

**XXXIV Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica
Española (Teruel, 29 febrero – 2 marzo 2016)
ISBN 978-84-617-5240-9**

**Episodio de tiempo adverso de 1-2 de agosto de
2014 en el nordeste peninsular**

Ramón Pascual Berghaenel⁽¹⁾, Gabriela Cuevas Tascón⁽¹⁾, Sergi González Herrero⁽¹⁾

⁽¹⁾ Delegación Territorial en Cataluña. AEMET,
c/Arquitecte Sert nº1 08005 Barcelona, rpascualb@aemet.es

1. Introducción

A lo largo de los días 1 y 2 de agosto de 2014 se produjo un episodio de tormentas generalizadas en Aragón, Cataluña y el norte de la Comunitat Valenciana. Estas tormentas estaban asociadas al paso de una vaguada atlántica en altura con onda térmica y frente frío asociado. Las tormentas, con elevado número de descargas eléctricas, estuvieron acompañadas en algunos casos de abundante granizo grande (pedrisco) y chubascos de intensidad muy fuerte o torrencial, que ocasionaron alguna riada o inundación local. Aunque no hubo que lamentar daños personales, sí se produjeron considerables daños materiales en algunas comarcas.

En este trabajo se describen las condiciones sinópticas y mesoescalares que dieron lugar al episodio y los eventos más significativos del mismo (Fig. 1): (1) las tormentas con pedrisco que afectaron a la ciudad de Zaragoza y cercanías, en donde se postula la presencia de una supercélula anticiclónica y un *storm-splitting*; (2) el sistema convectivo mesoescalar (SCM) nocturno que se desplazó desde el norte de la provincia de Huesca hasta la costa mediterránea; (3) las tormentas que afectaron al norte de la provincia de Castellón, acompañadas de chubascos de elevada intensidad y (4) la tormenta casi estacionaria que se desarrolló en el norte de la provincia de Tarragona, con chubascos de elevadísima intensidad que provocaron avenidas e inundaciones locales, como en el caso de Castellón.

Aunque la situación sinóptica era típicamente favorable al desarrollo de convección profunda y organizada, la variada fenomenología asociada a las tormentas surgidas se ha mostrado consecuencia directa de las estructuras mesoescalares preexistentes y desarrolladas durante el episodio, y de elementos geográficos como la orografía y la relativa cercanía al mar. El objetivo de este trabajo es identificar y describir aquellas estructuras sinópticas y mesoescalares presentes en el episodio, a fin de que en entornos de predicción operativa a corto plazo y *nowcasting*, el analista-predicador focalice su atención en tormentas que puedan tener ligados fenómenos severos como los mostrados aquí.

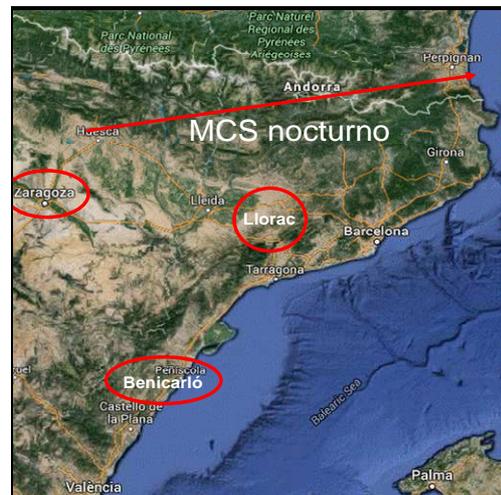


Fig. 1.: Ubicación de los fenómenos más significativos del episodio.

2. Entorno sinóptico y mesoescalar

El episodio vino marcado por el paso de una vaguada atlántica en altura, visible desde los 700 hPa, descolgada desde las islas Británicas, y por el forzamiento dinámico asociado. Dicha vaguada llevaba varias ondas cortas embebidas que recorrieron la península Ibérica durante el viernes 1 y el sábado 2 de agosto. La temperatura en 500 hPa se mantuvo inferior a -12 °C en todo el tercio norte peninsular (Fig. 2). El paso del frente frío, poco activo, asociado a la vaguada que se movía de oeste a este, fue desplazando la actividad convectiva más intensa hacia el este a lo largo del episodio.

