

ESTUDIO DE UNA CICLOGÉNESIS RÁPIDA MEDITERRÁNEA, CATALUÑA 10 DE JUNIO DE 2000. PARTE 2: ESTUDIO MESOESCALAR

Montserrat Aran Roura
José Manuel López Pérez

GPV del CMT en Cataluña. INM

RESUMEN

Durante los días 9 y 10 de junio de 2000, en que la mitad oriental de la península Ibérica se vio afectada por una intensa actividad convectiva, un conjunto de tormentas se organizó en varias estructuras lineales y sistemas convectivos cuasiestacionarios que afectaron, fundamentalmente, a las provincias de Tarragona y Barcelona. En este trabajo se describe la evolución de las precipitaciones a partir de los datos de varias redes de observación y del radar meteorológico. Se analizan las estructuras convectivas mediante los datos de teledetección (imágenes de satélite, radar y descargas eléctricas) y el marco mesoescalar en que se desarrollaron las tormentas.

1. Introducción

El estudio de la evolución mesoescalar se realizará mediante el análisis PAMIS, los datos procedentes de sistemas de detección (radar, satélite, red de descargas eléctricas) y de los datos proporcionados por las estaciones automáticas. En primer lugar, describiremos el marco geográfico donde tuvieron lugar las inundaciones y analizaremos la distribución de las precipitaciones. Posteriormente se analizarán los datos de teledetección: con las imágenes del canal del IR del Meteosat se describirá la formación temporal y espacial de una serie de sistemas convectivos que posteriormente, con la red de descargas y las imágenes radar, obtendremos un detalle más preciso de las estructuras de los núcleos de tormentas que los configuran.

En esta situación aunque las particularidades de la mesoescala fueron decisivas en la focalización de las lluvias torrenciales sobre el macizo de Montserrat, serán los procesos dinámicos de escala sinóptica los máximos responsables (López, J.M, y Aran, M.).

2. Marco geográfico y análisis de la precipitación

Las sierras del prelitoral de Cataluña, entre ellas els Ports de Besseit, Montsant, Montserrat, St. Llorenç, Montseny (Figura 1) resultan ser un factor decisivo para el anclaje de sistemas convectivos (Alforja....).

En el macizo de Montserrat el núcleo convectivo estuvo casi estacionario unas dos horas y las intensidades de precipitación fueron torrenciales (129 mm/h en la estación del monasterio de Montserrat). Las precipitaciones afectaron a toda Cataluña (Figura 2) pero las más importantes tuvieron lugar en el sur de Tarragona (comarca de la Terra Alta, 115 mm) y la de la sierra de Montserrat y alrededores (entre 100 y 219 mm).



Figura 1:Relieve de Cataluña.

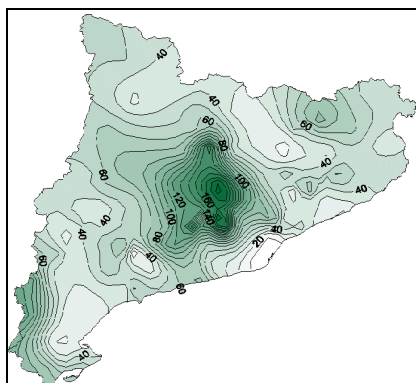


Figura 2: Precipitación acumulada en 24h desde las 7 Z del día 9 hasta las 7 Z del día 10.

En las comarcas de Barcelona, las precipitaciones más importantes tuvieron lugar en Bages y en el límite con la del Anòia y Baix Llobregat. En la zona montañosa se recogieron más de 200 mm, y en los valles del río Llobregat y Anòia entre 110 y 150 mm. El relieve del Bages se caracteriza por la presencia de varias sierras orientadas de tal manera que encierran el valle del Llobregat. Solamente está abierta al S por el cauce del río Llobregat entre la sierra de Montserrat y la del Obac (Sant Llorenç), al N por el mismo cauce del río, al NNW por uno de sus afluentes el Cardener y al NNE por la Gavarresa. En el flanco sur de la comarca, el paso es muy estrecho favoreciendo la canalización de los vientos del SE y S.

