresme.

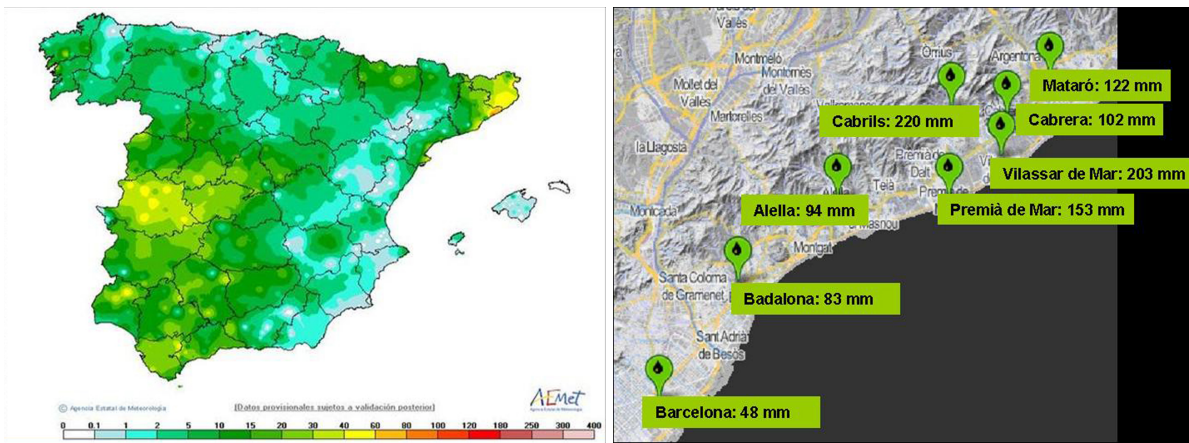


Figura 49.2: Izda: Precipitación acumulada de 00 UTC del 12 octubre a 00 UTC del 13 octubre en la red de estaciones automáticas de AEMET. Dcha: Registros de precipitación recogidos en diversas redes (AEMET, Meteoclimatic, Meteocat) para la zona del Maresme durante el día 12 de octubre.

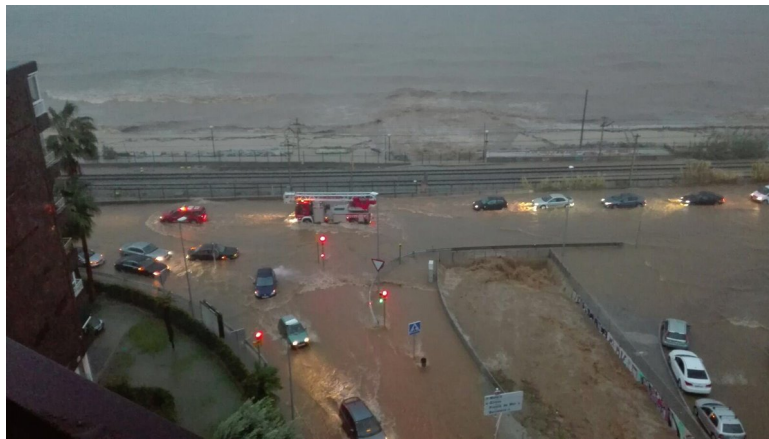


Figura 49.3: Desbordamiento de rieras y calles anegadas en la confluencia con la N-II en el Maresme, fotografía del Consell Comarcal del Maresme.

49.2 Impactos del episodio

Episodios como el mostrado en este estudio tienen a menudo un alto impacto en zonas muy pobladas como la comarca del Maresme [1] (Tabla 49.1 en la página anterior). A lo largo del día 12 de octubre se registraron más de 100 mm en 24 horas en al menos 5 ciudades del Bajo Maresme (Figura 49.2). La lluvia torrencial hizo que se batiera el récord de intensidad en Cataluña en Cabrils, donde se registraron 85 mm en 30 minutos.

49.3 Análisis sinóptico y mesoescalar

El entorno sinóptico y mesoescalar en el suroeste de Europa durante el 12 de octubre de 2016 estaba regido

por el paso de un frente frío asociado a una baja fría centrada al noroeste de Portugal. Dicha baja, de hasta -20 °C en 500 hPa, se fue desplazando hacia el sudeste a lo largo del día. A su vez, en niveles medios-altos (500-300 hPa) había durante la mañana del día 12 una dorsal poco marcada sobre el este peninsular y el sur de Francia. Al desplazarse ligeramente esta dorsal hacia el este, quedó un área difluente sobre Cataluña que favorecía los ascensos. El flujo predominante en altura sobre la Península era del sudoeste (Figura 49.4 en la página siguiente a y b). Asimismo, a las 18 UTC se situaba sobre la zona de estudio a 300 hPa la parte delantera de un *jet streak* (máximo de viento confinado) (Figura 49.4 en la página siguiente c).

