

Tormentas del día 6 de julio de 2023 en la comarca del Bajo Aragón (Teruel)

ISMAEL SANAMBROSIO BEIRÁN, ARCADIO BLASCO LOUREIRO Y MARÍA JOSÉ MARTÍN GARCÍA, AEMET ARAGÓN

Durante el día 6 de julio de 2023 la situación sinóptica descrita fue favorable al desarrollo de fenómenos convectivos en zonas del N y del NE de la península ibérica. Entre las 11:30 y las 15:30 UTC (13:30 y 17:30 horas locales) una estructura convectiva de carácter supercelular afectó a una serie de comarcas de Aragón. Se trata de una estructura convectiva con intensos parámetros radar, con un alto grado de organización y con una alta probabilidad de provocar en superficie fenómenos adversos o muy adversos, como pueden ser: intensidad de precipitación fuerte o muy fuerte (entre 15 y 60 mm/h), rachas de viento muy fuertes (entre 71 y 120 km/h) incluso huracanadas (más de 120 km/h) asociadas a las intensas corrientes descendentes de aire que se desarrollan en su interior, tornados, así como granizo e incluso granizo severo (de más de 2 cm de diámetro).

Análisis general de la situación meteorológica

NIVELES MEDIOS Y ALTOS:

A las 12 UTC del día 06/07/23 se puede apreciar una circulación del SO sobre la península ibérica, con un máximo de viento de unos 85 kt situado prácticamente en la diagonal de la misma. Al O se sitúa una zona de bajos geopotenciales en el seno de una masa fría de origen polar con una estructura compleja, que abarca gran parte de Europa occidental hasta Islandia, bajando por el Atlántico Norte hasta Madeira y enlazando por el O peninsular. Se pueden apreciar varias vaguadas, destacando por su proximidad y por su repercusión aquella cuyo centro (núcleo frío a -15°C) se encuentra en el extremo noroccidental de Galicia. Más hacia el S, al noroeste de Madeira, hay otro vórtice que se desplaza hacia el NE, y que alcanzará la Península en las próximas horas. Corriente abajo del chorro se sitúa una extensa dorsal sobre el Mediterráneo y norte de África que lleva asociada una masa más cálida y húmeda de origen subtropical, afectando también a las islas Canarias, inmersas en un flujo del SO con una banda seca que atraviesa la mitad occidental del archipiélago.

NIVELES BAJOS:

En superficie a las 12 UTC, figura 1, se encuentra el anticiclón de las Azores centrado al SO de dicho archipiélago, adentrándose en forma de cuña en la Península desde el noroeste por el Cantábrico hacia Pirineos. Con el calentamiento diurno se habían desarrollado bajas presiones relativas en el interior y sur peninsular. Esta configuración genera una zona de convergencias en

el cuadrante NE, donde confluye un flujo seco y cálido del O y SO con otro del E y SE que remonta el valle del Ebro desde el Mediterráneo, aportando humedad. En latitudes más altas, un conjunto de borrascas se desplazan desde el O por el Atlántico norte, desviándose hacia el NE debido a la presencia de una amplia zona de altas presiones que se extiende por Centroeuropa y el Mediterráneo.

Condiciones meteorológicas en la zona de estudio

En las horas centrales del día 06/07/23 se desarrolla un marcado calentamiento diurno y, como consecuencia de ello, una baja térmica que abarca gran parte de la Pení-

sula. Esta configuración genera la entrada de un flujo mediterráneo y convergencias en fronteras orográficas del cuadrante NE, principalmente en el sistema Ibérico, donde se inician las tormentas que, posteriormente, se desplazan hacia zonas del valle del Ebro, guiadas por el flujo del SO en niveles medios. En la figura 2 se muestra el mapa de viento en superficie según el modelo HARMONIE-AROME V43 en la pasada de las 12 UTC del día 06/07/23. Se resaltan con un color más intenso las zonas de convergencias más marcadas entre los citados flujos: uno seco y cálido del SO y NO y otro del SE, cálido y con un aporte de humedad importante. El incremento en la humedad debido a la entrada del flujo mediterráneo queda patente en la figura 3, donde se muestra el análisis de las 12