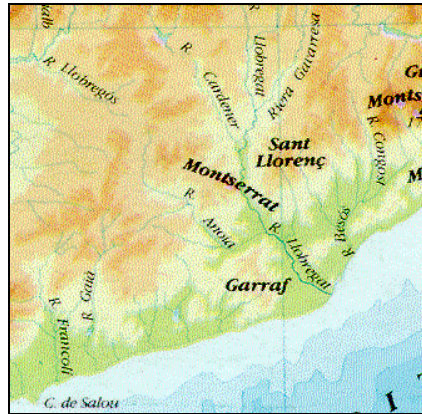


Figura 3. Relieve de la zona ampliada

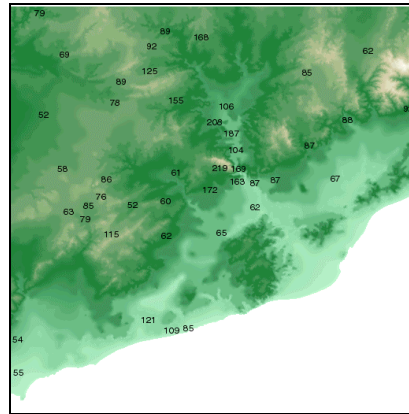


Figura 4: igual que figura 2 (ploteo)

3. Análisis Objetivos

La formación de la baja en superficie tiene lugar en el período entre las 18z y 24z del día 9. Horas previas, 12z (figura 5), en el primer cuadrante de la península hay un seno de bajas presiones de 1010 hPa, pero haciendo un reanálisis del mapa de superficie (no mostrado) hay una baja relativa de 1006 hPa en las Bárdenas Reales (1005,9 hPa). A las 18 z, la caída de presión en el litoral valenciano es de unos 4 hPa y en los análisis ya se configura una baja cerrada de 1008 hPa. Esta baja se va trasladando hacia el NE para situarse a las 0z frente a la mitad sur del litoral de Cataluña; el análisis objetivo cierra un núcleo de 1008 hPa en el mar aunque realizando un reanálisis subjetivo el núcleo es de 1006 hPa, en la estación de Reus se registra la presión de 1005,3 hPa. A las 6z, la baja está frente Barcelona con un núcleo de 1004 hPa. A las 05z se produce la máxima profundización de la baja según los datos de presiones de las EMAS (figura 6). Aunque no se muestran los análisis, a las 12 z la baja se rellena (núcleo de 1008 hPa) y se sitúa frente el litoral norte de Barcelona y a las 18 z se ha desplazado al N de Menorca.

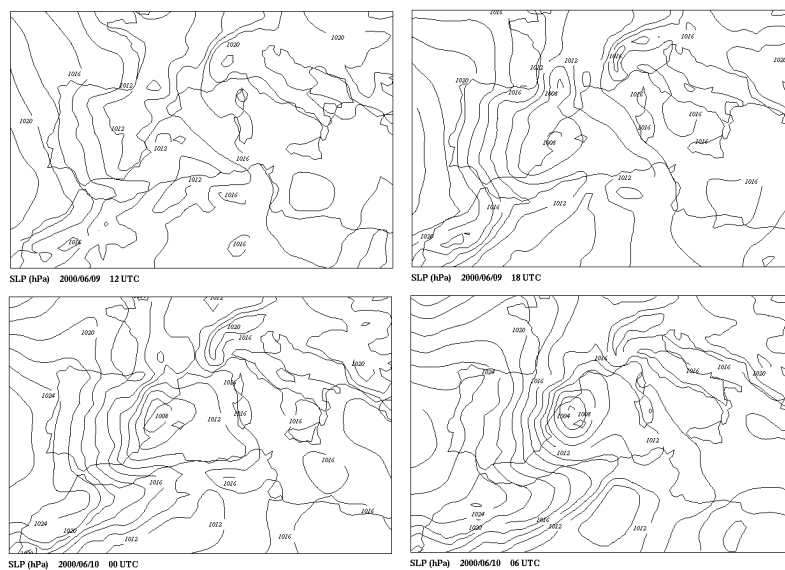


Figura 5: Análisis objetivo PAMIS, 12 y 18 z del día 9 y, 0 y 6 z del día 10.

4. Estaciones Automáticas (EMAS) y pluviógrafos

El estudio de la evolución temporal de la presión, el viento, precipitación, temperatura y humedad nos proporciona un detalle de la evolución de la baja y su probable situación, así como del tipo e intensidad de la precipitación.