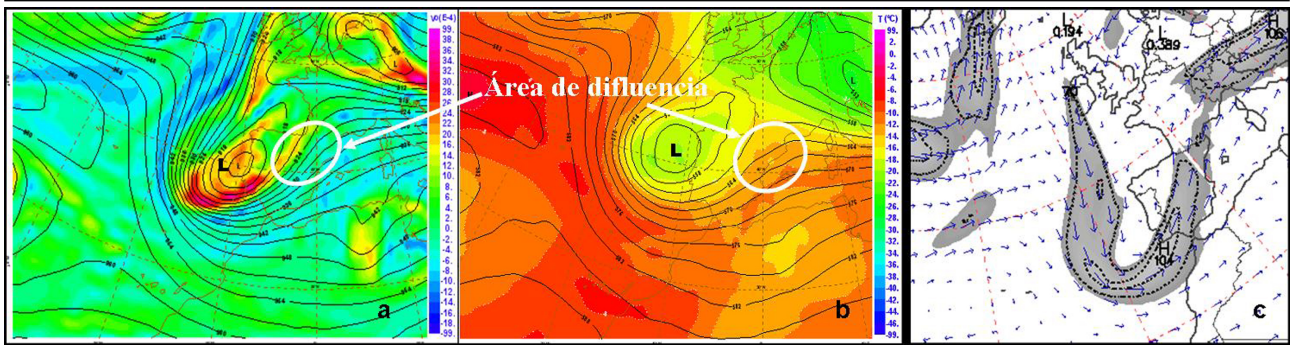


Figura 49.4: Campos de análisis del modelo ECHRES del 12 de octubre a las 12 UTC: (a) altura geopotencial (isohipsas negras representadas cada 30 mgp) y vorticidad relativa en 300 hPa (coloreada) y (b) altura geopotencial (isohipsas negras representadas cada 30 mgp) y temperatura en 500 hPa (coloreada en °C) (Fuente: AEMET). Análisis de modelo GFS para el 12 de octubre a las 18 UTC: (c) corriente en chorro en nudos en 300 hPa (Fuente: California Regional Weather Service <http://squall.sfsu.edu/crws/jetstream.html>). El área sombreada empieza en los 60 kt (kt=nudos) y las isolíneas a trazos empiezan en 70 kt y se representan cada 20 kt. Las flechas azules señalan la dirección y velocidad del viento y su longitud es proporcional a la velocidad.

Por otro lado, la depresión en superficie ligada a la baja fría llevaba asociada un activo frente frío, que se situaba sobre Galicia a las 00 UTC, y que fue moviéndose hacia el Mediterráneo a lo largo del día, seguido de dos líneas de inestabilidad posfrontal (Figura 49.5 izquierda). Previamente al paso de dichas estructuras frontales, la confluencia de flujos de recorrido mediterráneo generó un chorro en niveles bajos o *Low Level Jet* (low level jet (LLJ)) que acompañó a una línea de inestabilidad que fue barriendo el litoral catalán a lo largo de la tarde (Figura 49.5 derecha). La línea de inestabilidad y el LLJ contribuyeron a originar los fuertes chubascos, incluso torrenciales, que afecta-

ron al Maresme. Sobre la zona de estudio los análisis de los modelos mostraban convergencia del flujo de humedad hasta 850 hPa.

Otros factores que pudieron contribuir a la intensidad y copiosidad de las precipitaciones fueron una temperatura de la superficie del mar (SST) 3 °C mayor que la media de octubre para la zona y la presencia de la cadena montañosa litoral con desniveles desde el mar de hasta 700 m en solamente 7 km de distancia en línea recta. En condiciones inestables el forzamiento orográfico que sufren los flujos procedentes del mar, como en este episodio, facilita el disparo de la convección.

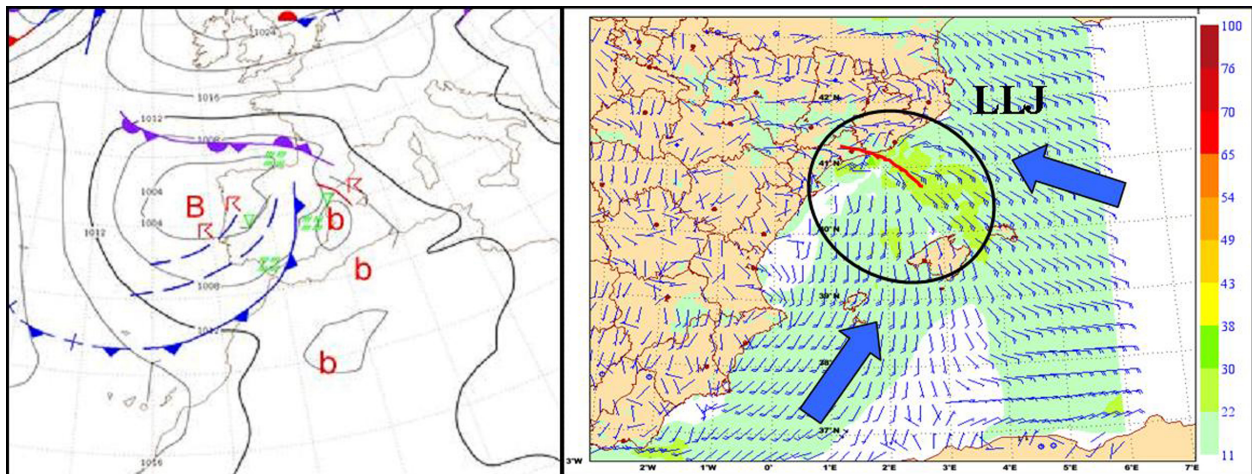


Figura 49.5: Izquierda: Análisis frontal de superficie y presión media a nivel del mar (MSLP) para el 12 de octubre a las 12 UTC. Isobaras representadas cada 4 hPa. Derecha: Campo de viento en superficie de modelo HARMONIE-AROME a las 18 UTC del día 12 (predicción H+18 de la pasada de las 00 UTC del día 12). Las barbas indican la dirección y la velocidad del viento en kt y las zonas coloreadas la velocidad del viento en kt (Fuente: AEMET).