En niveles bajos, un gran anticiclón centrado al noroeste de las Azores, extendía una cuña sobre el golfo de Vizcaya a primeras horas del viernes 1, y existía una marcada dorsal térmica en 850 hPa (20°C-24°C) sobre el nordeste peninsular que fue retirándose hacia el Mediterráneo (Fig. 2).

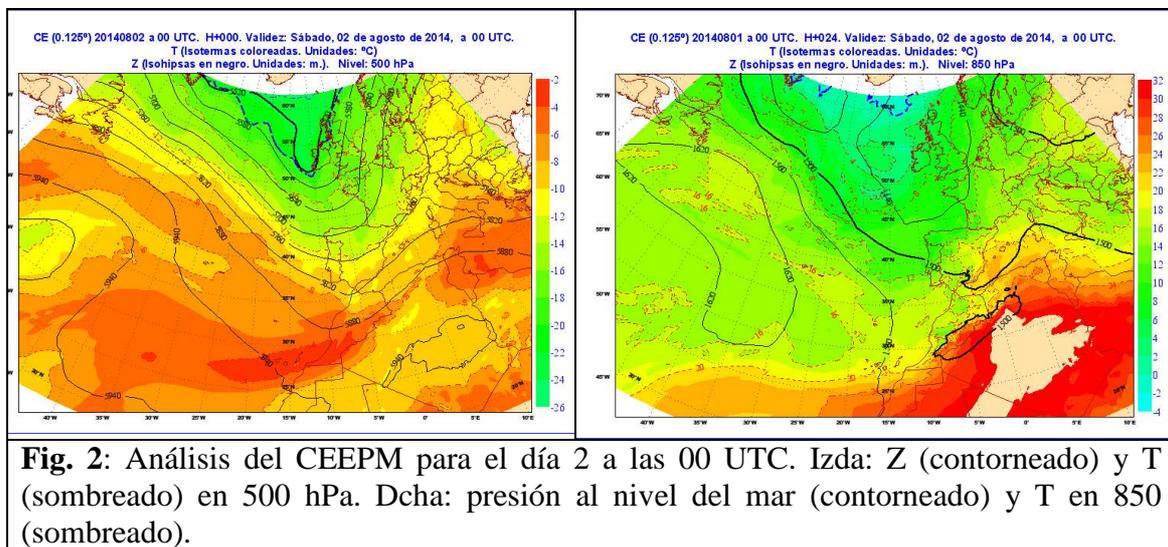


Fig. 2: Análisis del CEEP para el día 2 a las 00 UTC. Izda: Z (contorneado) y T (sombreado) en 500 hPa. Dcha: presión al nivel del mar (contorneado) y T en 850 (sombreado).

La aproximación del frente por el noroeste de la Península produjo convección prefrontal el viernes 1 en el nordeste de la Meseta Norte, el alto Ebro y el nordeste peninsular, zonas con un ambiente altamente inestable (CAPE/LI elevados). Las bajas presiones relativas en superficie establecidas en el nordeste peninsular favorecieron la convergencia del flujo de humedad. A su vez, se generó un flujo subsinóptico del sureste canalizado por el valle del Ebro (*bochorno*), combinado con la entrada de brisa marina. Las convergencias de viento y humedad en niveles bajos (hasta 850 hPa) junto con el calentamiento diurno actuaron como principales mecanismos de disparo de la convección durante el episodio (Fig. 3).