La gráfica de la presión (Figura 6) de distintas estaciones en la zona del litoral nos muestra un descenso gradual a partir de del mediodía y mucho más acusado a partir de media noche, alcanzando un mínimo alrededor de las 4 Z (algo más tarde en las estaciones situadas más al norte de Barcelona, Arenys de Mar y Castelló d'Empuries). En las comarcas del sur de Tarragona, el paso de una línea de tormentas provocó precipitaciones importantes y un descenso acusado de la temperatura, 5°C en Reus entre las 0 y 2 Z. La formación de una mesoalta tras el desplome de esta masa fría se vio impedida por el descenso de presión asociado a la ciclogénesis que tenía lugar en el litoral norte de Valencia y sur de Cataluña.

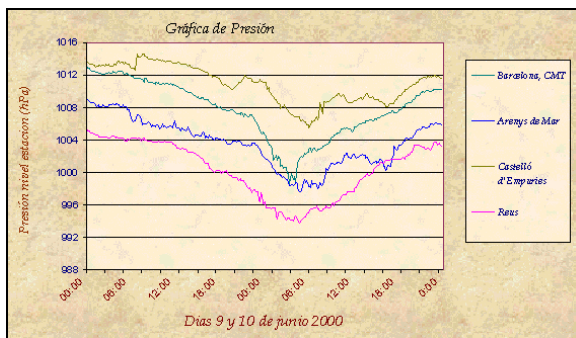


Figura 6: Evolución de la presión en 4 estaciones.

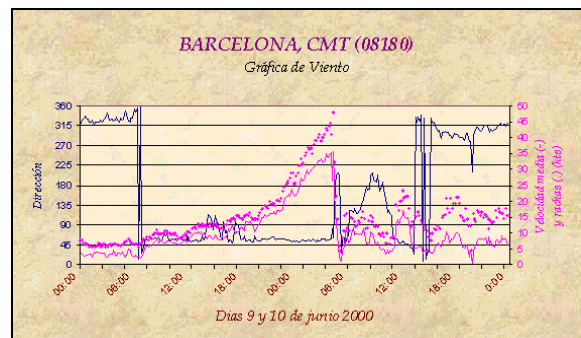


Figura 7: Viento en CMT de Barcelona

Los vientos en litoral catalán fueron del este-sureste desde el mediodía del día 9 hasta la madrugada del día 10. En las comarcas del sur de Tarragona a partir de medianoche gira a NW de 20 km/h con rachas de 40, se intensifica el SE al norte (figura 7) dando lugar a una zona de convergencia importante en el litoral norte de Tarragona y sur de Barcelona. A partir de las 2 Z, el viento cambia en las comarcas del interior de Barcelona, en la estación de Manresa (zona de las inundaciones) el viento que inicialmente era del NE sostenido de 16 km/h pasa a ser de dirección variable y muy racheado (racha máxima SE 68,4 km/h a las 2:24 Z). En cambio en el litoral de Barcelona el viento continúa intensificándose alcanzando el máximo cerca de las 5z con vientos de 60 km/h y rachas de 90 km/h (figura 7).

Aunque no se va a mostrar la evolución de la temperatura, sí que es interesante comentar que el descenso tuvo lugar tras los primeros chubascos, entre las 0 y 2 Z horas. El colaborador de la estación de Montserrat relata: "... la pluja va començar a 1/4 de 3 (0:15 Z) de la matinada i d'una manera suau fins a les 4 (2 Z), moment que, després d'una devallada sobtada de 6 graus, esdevé ja intensa..." (Oranias, R.) En las EMAS del litoral de Barcelona no hay un descenso acusado de la temperatura hasta que la baja se desplaza hacia el NE y entra el viento del NW.

La evolución espacial de la precipitación se comentará con los datos radar pues en las EMAS no llovió de manera importante. El relato del colaborador de Montserrat nos aporta el momento en que se iniciaron las lluvias torrenciales: "... aconseguí el seu punt màxim entre 3:45 Z i 4:30 Z (100 l/m², en 3/4 d'hora...". La evolución temporal en la zona de mayor precipitación se obtiene de los registros de pluviógrafos de la estación del monasterio Montserrat y de Manresa "La Culla" separadas sólo 15 km. En la figura 8 podemos ver que en Montserrat las precipitaciones intensas se mantuvieron durante 3 horas, en Manresa empezó a ser intensa dos horas después y tuvo más altibajos pero en el total del día se recogió más lluvia. Con una distribución de intensidad de precipitación de estas características se puede inferir que en la zona de la sierra de Montserrat el sistema convectivo estuvo anclado y descargando durante más de 2 horas. En cambio en Manresa pasaron distintas células convectivas. Un estudio más detallado nos lo proporcionará el radar.