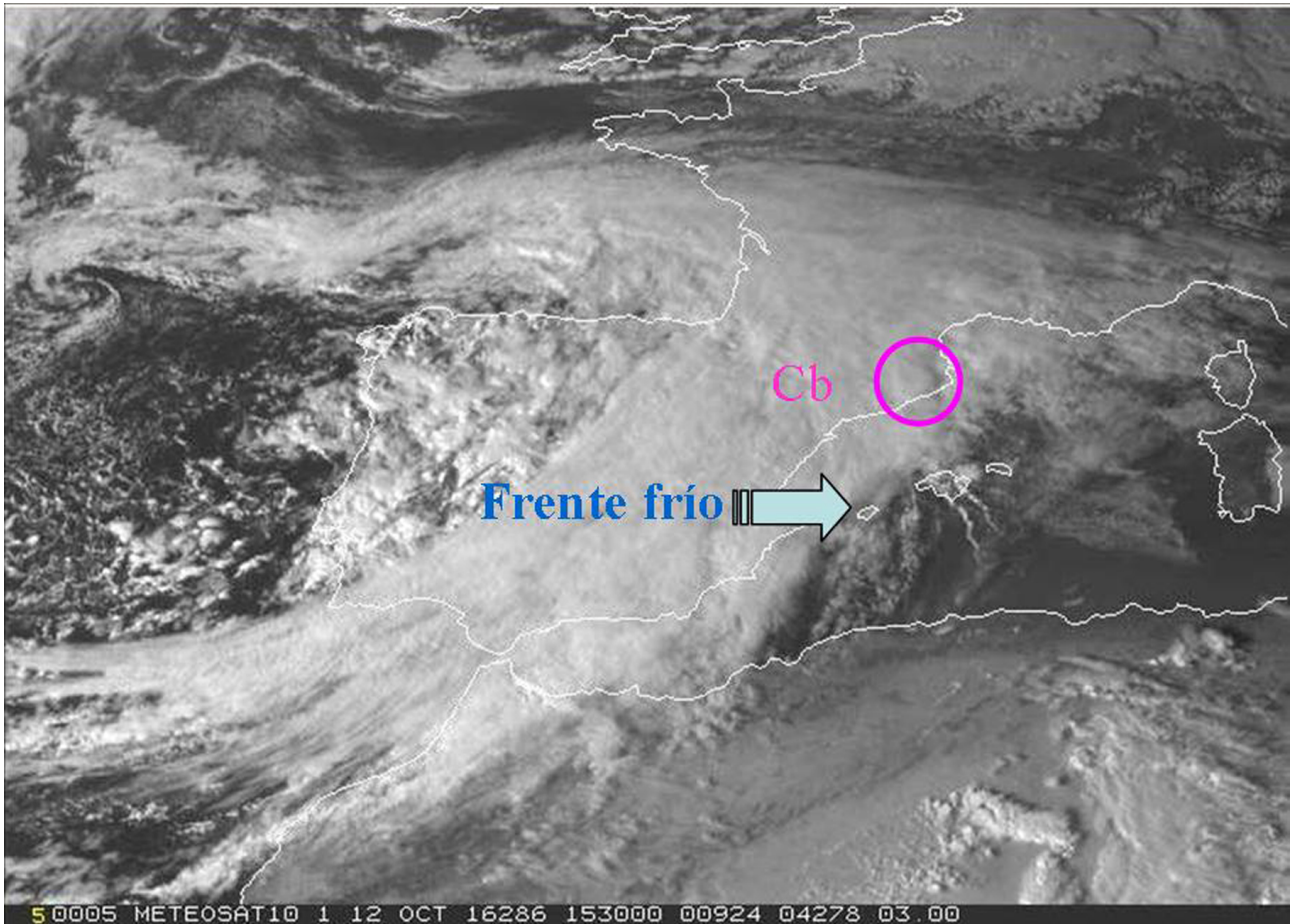


Figura 49.6: Imagen de Meteosat 10. Canal VIS0.6 15:30 UTC. La flecha azul indica el avance del frente (Fuente: AEMET).

49.4 Nubosidad, sistemas precipitantes y tormentas

En el análisis de las imágenes de los canales VIS0.6 (Figura 49.6) e IR10.8 del Meteosat 10 (no mostrada) se puede apreciar la banda nubosa asociada al frente que se desplazaba hacia el este. El movimiento de las nubes era hacia el nordeste debido al flujo del sudoeste predominante en niveles medios-altos. En la imagen del canal visible (Figura 49.6) se aprecia con dificultad, gracias a las sombras proyectadas en su lado oriental, el cumulonimbo responsable de las fuertes lluvias en el nordeste de Cataluña, embebido en la parte delantera de la banda nubosa frontal. Las temperaturas de brillo de los toques nubosos de dicho cumulonimbo no eran excesivamente bajas (estaban comprendidas entre -52 y -56 °C), lo cual indica que la convección no era muy profunda.