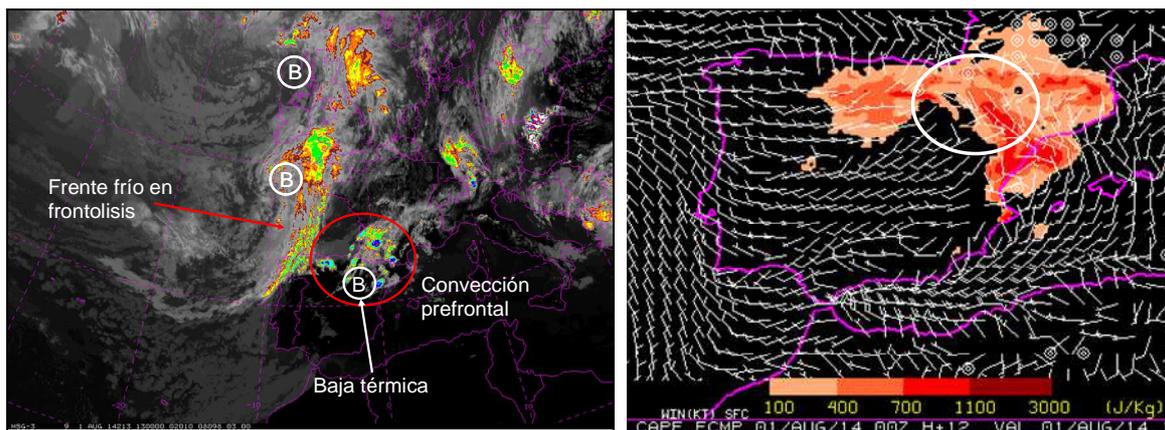


Fig. 3. Imagen del canal IR 10.8 del MSG-3 con realce Previmet a las 13 UTC del día 1 de agosto (izda.) y viento en superficie e índice CAPE previsto por el CEEPM de las 00 UTC para las 12 UTC del día 1 de agosto (dcha.)

El sábado por la mañana, con el calentamiento diurno y el paso ralentizado del frente, la convección volvió a reactivarse en Aragón, Cataluña y el norte de Castellón.

3. Tormentas de Zaragoza

Durante la tarde del 1 de agosto se desarrollaron numerosos fenómenos convectivos organizados en Aragón. La situación sinóptica imperante, flujo del SW en niveles medios y altos con difluencia, es la que tiene mayor probabilidad de generación de tormentas generalizadas en dicha comunidad autónoma (Álvarez *et al.*, 2011). A continuación se analizan brevemente las tormentas más relevantes:

- **Supercélula anticiclónica en Zaragoza y Bajo Gállego (origen 13:20 UTC):**

El origen de la primera tormenta que afectó a Zaragoza fueron las convergencias de viento en superficie y en 850 hPa. El bochorno canalizado por el valle del Ebro giró a noreste, al tiempo que existía un flujo del SW muy cálido proveniente de la meseta sur. Con el avance del frente, comenzó a entrar viento de norte en el extremo norte de la provincia, contribuyendo a la confluencia de vientos en toda la región.

La tormenta se dio en un entorno favorable a la convección profunda y organizada, y al desarrollo supercelular ($TT > 50$; $K = 40$; $LI < -1$; $SBCAPE > 200$ J/Kg; $CIZ6 > 12$ m/s; $SRH3 > 200$ m²/s²). Estos índices no son excesivamente elevados, pero se asume que localmente la cizalladura y la helicidad podían ser mayores en el momento de formación de la tormenta. Ésta manifestó algunos patrones típicos de supercélula (SP):

- **Larga duración** (2-3 horas).
- **Movimiento anómalo** (clara desviación hacia la izquierda respecto al flujo rector (NNE vs NE) y respecto a las otras células) (Fig. 4. a).
- **ZMAX muy elevada** (> 60 dBz) durante más de 2 horas. (A las 14:30 UTC sobre Zaragoza 67 dBz). Desarrollo muy rápido en primeros 30'. **Echotop** (14:40 UTC): 15.5 km.
- **Probable presencia de mesociclón** de 20 minutos de duración (Fig. 4. b.).
- **Efectos severos en superficie:** granizo > 2 cm de diámetro, rachas > 90 km/h.