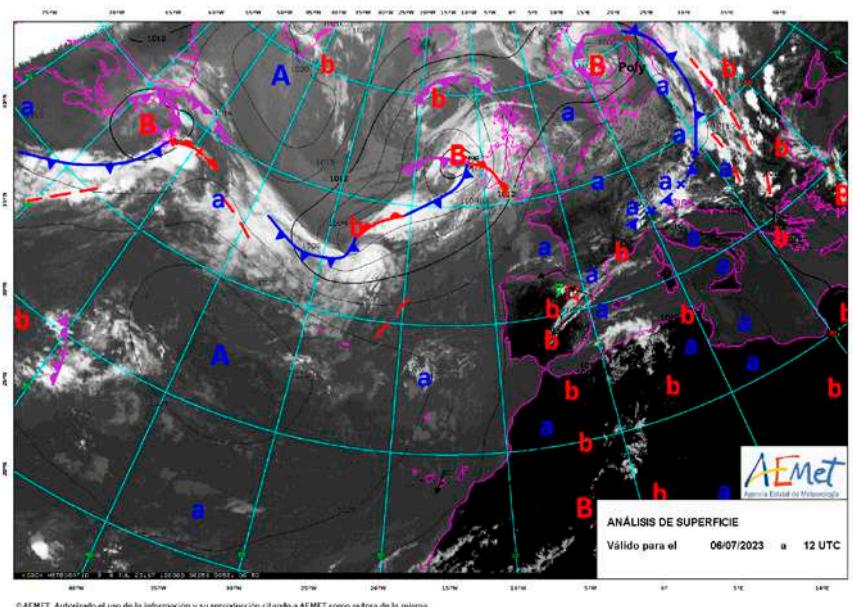


Figura 1. Análisis de superficie junto con la imagen HRVIS del satélite MSG para las 12 UTC del día 6 de julio de 2023.

HARMONIE-AROME v43 06-07-2023 12Z Previsto para el jue. 6 a las 12Z

Viento en superficie

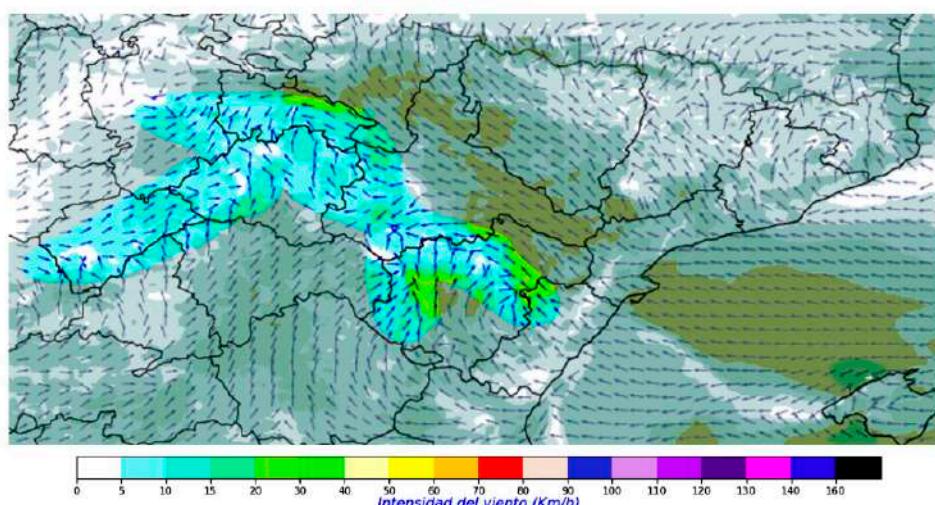


Figura 2. Viento en superficie del análisis de las 12 UTC del HARMONIE-AROME V43 del día 06/07/2023 con realce cromático de las zonas de convergencia.

UTC del HARMONIE-AROME V43, respectivamente, de la humedad relativa a 2 m (izq.) y agua precipitable total (dcha.). En los mapas de humedad a 2 m es donde mejor se aprecia el diferente carácter de las dos masas de aire. También se observa cómo el límite entre las dos masas y la distribución del contenido de agua precipitable viene determinado principalmente por los obstáculos orográficos que rigen la entrada del flujo mediterráneo.

Pasamos ahora a analizar algunos parámetros convectivos.

El MCAPE indica la cantidad de energía potencial disponible cuando una burbuja de aire asciende libremente a partir del NCL (nivel de convección libre, nivel a partir del cual la burbuja está más caliente que el entorno) cuando se calcula para la burbuja más inestable. En la figura 4 se muestra el MCAPE a las 12, según la pasada de las 12 UTC de ese día del modelo HARMONIE-AROME V43.

Se puede apreciar como a las 12 UTC la inestabilidad es muy elevada en la provincia de Zaragoza y noreste de Teruel, con un MCAPE por encima de 1500 J/kg. Seis horas más tarde, la inestabilidad disminuye en el entorno del valle del Ebro y en zonas del N de Aragón debido al enfriamiento en superficie provocado por la precipitación. Sin embargo, la provincia de Teruel sigue manteniendo unos valores de MCAPE muy elevados, salvo en el extremo occidental, lo que favorece que continúe la actividad convectiva.