El análisis de las imágenes del radar de AEMET situado en Cataluña (banda C, rango 240 km (modo normal)/ 120 km (modo *Doppler*)) revela aspectos interesantes. La acumulación total de precipitación en el Maresme fue subestimada por el radar (64 mm

estimados frente a los 215 mm registrados) debido probablemente a la atenuación del haz radar debida a la intensa precipitación y a la producida por la película de agua presente en la superficie exterior del *radomo*.

Se puede apreciar en la Figura 49.7 en la página siguiente la evolución en el tiempo (secuencia de PPI) de una célula convectiva cuasi-estacionaria. Dicha célula presentaba unos valores (no mostrados) relativamente bajos o moderados de ZMAX (reflectividad máxima en la columna, sec. 8.7.4 en la página 109) (< 52 dBZ), VIL (*Vertically Integrated Liquid*, sec. 8.7.5 en la página 109) ($< 1\text{g/cm}^3$) y Echotop (altura máxima a la cual se encuentra un valor de reflectividad de 12 dBZ, sec. 8.7.3 en la página 108) (< 8 km). Sobre los fundamentos de estos u otros tipos de imágenes de radar, puede consultarse el capítulo 8 en la página 103. Estos parámetros se mantuvieron en estos valores durante todo el ciclo de vida de la célula. Aunque el campo de velocidad radial Doppler (no mostrado) muestra claramente un desplazamiento hacia el nordeste de la precipitación, los chubascos de mayor intensidad se mantuvieron prácticamente estacionarios debido a la persistencia del LLJ.

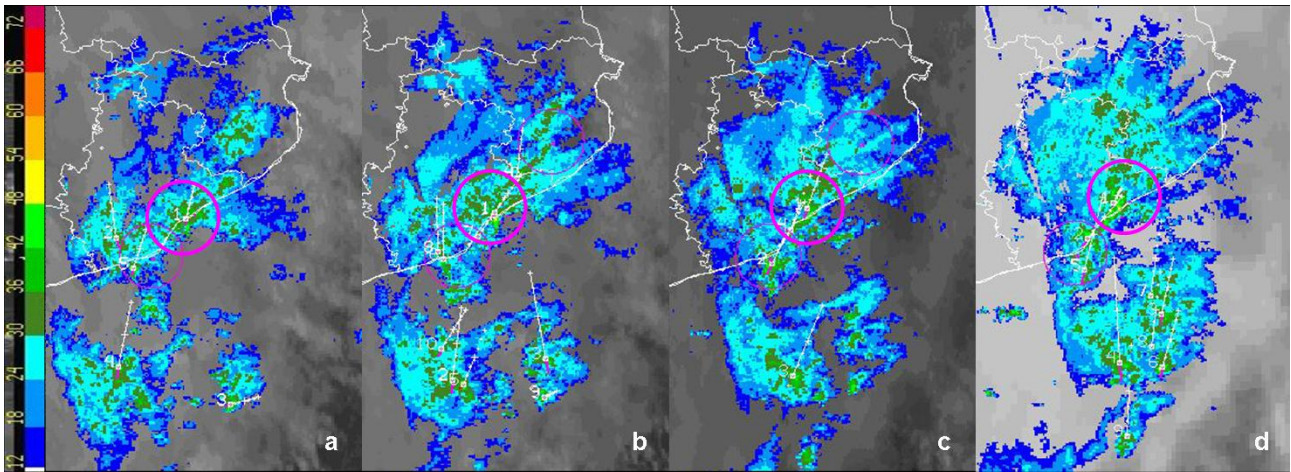


Figura 49.7: Imágenes de reflectividad radar PPI(dBZ) a las (a) 15:30, (b) 15:50, (c) 16:10 y (d) 16:30 UTC. (Fuente: AEMET).

El análisis de los rayos nube-tierra caídos durante el episodio (Figura 49.8) reveló un bajo número de ellos asociado a la célula convectiva de interés. Se registraron 40 entre las 15:23 UTC y las 18:05 UTC, con una baja frecuencia de los mismos: 0.33/min entre las 15:23 y las 17:13 UTC. Entre dichas descargas se dio un alto porcentaje de rayos positivos (68%) que podría explicarse por una posición relativamente baja de la capa principal de carga positiva en la nube de tormenta. La tormenta analizada estaba muy aislada, ya que la más cercana (y mucho más intensa) se situaba a 90 km mar adentro hacia el sudeste. La tormenta fue casi estacionaria, como ya se ha visto al analizar

las imágenes de radar.

49.5 Predicción determinista y probabilista de la precipitación

En AEMET se usan operativamente tanto el modelo determinista ECHRES (9 km de resolución horizontal) como el modelo mesoescalar no hidrostático HARMONIE-AROME (2.5 km de resolución horizontal; para este estudio se han usado las salidas del ciclo 38 de este modelo).