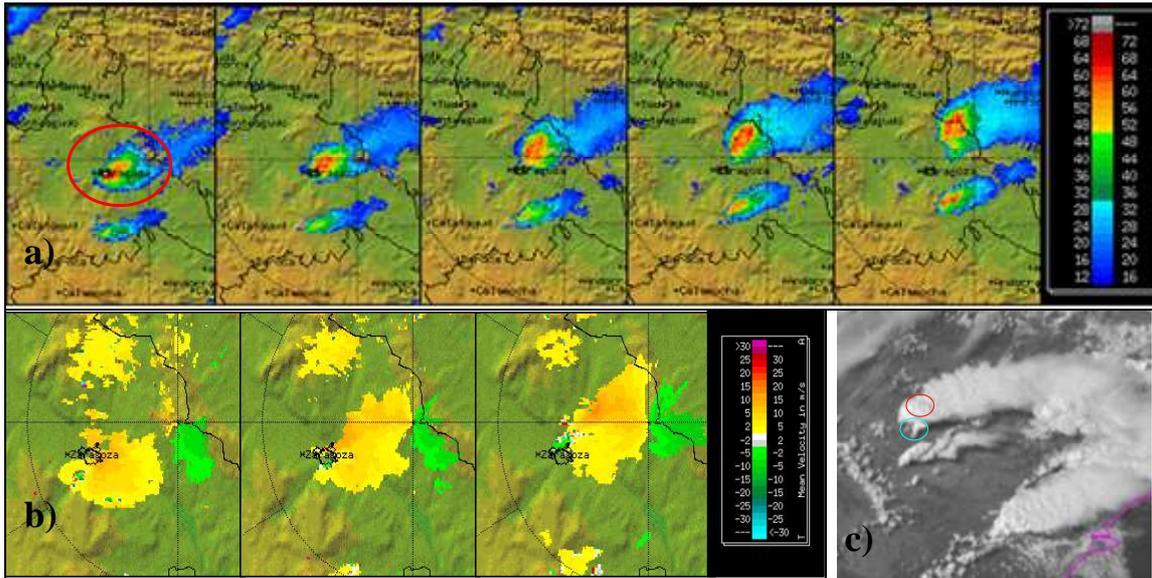


Fig. 4. a) Secuencia de imágenes de Z PPI del radar de Zaragoza el 1 ago (de las 14:30 a las 15:10 UTC, cada 10 min); b) viento radial W de las 14:26 a las 14:46 UTC; c) imagen del canal HRV del MSG-3 a las 14:30 UTC donde se aprecian el *overshooting* (rojo) y la *flanking line* (azul) de la supercélula.

- **Storm-splitting (origen 15:30 UTC):**

Simultáneamente a la tormenta anterior, se formó otra célula a las 15:30 UTC a unos 30 km al oeste de Zaragoza. A las 16 UTC, dicha célula comienza a dividirse en dos células simétricas. Para que este fenómeno de *storm-splitting* se produzca se requiere que la cizalladura vertical del viento sea prácticamente unidireccional, lo cual era apreciable en el sondeo previsto del modelo Hirlam de alta resolución (no mostrado) para un punto de grid cercano al origen de la tormenta.

Se observó que la célula de la izquierda se movía según el flujo rector (dirección NE) a mayor velocidad (Fig. 5). En cambio, la célula de la derecha, lo hacía más lentamente con una dirección ENE anómala, afectando a la ciudad de Zaragoza a las 18:30 UTC, y tuvo un ciclo de vida mayor (varias horas). Estos son hechos característicos del fenómeno *storm-splitting*.