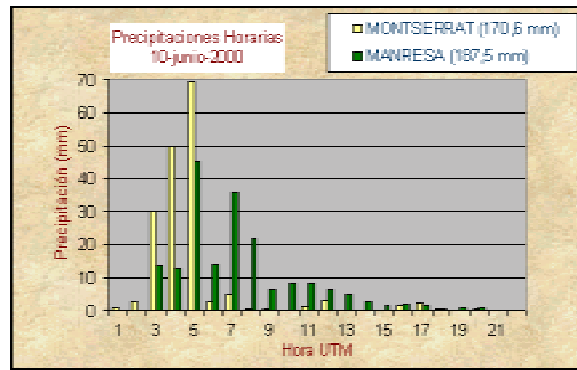


Figura 8: Precipitaciones Horarias del día 10 de junio de 2000 en Montserrat y Manresa.

5. Datos de Teledetección: Red de descargas, Radar, Satélite

5.1 Red de detección de descargas eléctricas

Entre las 00 y 01 Z se observan (figura 9) dos líneas paralelas orientadas de noroeste a sureste, perpendiculares a la costa, y que se desplazan hacia el nordeste. La línea anterior, casi estacionaria, está situada al oeste del límite provincial entre Barcelona y Tarragona y la posterior, mucho más rápida, unos 60 km más retrasada. En la zona de la línea anterior durante este periodo se están produciendo chubascos de intensidad muy fuerte (40 a 50 mm/h). En la zona de la línea posterior, mucho más ancha y activa desde el punto de vista eléctrico, las precipitaciones son similares.

Entre las 01 y 02 Z, la línea posterior alcanza a la anterior y se fusionan los dos sistemas, reactivándose. Las precipitaciones alcanzan intensidad torrencial en La Bisbal (64 mm/h) y probablemente en Calafell (56.5 mm/h).

Desde las 02 y 03 Z el sistema continua su desplazamiento hacia el nordeste afectando a las poblaciones de las comarcas del Garraf y del Alt Penedès . La intensidad de la precipitación es muy fuerte a torrencial (Olivella 71 mm/h).

En el período 03 a 04 Z se observa una ralentización en el desplazamiento del sistema que se vuelve casi estacionario. Afecta a la misma zona que en el anterior período con una ligera extensión hacia el norte (comarca del Bages) y hacia el este (Baix Llobregat, Anòia, Vallès Occidental).

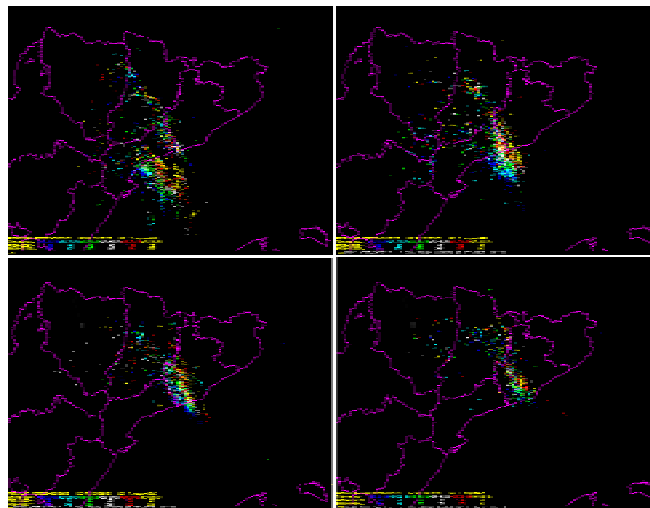


Figura 9: Descargas eléctricas horarias, 0-1,1-2,2-3 y 3-4 Z.