La cizalladura vertical del viento favorece la organización de las tormentas, ya que puede modular el ascenso generado por la expansión de una bolsa de aire frío (como el de un frente de racha), influir en la capacidad de una corriente ascendente para desarrollar rotación o en la forma-

HARM (0.025°) 20230706 a 12 UTC. H+000. Validez: jueves, 6 de julio de 2023, a 12 UTC. Humedad relativa a 2 m. Unidades: %.

HARM (0.025°) 20230706 a 12 UTC. H+000. Validez: jueves, 6 de julio de 2023, a 12 UTC. Agua precipitable total (desde la superficie hasta el nivel de 300 hPa). Unidades: mm.

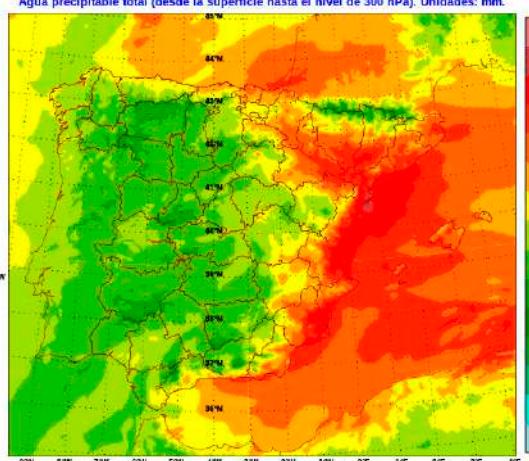
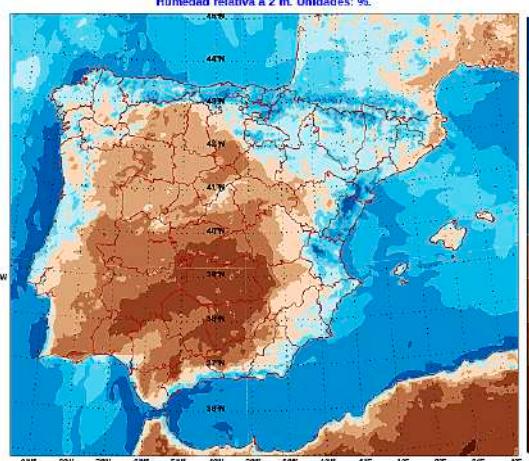


Figura 3. Análisis de las 12 UTC del HARMONIE-AROME V43 del día 06/07/2023 donde se representa la humedad relativa a 2m (izq.) y el agua precipitable total (dcha.).

HARM (0.025°) 20230706 a 12 UTC. H+000. Validez: jueves, 6 de julio de 2023, a 12 UTC. MCAPE bajo el nivel de 350 hPa (sombreado). Unidades: J/kg.

Altura de la burbuja más inestable (rayado en verde, sobre 1500 m; en naranja, sobre 3000 m).

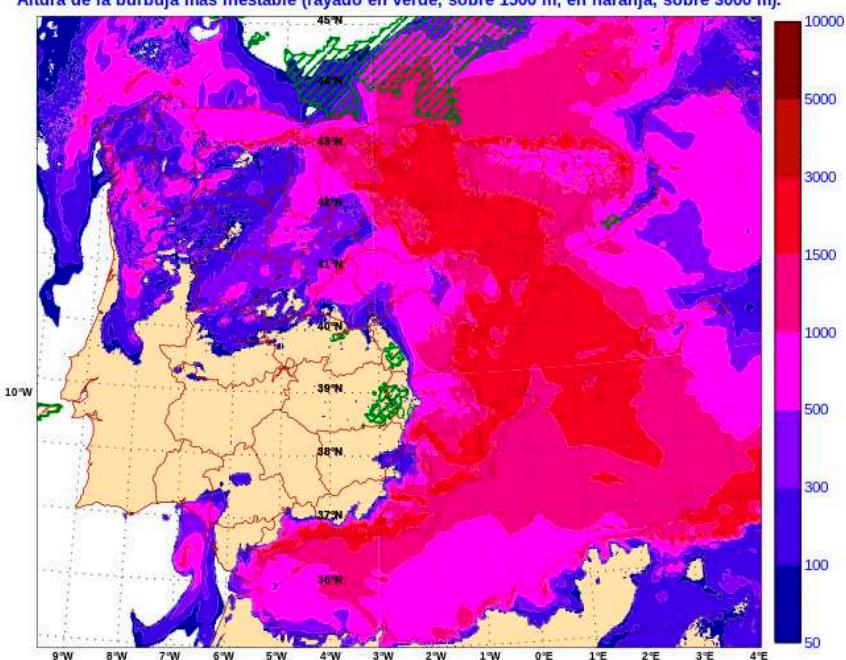


Figura 4. Análisis de las 12 UTC del HARMONIE-AROME V43 del día 06/07/2023 con el MCAPE.