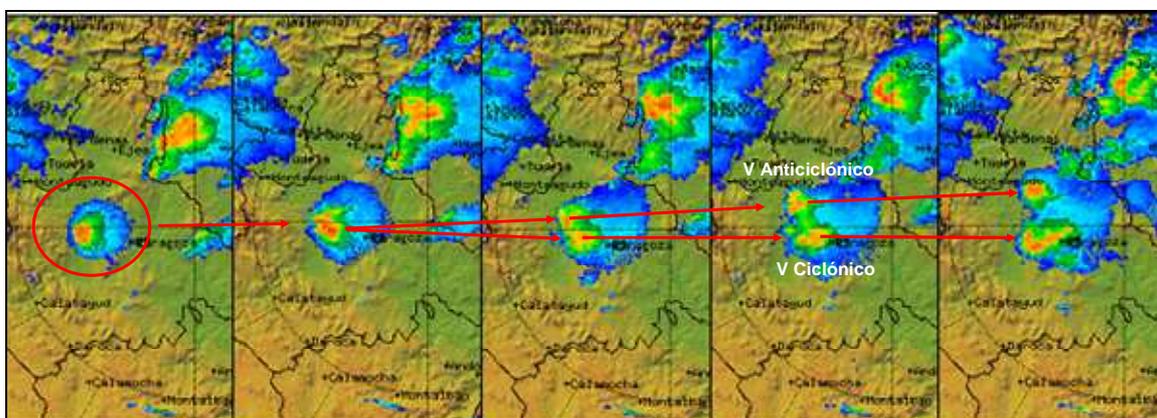
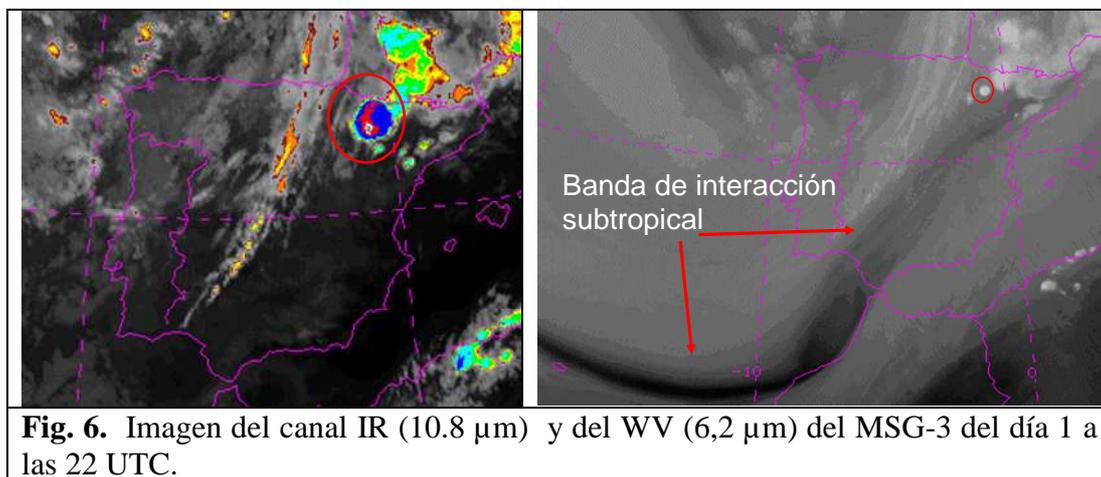


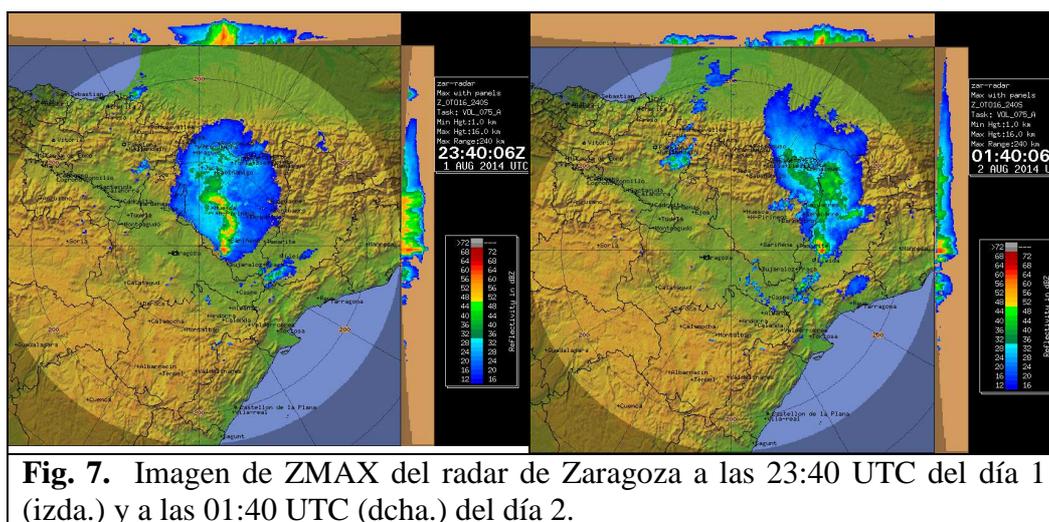
Fig. 5. Secuencia de imágenes de PPI de reflectividad del radar de Zaragoza (día 1 de agosto, desde las 15:50 a las 16:30 UTC, cada 10 minutos)

4. Sistema convectivo de mesoscala (SCM) nocturno

Entre la noche del viernes 1 y la mañana del sábado 2 de agosto se formó la estructura convectiva más grande, profunda y persistente de este episodio, con una duración total de más de 13 horas y un recorrido de hasta 600 km.