Entre las 04 y 05 Z el extremo septentrional de la línea situado en el interior de la provincia de Barcelona, comarcas del Bages y Baix Llobregat (macizo de Montserrat) permanece estacionaria en la misma posición manteniendo una fuerte actividad eléctrica que incluso se incrementa respecto al período anterior. El resto de la línea, sobre la costa y en las aguas costeras, con una actividad eléctrica mucho menor se desplaza hacia el nordeste de forma que la línea adquiere una orientación oeste-este marcadamente diferente a los períodos anteriores.

De las 05 Z en adelante el número de descargas se reduce y aumenta la dispersión espacial. La línea ya muy difuminada se desplaza en conjunto hacia el nordeste afectando a las comarcas de Girona.

5.2 Imágenes de Satélite

El primer sistema (SCM-1), formado en el norte de la provincia de Castellón y Teruel, afecta entre las 20:30 y 22:00 Z las comarcas del sur de Tarragona (Horta de San Joan 116 mm) y sur de Lleida (Naves 168 mm) con lluvias de intensidad muy fuerte. Posteriormente, a las 22 Z, otro SCM se forma frente al litoral de Castellón y al desplazarse hacia el norte se fusiona, reactivándose, con los restos del anterior sistema. El nuevo SCM-2 tiene una estructura en línea al igual que el SCM-1, pero su dirección es NW-SE (perpendicular a la costa) a diferencia de la orientación NNE-SSW del anterior y su velocidad de desplazamiento en dirección nordeste mucho mayor.

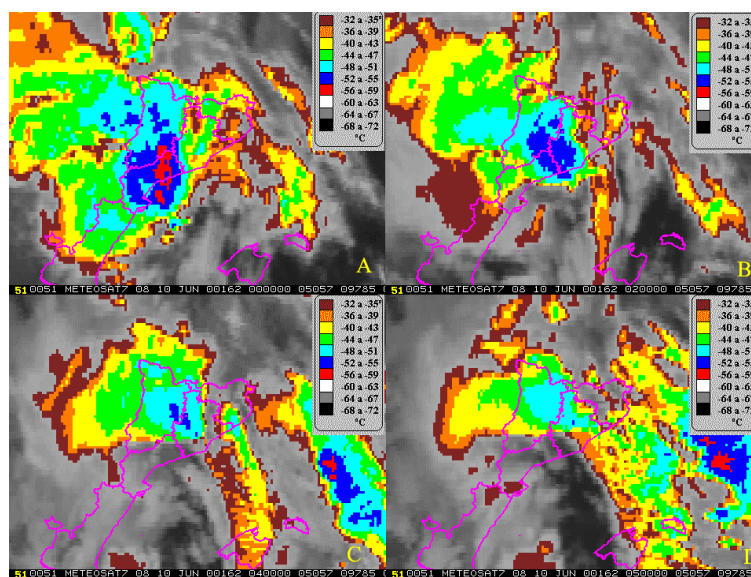


Figura 10: Imágenes canal del infrarrojo del Meteosat (0,2,4,5 z).

A las 22:30 Z se forma, por delante del anterior, un sistema casi estacionario en el límite de las provincias de Lleida, Tarragona y Barcelona (SCM-3). A las 00 Z (Figura 10-A), el SCM-2 alcanza al SCM-3 fusionándose y reactivándose. El nuevo sistema (SCM-4) permanece casi-estacionario sobre la misma zona (límite de las provincias de Tarragona y Barcelona) durante unas 2 horas.

A las 03:00 Z se reorganiza el sistema anterior con la llegada del chorro de niveles medios con aire estratosférico muy seco. Adquiere forma de V con el vértice sobre Montserrat (SCM-5) (figura 10-C-D). Este sistema se mantiene sobre la misma zona durante 2 horas, aproximadamente. Las precipitaciones en estas comarcas de la provincia de Barcelona son de intensidad muy fuerte a torrencial.

Las temperaturas mínimas de brillo del SCM-5 son del mismo orden que las del SCM-4 (-52 a -55°C) pero abarcan un área mucho más reducida, limitada al vértice del sistema. Respecto a los otros sistemas 1 a 3, las temperaturas mínimas habían aumentado unos 4°C, indicando por tanto unos topes nubosos notablemente más cálidos.