Tormentas del día 6 de julio de 2023 en la comarca del Bajo Aragón (Teruel)

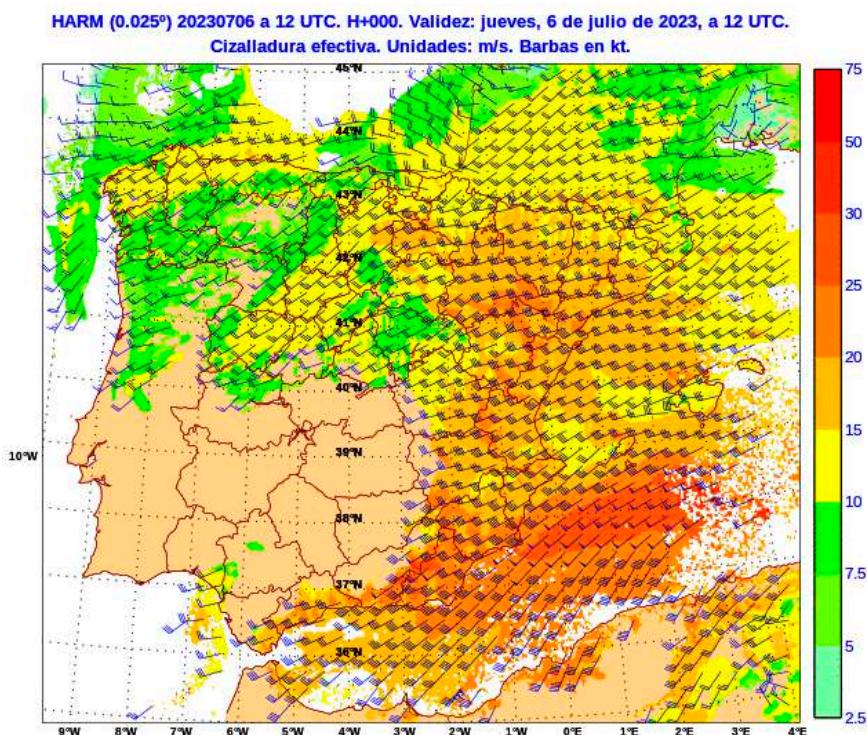


Figura 5. Análisis de las 12 UTC del HARMONIE-AROME V43 del día 06/07/2023 donde se representa la CIZE.

ción y evolución de sistemas convectivos de mesoscala. Los ingredientes idóneos para la formación de supercélulas son un ambiente muy inestable y una elevada cizalladura en los primeros 6 kilómetros de la atmósfera. En la figura 5 se muestra la cizalladura efectiva vertical unidireccio-

nal del viento (CIZE) calculada en la capa inestable, del análisis de las 12 UTC del HARMONIE-AROME V43. Los valores son muy elevados: a las 12 UTC se encuentran entre los 15 y 20 m/s en la provincia de Zaragoza y en casi toda la provincia de Teruel, aunque hay una zona que coincide

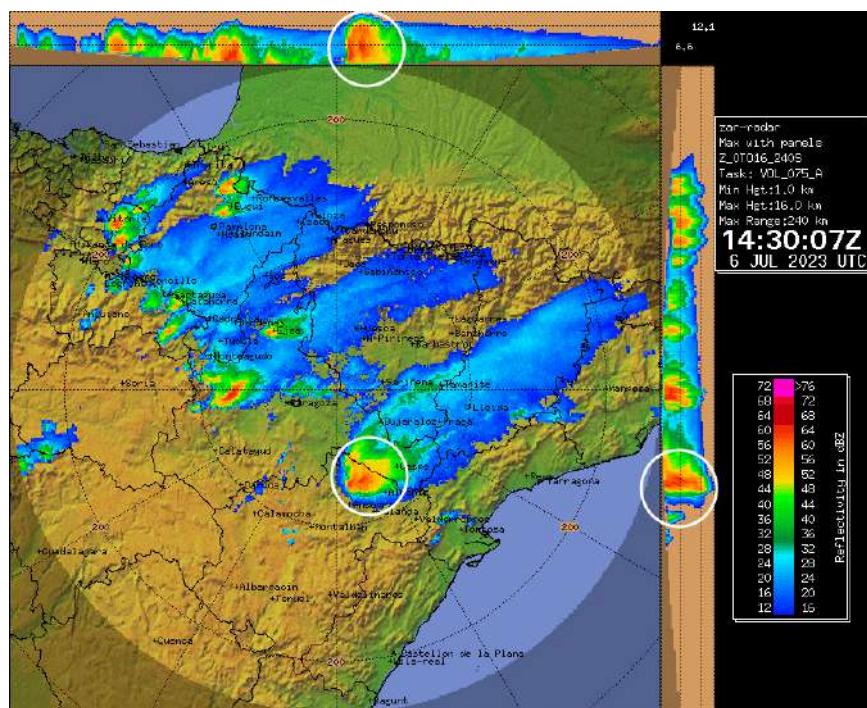


Figura 6. Imagen combinada de Máximos de Reflectividad en paneles, del radar de Zaragoza del día 6 de julio de 2023 a las 12:40 UTC. Se resalta con círculos blancos el desarrollo convectivo en proceso de *storm splitting*.

con la frontera entre las dos provincias en la que este valor supera los 20 m/s.