El SCM se originó en torno a las 20:30 UTC en la comarca zaragozana de Cinco Villas a partir de una célula convectiva, probablemente asociada a la interacción de frentes de racha de tormentas previas. Tuvo un crecimiento explosivo al inicio, alcanzando 20 minutos después de su nacimiento una gran profundidad (echotop de 13 km) y un ZMAX de 60 dBz. El máximo desarrollo vertical lo alcanzó entre las 22:00 y las 22:15 UTC, con temperaturas de brillo de los topes nubosos de -70°C . Las imágenes WV (canal 6,2 μm) de Meteosat-10 (MSG-3) permiten suponer que existió una interacción subtropical con una amplia banda oscura que se extendía desde Canarias hasta el Pirineo (Fig. 6).



La tormenta creció en extensión (satélite) durante 4 horas y media (hasta 01:15 UTC) superando los 5000 km^2 de extensión máxima. En ese periodo inicial, la estructura se puede clasificar como SCM de tipo circular, registrándose hasta 1400 rayos nube-tierra

(NT) hasta las 04 UTC en su desplazamiento hacia ENE. En las imágenes de ZMAX del radar de Zaragoza se puede distinguir desde las 21 UTC aproximadamente una estructura en *bow echo* y, por delante, un área estratiforme con menores valores de reflectividad (Fig. 7). En las siguientes horas se configuró una línea de turbonada de orientación N-S, con las células más activas en su extremo sur, y un área estratiforme delantera (más extensa) y trasera (patrón clásico de *leading stratiform squall line*). En su recorrido, el SCM dio lugar a algunas granizadas.

5. Tormentas de Castellón

Durante el sábado día 2 se produjeron tormentas en el norte de la provincia de Castellón que dieron lugar a crecidas repentinas en torrentes y ramblas e inundaciones locales (*flash floods*). Por este motivo, dos personas tuvieron que ser rescatadas en Benicarló (Fig. 8). También se produjo granizo grande y se registraron fuertes rachas de viento.

Las primeras células convectivas surgieron hacia 10:30 UTC al este de Teruel, formándose posteriormente también en el interior de Castellón y el extremo sur de Tarragona (Fig. 8). Se produjo un rápido desarrollo de la convección profunda (a las 11:10 UTC la célula principal ya alcanzaba los 62 dBz de ZMAX). Durante el episodio varias células superaron los 65 dBz (a las 19:10 UTC una célula del prelitoral de Castellón alcanzó los 72 dBz).

Las células convectivas se fueron trasladando individualmente y a su vez propagando en conjunto hacia el ENE. De este modo afectaron al prelitoral y litoral del norte de Castellón y sur de Tarragona (zonas de mayor riesgo por su mayor densidad de población e infraestructuras). Los últimos ecos radar se registraron en el norte de Castellón a las 21:30 UTC, por lo que se dieron 11 horas de actividad convectiva continua, lo cual indica la elevada inestabilidad de la zona.

La recurrencia de generación de tormentas (“sarpullido” de células convectivas) en el interior norte de Castellón a partir de las 13 UTC indicaba necesariamente una zona de convergencia mesoscalar de flujo de humedad en niveles bajos. Esta zona se extendía desde Castellón hasta el norte de Cataluña, y, combinada con el paso lento de la vaguada/frente frío en altura, explica el continuo desarrollo de tormentas ese día.

A su vez, en esa misma zona se formó un pequeño SCM entre 12 y 13:30 UTC con temperaturas de brillo de los topes nubosos de $-56\text{ }^{\circ}\text{C}/-60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Dadas las elevadísimas reflectividades radar que se registraron ($>65\text{ dBz}$ en varias ocasiones), precipitaciones fuertes o muy fuertes, granizo de gran tamaño y rachas fuertes de viento debieron estar presentes con frecuencia en las numerosas células convectivas del episodio. En un círculo de 20 km radio entorno a Albocàsser (interior norte de Castellón) se registraron 1206 rayos entre las 11 y las 19 UTC (907 descargas entre las 12 y las 15 UTC).