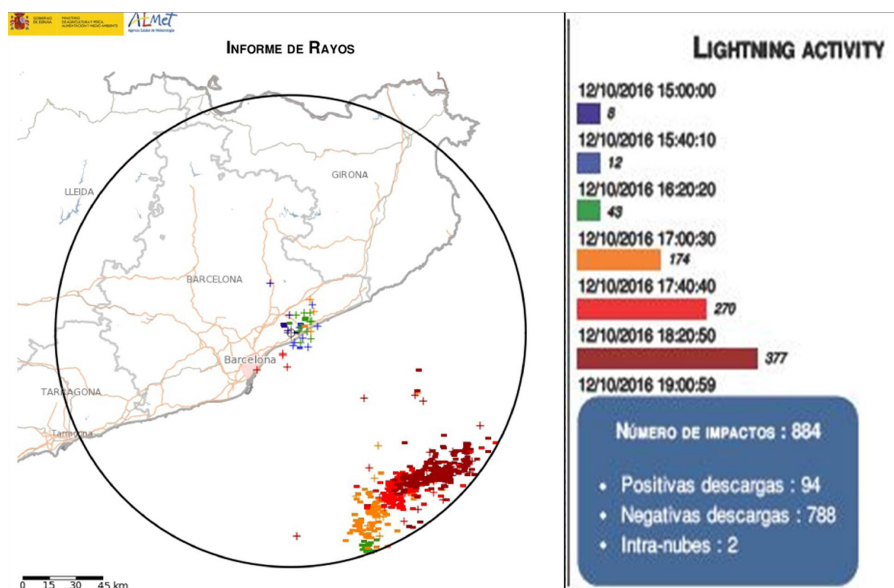


Figura 49.8: Rayos nube-tierra detectados entre las 15 y las 19 UTC en un radio 100 km en torno a la localidad de Cabrils (Fuente: AEMET).

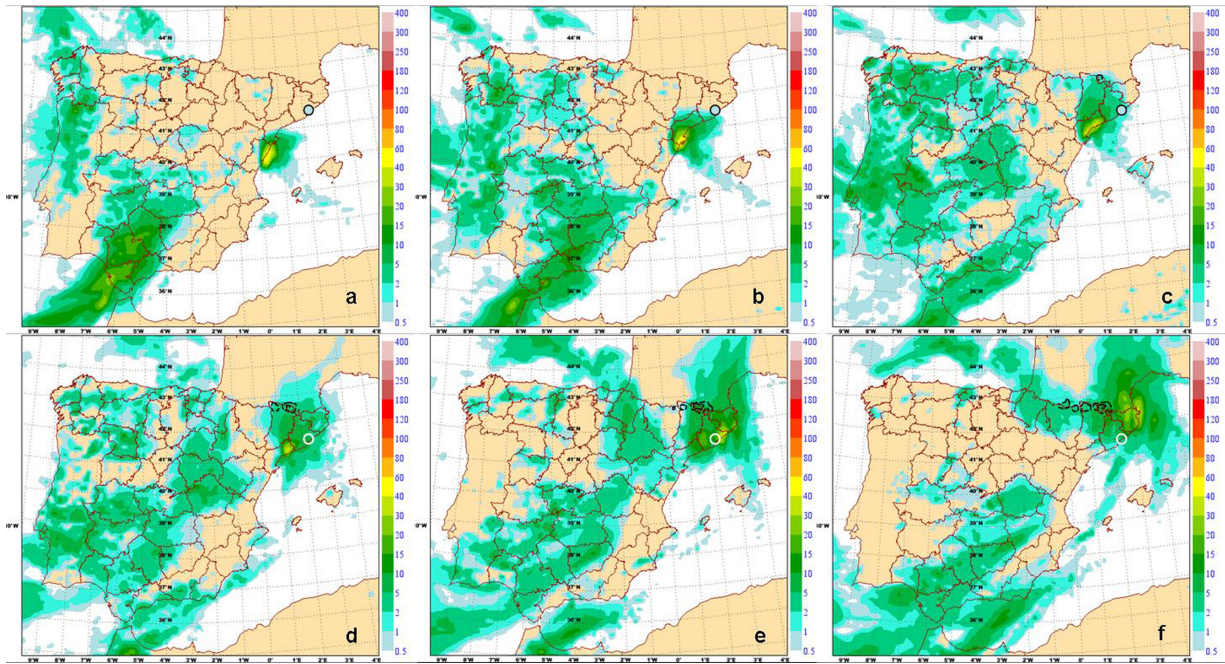


Figura 49.9: Campos de precipitación acumulada (mm) en 3 h previstos por el modelo ECHRES (pasada del 20161012 a 00 UTC) válido para: 06-09 UTC (a), 09-12 (b), 12-15 (c), 15-18 (d), 18-21 (e), 21-24 (f). El pequeño círculo negro o blanco indica el punto de máxima intensidad de precipitación observada. (Fuente: AEMET).