Resumiendo lo expuesto hasta ahora, si se tienen en cuenta los valores de CAPE, cizalladura y otros parámetros convectivos que no se presentan en el informe, en las zonas de la Ribera del Ebro y Bajo Aragón, estamos ante un entorno meteorológico favorable a la formación de estructuras convectivas altamente organizadas que podrían ser de tipo supercélular.

Para describir y caracterizar con mayor detalle las estructuras convectivas que afectaron a la zona de estudio se van a analizar los datos del radar de Zaragoza. Lo primero que se puede destacar es la presencia en el SO de la provincia de Zaragoza de un proceso de *storm splitting* (proceso de división de células convectivas), que se aprecia en la imagen combinada de máximos de reflectividad (figura 6), donde se pueden ver las dos estructuras convectivas que se acaban de separar, ambas con un gran desarrollo vertical y altos valores de reflectividad, mayores en la célula situada más al S que se mueve hacia la derecha, en dirección O-E. En esta imagen se ha resaltado con círculos de color blanco, el marcado grado de organización de ambas células, con altas reflectividades hasta niveles altos y una estructura claramente inclinada en la vertical.

Las estructuras convectivas descritas después de su rápido desarrollo, se mantienen muy activas y con parámetros radar que ponen de manifiesto su alto grado de intensidad. En concreto la célula situada al S mantiene su desplazamiento hacia el E, afectando a las áreas próximas a los límites entre la Comarca Central de Zaragoza, Campo de Cariñena, Campo de Belchite, para adentrarse posteriormente en las comarcas turolenses del Bajo Martín y Bajo Aragón, manteniendo en todo momento valores muy intensos de reflectividad y gran desarrollo vertical que alcanza más de 14 o 16 km. Más adelante, en la imagen de reflectividad de rango corto de las 14:36 UTC (figura 7) se aprecian los intensos valores de reflectividad y el marcado patrón en "V-notch" de esta supercélula que se desplaza ya por la comarca del Bajo Martín en la provincia de Teruel. En la imagen de Ecotop, figura 8, se puede ver que mantiene su gran desarrollo vertical que alcanza más de 14 o 16 km. En la imagen de VIL y en la imagen combinada de máximos de reflectividad (figuras 9 y 10) se pueden ver cómo esta estructura con-

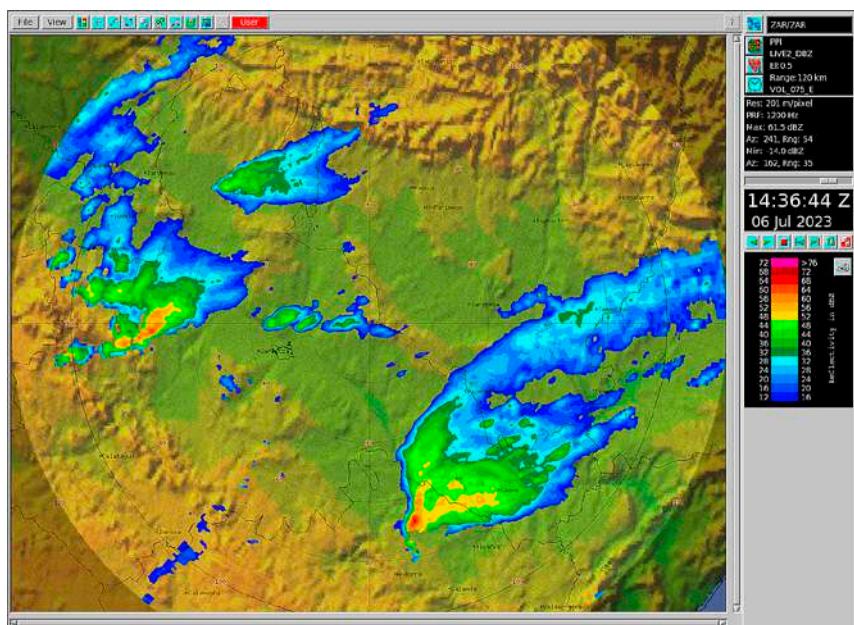


Figura 7. Imagen de reflectividad de rango corto del radar de Zaragoza correspondiente al día 6 de julio de 2023 a las 14:36 UTC (imagen cortesía de David Momblona).

vectiva mantiene este marcado desarrollo vertical con un alto grado de organización, resaltando la gran extensión horizontal con más de 32 l/m^2 de valores de VIL. Se puede ver también un corte vertical de esta célula (figura 11) en el que se pueden apreciar claros patrones, como la Región de Eco Débil Acotado (REDA) o la Zona Abalconada (ZB) que son característicos de estructuras supercelulares.