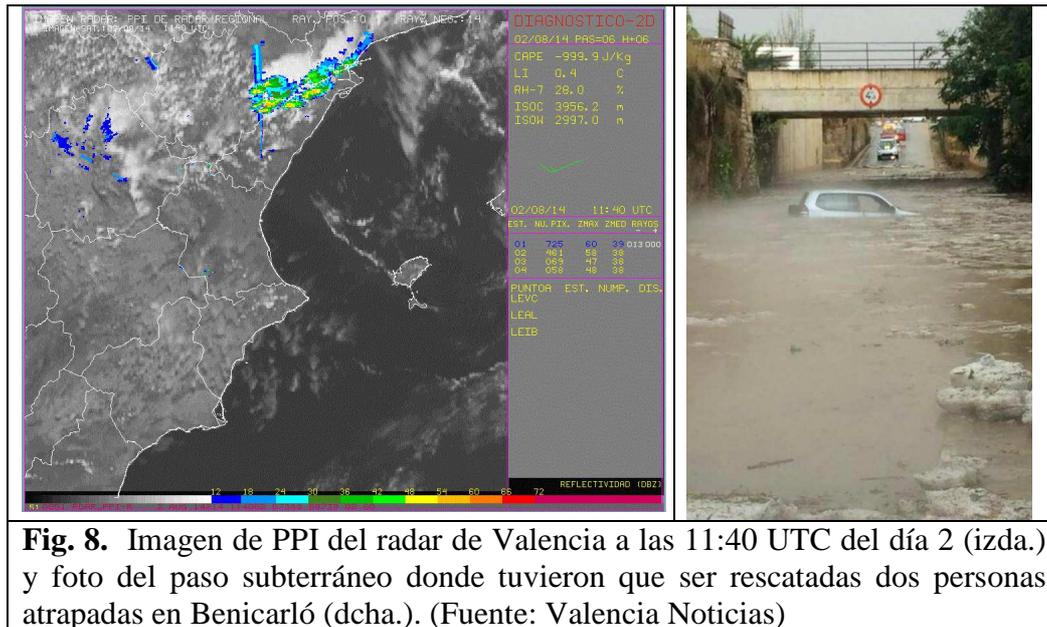


Fig. 8. Imagen de PPI del radar de Valencia a las 11:40 UTC del día 2 (izda.) y foto del paso subterráneo donde tuvieron que ser rescatadas dos personas atrapadas en Benicarló (dcha.). (Fuente: Valencia Noticias)

6. Inundaciones en Llorac y Conesa

El episodio de tormentas tuvo especial incidencia en Cataluña el día 2 de agosto en el norte de la comarca de la Conca de Barberà (prelitoral de Tarragona), donde se registraron 164 mm/6h en la localidad de Llorac (de los cuales 94 mm en 1 hora), y 106 mm en Savalla del Comtat. Se produjeron crecidas repentinas en torrentes y ramblas, y graves inundaciones locales (*flash floods*), afectando especialmente a la localidad de Conesa (200 mm en 2 horas, Fig. 9) donde 5 coches y varios puestos de un mercadillo fueron arrastrados. Las elevadas acumulaciones se debieron a una superposición de factores en el espacio y el tiempo: una elevada intensidad de la precipitación y la estacionariedad del fenómeno.

Las primeras células convectivas surgían a las 10 UTC, alcanzando su máxima intensidad las precipitaciones a las 14 UTC. La formación de tormentas se dio a lo largo de la misma línea de convergencia que originó las del norte de Castellón. Se produjo un sistema multicelular casi estacionario entre Conesa y Llorac entre las 12 UTC y las 17 UTC (5 horas). La orografía compleja de la zona seguramente favoreció la existencia de zonas de convergencia mesoscalares. La estacionariedad de dicho sistema se debió a que la generación de nuevas células se fue produciendo en sentido opuesto a la dirección de propagación, puesto que el viento que se estableció en superficie era del ENE, contrario al viento rector. De este modo, varias células convectivas de fuerte intensidad se fueron originando al oeste/suroeste, cruzando sucesivamente las zonas de Conesa y Llorac (efecto de tren convectivo).