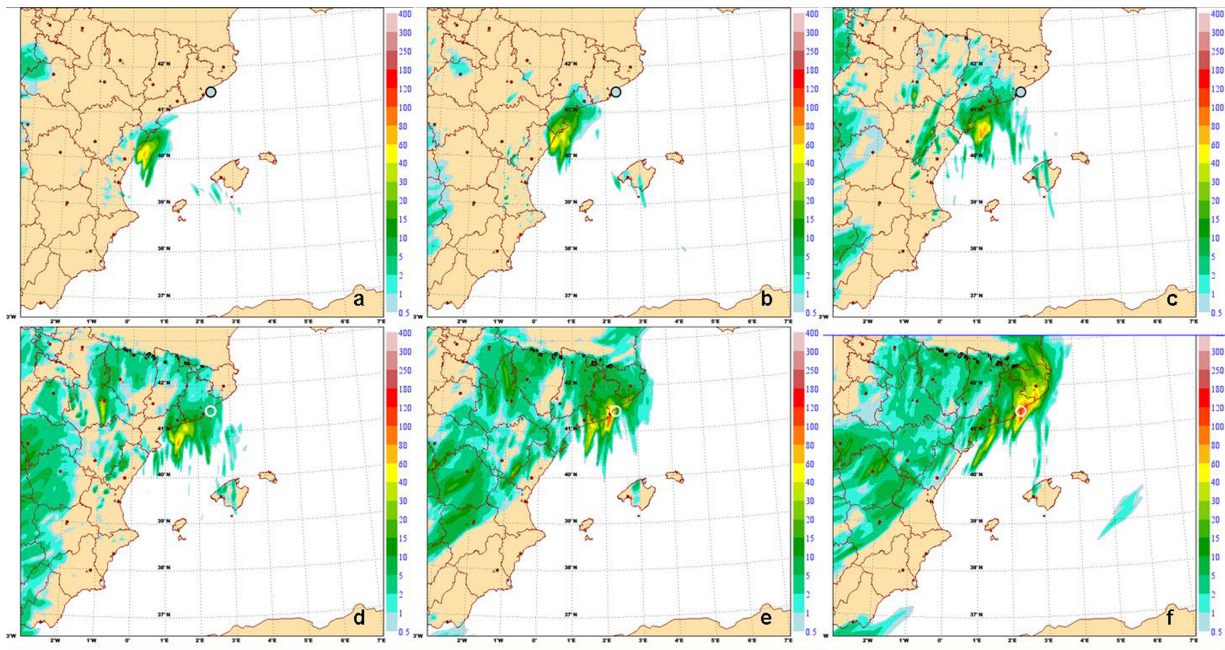


Figura 49.10: Como en la Figura 49.9 pero para HARMONIE-AROME (Fuente: AEMET).

Para este caso de estudio, ambos modelos mostraban un área de intensa precipitación moviéndose durante el día 12 hacia el nordeste, siguiendo la línea de costa en Cataluña (Figuras 49.9 y 49.10). Se observó que ambos modelos presentaban un retraso de más de 3 h respecto al periodo en el que se dio la mayor intensidad de precipitación en el lugar de interés, a

la vez que una subestimación de la intensidad respecto a los valores observados. En concreto, para la zona de estudio el modelo ECHRES alcanzaba unos 40 mm/3 h (valor muy inferior al observado), mientras que el HARMONIE-AROME presentaba 120 mm/3 h (mucho más realista).

Por otro lado, en este estudio se ha hecho un análisis desde el punto de vista de la predicción probabilista usando el AEMET- γ SREPS (cap. 22 en la página 333), un sistema de mesoescala de predicción por conjuntos desarrollado por AEMET, muy similar a su predecesor a 25 km AEMET-SREPS (cap. 21 en la página 313). El sistema γ SREPS es un ensemble multimodelo multicondiciones de contorno de predicción a corto plazo compuesto por 20 miembros (producto del uso de 4 modelos no hidrostáticos (sec. 6.3.2 en la página 78) y de las condiciones de contorno de 5 modelos globales), posee 2.5 km de resolución horizontal y tiene la convección explícita.

Para el caso de estudio, 4 miembros del γ SREPS mostraron acumulaciones mayores que 50 mm/3 h y sólo 2 mayores que 120 mm/3 h, todos ellos situando los máximos en un área costera al norte de la ciudad de Barcelona (Maresme y proximidades) (Figura 49.11 con precipitaciones y Figura 49.12 en la página siguiente con probabilidades de precipitación). Si bien un cierto número de los miembros del ensemble presentaba precipitación intensa en áreas costeras y marítimas cercanas, la lógica incertidumbre espacial y temporal en las localizaciones de los máximos hace que la probabilidad local decazca.