En la tabla 1 se muestran los valores de rachas máximas de viento registrados en las Estaciones Meteorológicas Automáticas de AEMET en Andorra (Teruel) y en sus proximidades. En todas ellas las racha máxima de viento (RACHA en km/h) son muy fuertes (valores por encima de 70 km/h) o están próximas a este valor. En el caso de Andorra, la racha que figura en esta tabla se produjo a las 18:50 UTC, ocasionada por otra estructura convectiva, aunque al paso de la supercélula estudiada, en el intervalo de tiempo entre las 16:00 y las 17:00 locales (14:00 y 15:00 UTC) se registró también una racha de viento, algo inferior a esta, que alcanzó los 62.0 km/h.

Conclusiones

Durante el día 6 de julio de 2023 la situación sinóptica descrita era favorable al desarrollo de fenómenos convectivos en zonas del N y del NE de la península ibérica, en especial durante las primeras horas de la tarde se instala en grandes áreas del NE peninsular una región de gran inestabilidad. La configuración específica de estos valores máximos de inestabilidad, de un importante flujo del S o del SE en áreas del Valle del Ebro con marcadas zonas de convergencia en las zonas de mayor orografía y una marcada cizalladura vertical del viento tuvo como consecuencia que durante las primeras horas de la tarde se desarrollase convección de mucha intensidad y con un alto grado de organización desplazándose de O a E a lo largo de esta zona.

Por medio de las imágenes del radar de Zaragoza se comprueba que entre las 11:30 y las 15:30 UTC (13:30 y 17:30 horas locales) una estructura convectiva de carácter supercelular, altamente organizada

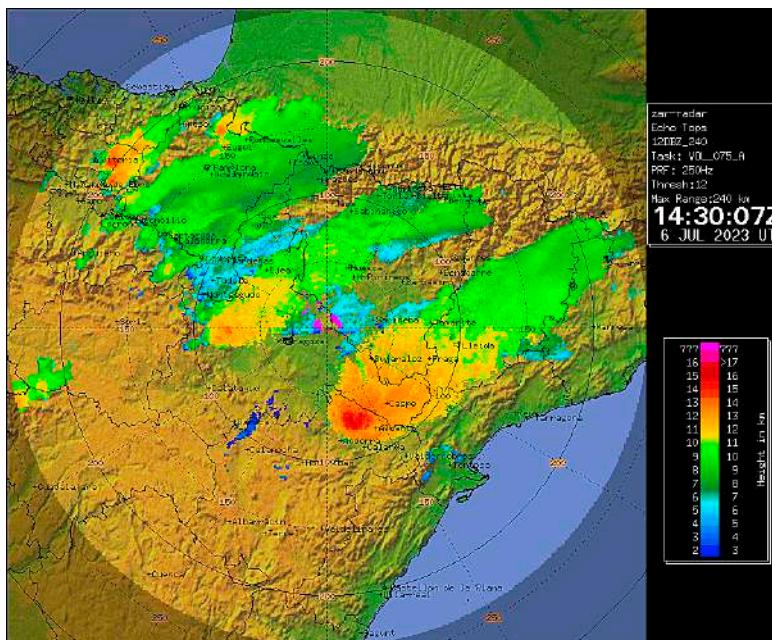


Figura 8. Imagen de Ecotop del radar de Zaragoza correspondiente al día 6 de julio de 2023 a las 14:30 UTC.