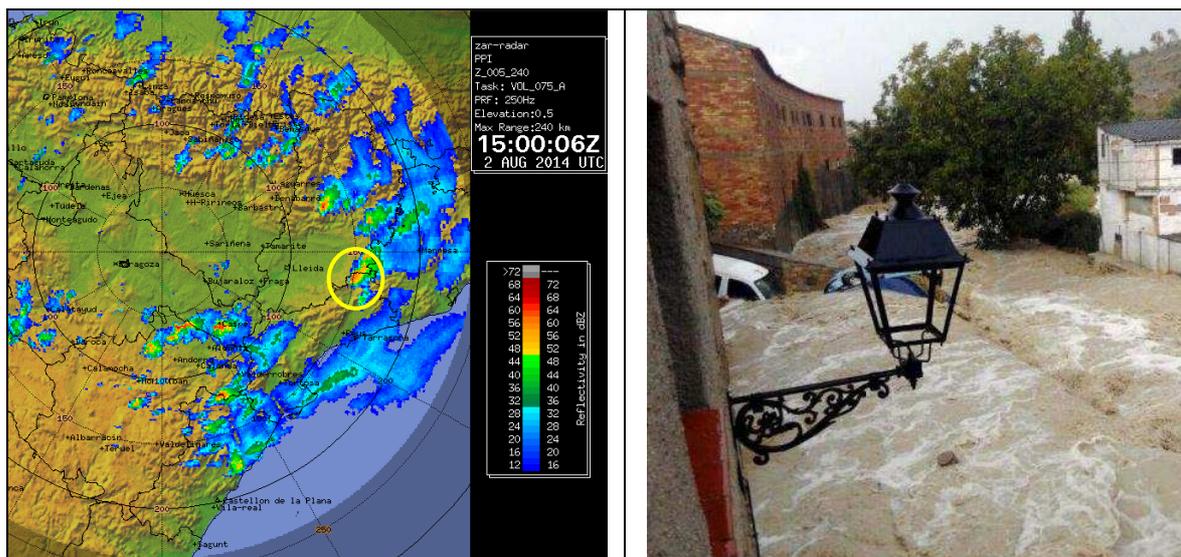


Fig. 9. Imagen de PPI del radar de Zaragoza a las 13:30 UTC del día 2 (izda.) y foto de la riada en Conesa (dcha.). (Fuente: Conesa Bellesa)

7. Conclusiones

El paso de una vaguada atlántica (de geopotencial y temperatura) con un frente frío en altura el 1 y 2 de agosto fue capaz, en dicha época del año, de desarrollar convección profunda en una amplia área del nordeste peninsular.

El grado de organización de la convección desarrollada fue muy variado, desde células ordinarias aisladas hasta supercélulas y SCM.

Las estructuras organizadas dieron lugar a diversos fenómenos severos en superficie: precipitaciones fuertes o muy fuertes, pedrisco y rachas fuertes de viento, además de un elevado número de rayos durante los dos días.

Las células con un grado menor de organización pero estacionarias o recurrentes fueron las que generaron chubascos de elevada intensidad y *flash floods*.

El paso de la gran vaguada y el frente frío asociado en niveles altos, combinado con factores mesoescalares como el paso de ondas cortas embebidas y zonas de convergencia en niveles bajos, dio lugar a la convección profunda e incluso severa. El complejo relieve de la zona, la relativa cercanía al mar y la altitud jugaron también un papel relevante en el disparo de la convección en el interior de Castellón y el norte de Tarragona.

8. Bibliografía

Álvarez, E., Espejo, F., Cortés, F. J., Lafragüeta, C. y R. Serrano, 2011. Caracterización sinóptica de los procesos convectivos en el interior del nordeste peninsular. Nota Técnica nº 3 de la Delegación Territorial en Aragón. Agencia estatal de Meteorología. NIPO: 784-11-008-8.