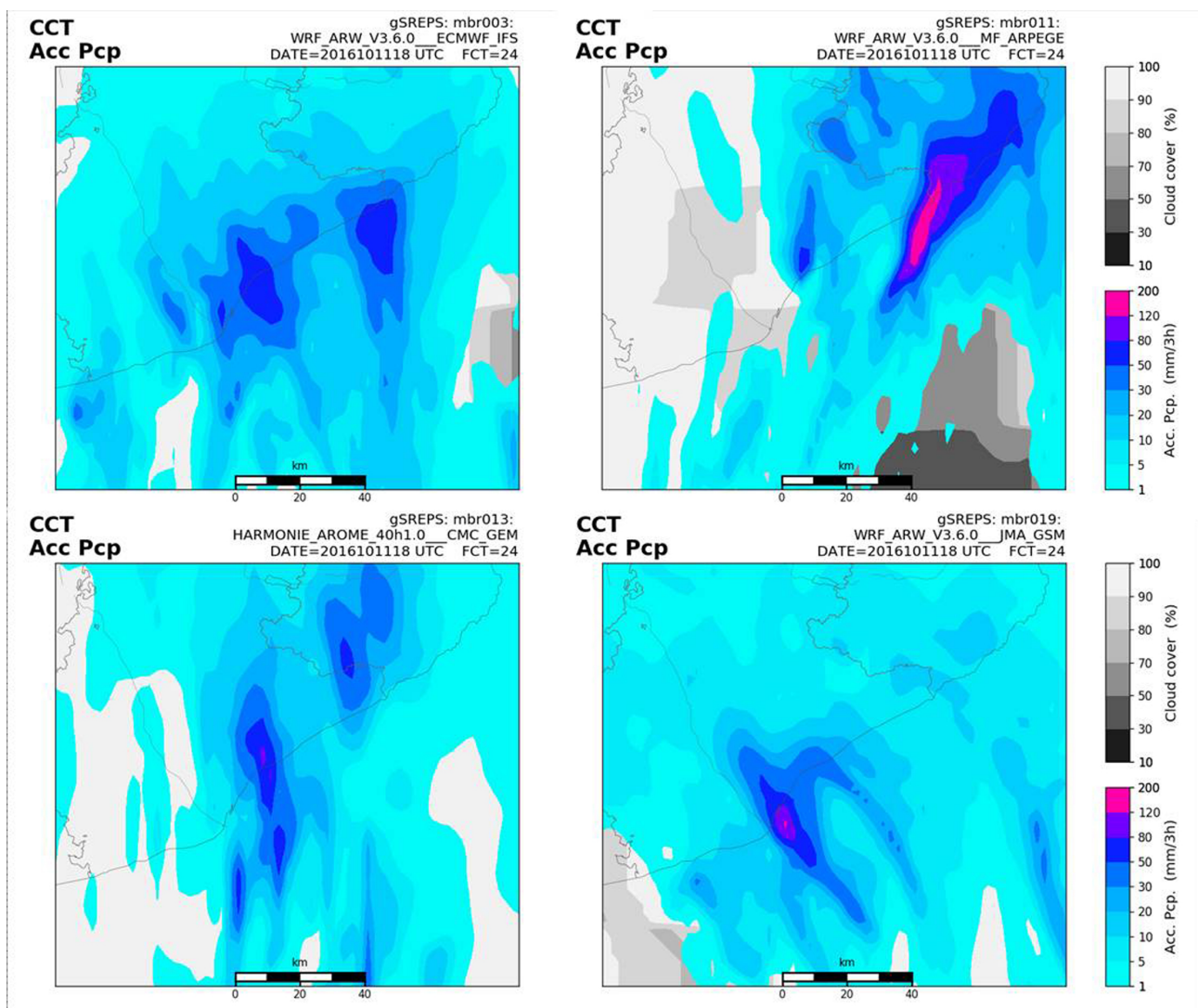


Figura 49.11: Campos previstos por el sistema γ SREPS (pasada del 20161011 a las 18 UTC): acumulación de precipitación (mm) en 3 h de 15-18 UTC para los 4 miembros con mayor acumulación y cubierta nubosa (%).

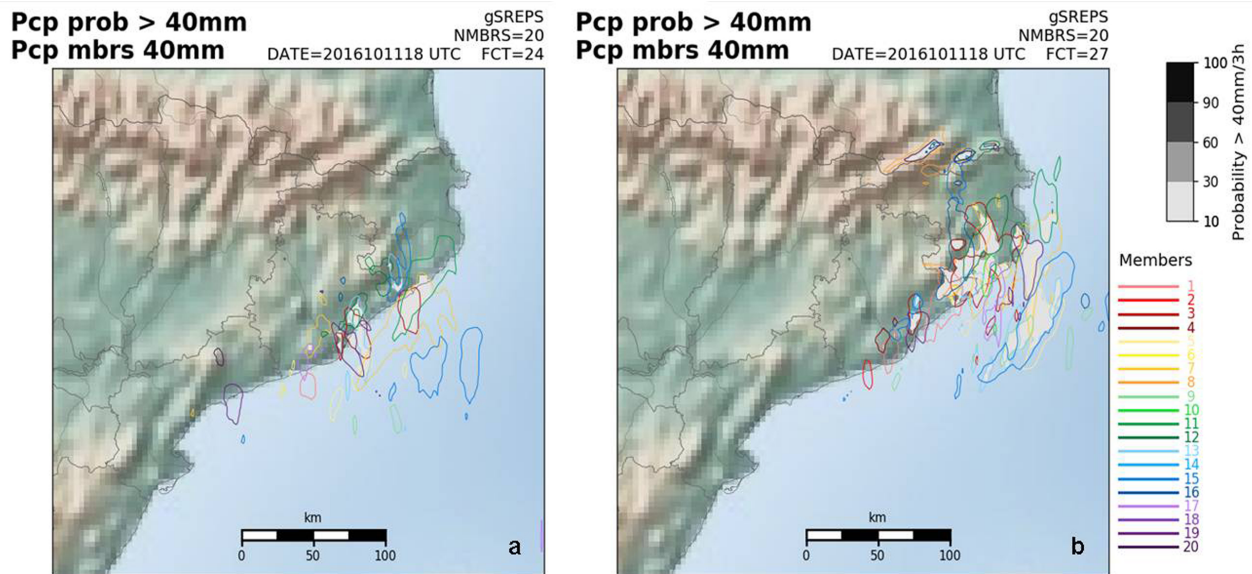


Figura 49.12: Campos previstos por el sistema γ SREPS (pasada del 20161011 a las 18 UTC): probabilidad de acumulación en 3 h ≥ 40 mm (sombreado), y contorneados en colores de las áreas con acumulaciones superiores a 40 mm asociadas a los distintos miembros para los periodos 15-18 UTC (izquierda) y 18-21 UTC (derecha).