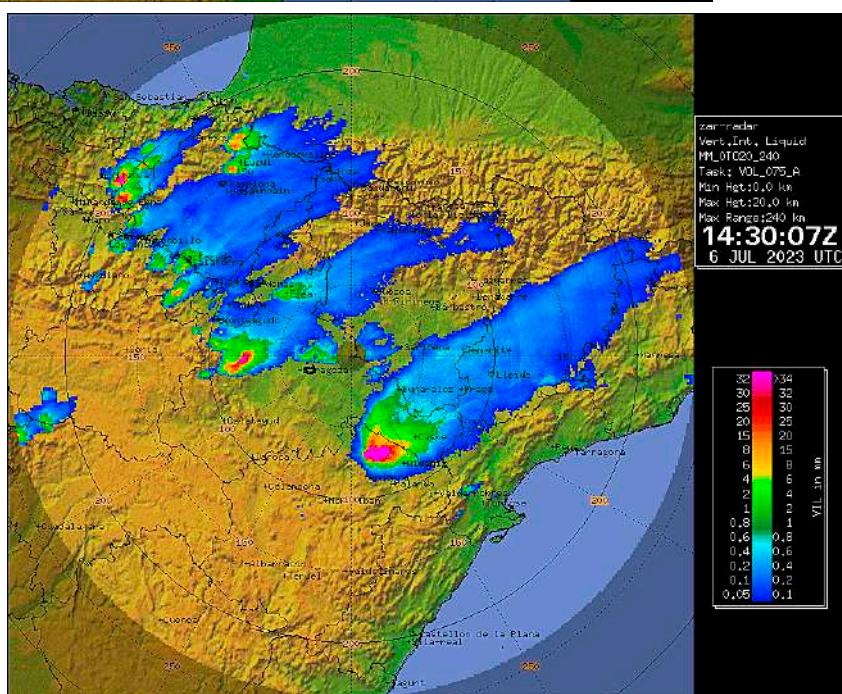


Figura 9. Imagen de VIL (Vertically Integrated Liquid) del radar de Zaragoza correspondiente al día 6 de julio de 2023 a las 14:30 UTC.

Tormentas del día 6 de julio de 2023 en la comarca del Bajo Aragón (Teruel)

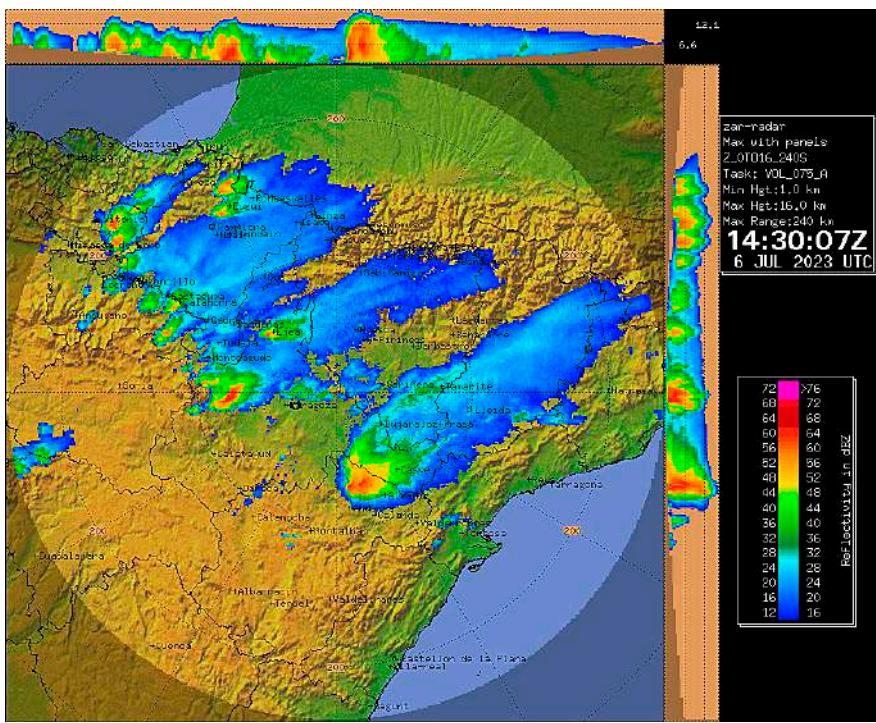


Figura 10. Imagen combinada de Máximos de Reflectividad en paneles, del radar de Zaragoza del día 6 de julio de 2023 a las 14:30 UTC. Se resalta con círculos blancos el desarrollo convectivo ciclónico del *storm splitting*, situado ya en la comarca del Bajo Martín, en el N de la provincia de Teruel.