A su vez, γ SREPS fue integrado para este estudio sin usar ningún método de asimilación, aunque en la actualidad se están implementando el LETKF (sec. 16.2.2 en la página 246) y el 3-DVAR (sec. 16.6 en la página 247), lo cual pudo suponer un problema a la hora de simular la precipitación intensa ya que probablemente el sistema no tuvo en cuenta algún factor meteorológico mesoescalar local clave en el desarrollo de la convección.

Sin embargo, el grupo de miembros con precipitación intensa presenta un movimiento hacia el nordeste al igual que las estructuras precipitantes simuladas por los modelos deterministas.

49.6 Avisos: un episodio complicado

A lo largo del evento se emitieron, desde el grupo de predicción y vigilancia (GPV) de AEMET en Barcelona, varios avisos de fenómenos meteorológicos

adversos. Existen dos tipos de avisos de precipitación: acumulación de precipitación en 1 h (P1) y en 12 h (P2), con sus correspondientes umbrales para los distintos niveles de aviso, amarillo, naranja y rojo (sec. 41.1 en la página 628).

Ya desde el día anterior se abrieron para la zona de aviso Litoral de Barcelona, que incluye a la comarca del Maresme, avisos de nivel naranja de P2 (100 mm/12 h) y de P1 (40 mm/1 h) con una probabilidad superior al 70%.

El miércoles 12 a las 16:33 hora local (H. L.), tras unas horas sin precipitaciones intensas ni tormentas, se decidió bajar el nivel de P1 pero una hora después comenzaron a aparecer indicios de la tormenta en cuestión, lo cual hizo que se elevaran a las 19:19 H. L. a nivel rojo los avisos, tanto de P1 (80 mm/1 h) como de P2 (180 mm/12 h), con una probabilidad del 40 al 70%. A esa misma hora se estableció que los valores de P1 y P2 a partir de las 20 H. L. se reducían a 20 mm/1 h y 100 mm/12 h, respectivamente.

49.7 Conclusiones

El caso de estudio presentado muestra el desarrollo de una tormenta en la comarca litoral catalana del Maresme, aislada, con un número reducido de rayos, muchos de ellos positivos y una elevada eficiencia en cuanto a la generación de precipitación, a pesar de su modesta profundidad.

El entorno sinóptico, baja fría al oeste peninsular y un activo frente frío moviéndose hacia el este, era claramente favorable al desarrollo de nubosidad y precipitaciones en buena parte de la península ibérica. A mesoescala, una línea prefrontal de inestabilidad se situó sobre el nordeste peninsular pero el elemento probablemente clave en el desarrollo de la precipitación torrencial del Maresme fue un LLJ que aportó un flujo de aire cargado de humedad hacia la cordillera litoral que se extiende de sudoeste a nordeste en esa comarca.

Tanto los modelos numéricos deterministas, globales o de mesoescala, como el sistema de predicción probabilista a mesoescala y corto plazo usados, indicaban la elevada probabilidad de precipitaciones fuertes en la zona de estudio pero ninguna de sus salidas mostró valores de la intensidad horaria de precipitación y de sus valores acumulados en períodos de tiempo mayores suficientemente realistas.

Este caso de estudio supone un buen ejemplo de la complejidad de algunos episodios meteorológicos a la hora de emitir avisos a la población y a los servicios de Protección Civil. No siempre las principales herramientas de predicción, los modelos numéricos, reflejan cuantitativa y/o temporalmente lo finalmente observado, poniéndose de relieve la importancia de la figura del predictor, tanto en la *vigilancia* como en el *nowcasting*.

49.8 Referencias

- [1] BARBERÍA, L. y col. “The role of different factors related to social impact of heavy rain events: considerations about the intensity thresholds in densely populated areas”. En: *Natural Hazards and Earth System Science* 14.7 (jul. de 2014), páginas 1843-1852. ISSN: 1684-9981. DOI: [10.5194/nhess-14-1843-2014](https://doi.org/10.5194/nhess-14-1843-2014) (citado en página 755).
- [2] CHACÓN, S, GÓMEZ, S y GARCÍA, S. *Risc d'inundacions als municipis veïns al Parc del Montnegre i el Corredor. Diagnosi ambiental al Parc del Montnegre i el Corredor*. 2005 (citado en página 754).
- [3] CUEVAS TASCÓN, Gabriela y col. “Analysis of the 12 October 2016 flash floods in Maresme, Catalonia”. En: (2017). URL: hdl.handle.net/20.500.11765/7623 (citado en página 753).
- [4] LLASAT, M. C. y col. “Flash floods in Catalonia: a recurrent situation”. En: *Advances in Geosciences* 26 (sep. de 2010), páginas 105-111. ISSN: 1680-7359. DOI: [10.5194/adgeo-26-105-2010](https://doi.org/10.5194/adgeo-26-105-2010) (citado en página 754).
- [5] MORAL, Anna del y col. *The 12 October 2016 Maresme flash-floods: a radar-based analysis*. 2017. DOI: [10.13140/RG.2.2.14826.82889](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14826.82889) (citado en página 753).
- [6] PASCUAL, R. *Estudio de precipitaciones intensas en la comarca catalana del Maresme*. Ministerio de Medio Ambiente, 1999. ISBN: 84-8320-084-8 (citado en página 754).