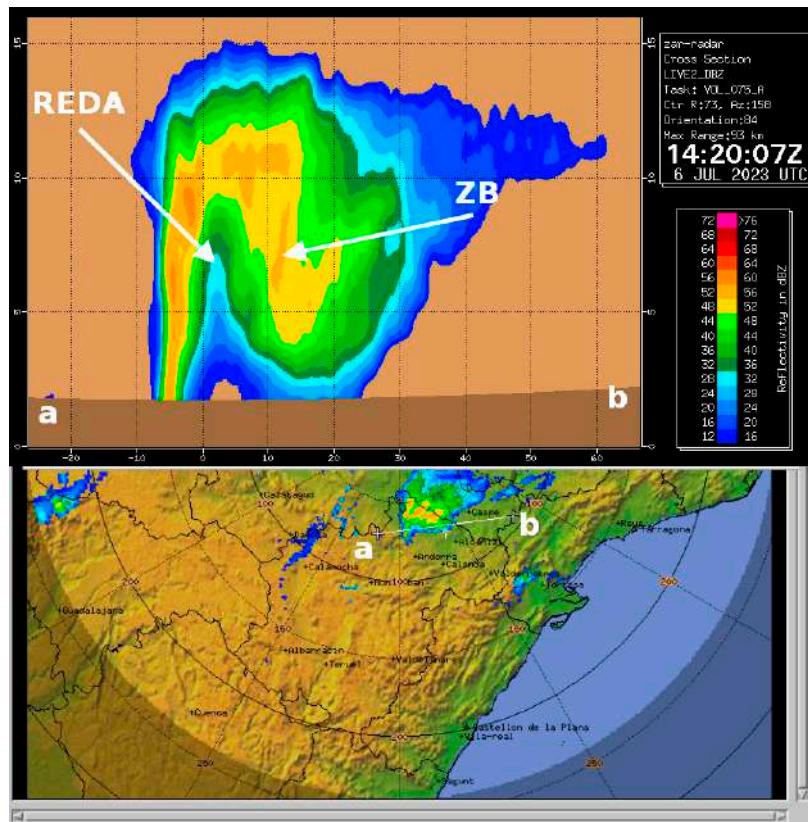


Figura 11. Corte vertical (desde la posición "a" hasta la posición "b") del Volumen de datos de reflectividad de la célula ciclónica proveniente del *storm splitting* del día 6 de julio de 2023 a las 14:20 UTC. Se destaca la Región de Eco Diblé Acotado (REDA) y la zona Abalconada (ZB) característicos de una supercélula.

y que provenía de un proceso de *storm splitting* (proceso de división de células convectivas) afectó a las siguientes comarcas de Aragón: Comunidad de Calatayud, Valdejalón, Campo de Cariñena, Comarca Central de Zaragoza, Campo de Belchite, Bajo Martín, Bajo Aragón, Bajo Aragón-Caspe y Matarraña. Se trata de una estructura convectiva con intensos parámetros radar y con un alto grado de organización lo que supone una alta probabilidad de provocar en superficie fenómenos adversos o muy adversos, como pueden ser intensidad de precipitación fuerte o muy fuerte (entre 15 y 60 mm/h), rachas de viento muy fuertes (entre 71 y 120 km/h) incluso huracanadas (más de 120 km/h) asociadas a las intensas corrientes descendentes de aire que se desarrollan en su interior, tornados, así como granizo e incluso granizo severo (de más de 2 cm de diámetro).

Por otro lado, la mayor parte de los datos registrados en las Estaciones Meteorológicas Automáticas (las EMA) de AEMET en el entorno del Bajo Aragón de la provincia de Teruel, ver la tabla 1, entran dentro de la categoría de vientos muy fuertes. El hecho de que en la EMA de Andorra no se hayan registrado rachas de viento especialmente intensas hay que valorarlo teniendo en cuenta que es un hecho contrastado que en situaciones de convección de cierta intensidad, se producen grandes diferencias en la intensidad de los fenómenos en superficie en distancias muy cortas. Por este motivo no se puede descartar que en determinados puntos del área afectada por la célula convectiva analizada se pudiesen haber producido vientos y precipitaciones más fuertes que los que se han registrado en las EMA, así como granizo severo, e incluso algún tornado.

En base a estas últimas consideraciones, a los datos registrados y a las imágenes de radar relativas a la tormenta de carácter supercelular que afectó a la zona estudiada, se puede concluir que se dispone de numerosas evidencias compatibles y consistentes con los datos aportados como para afirmar que en diferentes puntos situados en el entorno de la comarca del Bajo Aragón (Teruel), entre las 16:00 y las 17:00, hora local, de la tarde del día 6 de Julio de 2023 se pudieron producir rachas de viento muy fuertes que pudieron ser superiores a 90 km/h, y puntualmente superiores a 120 km/h, así como otros fenómenos severos como granizo de diámetro superior a 2 cm e incluso algún tornado.

NOMBRE	INDICATIVO	RACHA	HRACHA
ALCAÑÍZ (TERUEL)	9573X	95.0	15:10
HIJAR (TERUEL)	9546B	71.6	14:40
ANDORRA (TERUEL)	9550C	66.6	18:50
CALANDA (TERUEL)	9569A	70.9	15:00

Tabla 1: Valores de rachas máximas de viento (km/h) registrados en las EMA de AEMET situadas en las proximidades de Andorra (Teruel) el día 6 de julio de 2023.