5.3 Imágenes de radar

Las imágenes radar procesadas por el sistema ERIS dan núcleos de intensidades máximas de 48 dBz, los ecotops entre 8,5 y 10 km, muy localmente se llegan a los 12,5 km. Durante el período de máxima precipitación sobre las comarcas del prelitoral e interior de Barcelona se produce una atenuación importante de la señal, muy probablemente ocasionada por la lluvia que estaba cayendo sobre el radomo. Para estudiar este período, utilizaremos las imágenes procesadas y corregidas por la Universidad Politécnica de Barcelona (Sempere, D. y otros). Las reflectividades difieren considerablemente (se llegan hasta valores de 54 dBz) por lo que no serán más que comentadas cualitativamente.

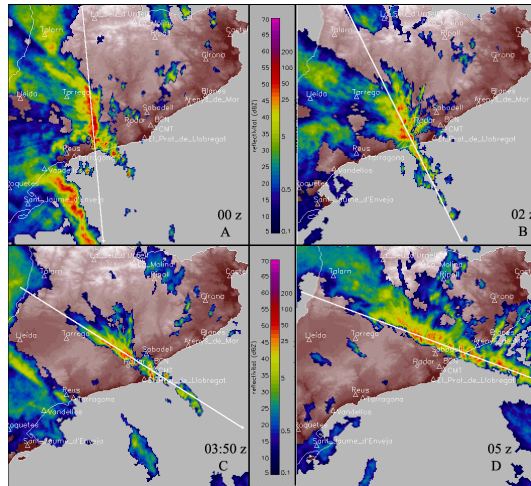


Figura 11: Imágenes radar corregidas (0,2,3:50,5 z)

De la formación de los sistemas convectivos definidos con las imágenes de satélite se puede precisar más detalles con las imágenes radar. En realidad a las 00z no se produce la fusión de dos sistemas convectivos como parecía tener lugar en las imágenes del IR (figura 10-A) es posterior, a las 1:20z. A las 00z, podemos observar dos líneas de tormentas bien definidas (figura 11-A), como ya se ha comentado con la red de descargas. La primera situada al N de Tarragona está casi estacionaria (zona de máxima convergencia en superficie) con ecotops entre 8,5 y 10 km. La que se encuentra al S de Tarragona avanza hacia el NE, el ecotop es menor 6-8 km.

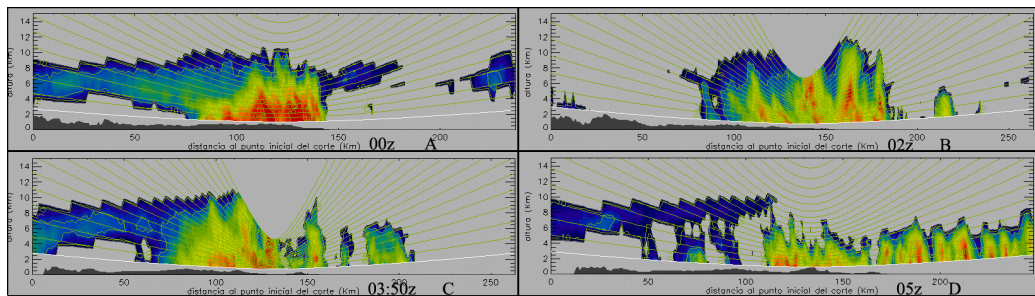


Figura 12: Cortes verticales según la recta blanca de las imágenes en figura 10.

En el SCM-4 (figura 11-B), los nuevos núcleos convectivos se forman corriente abajo del chorro en niveles bajos del SE, esto es, los núcleos se alimentan de la humedad que aporta el viento que sopla del SE en la misma dirección de extensión de la línea de tormentas y nuevas tormentas crecen corriente abajo de dicho viento (tren de ondas, Bader, M. J. y otros). Hay algunas células convectivas con importante desarrollo vertical (figura 12-B).

En el SCM-5 (figura 11-C-D), los núcleos convectivos, organizados en una línea orientada de NW-SE, a medida que se acercan al macizo del Garraf y sierra del Ordal (1:30z) se disipan por su extremo norte pero mantiene su actividad por el sur. Al llegar a su vertiente orientada al NE (2:30z), la convección se incrementa considerablemente en la zona del litoral (no en la línea costera). A partir de entonces los núcleos se orientan según el sentido del río Llobregat; al llegar a él (3:40z) y a 17 km de la costa se incrementan los desarrollos notablemente. Sucesiva e interrumpidamente, la fuerte convección se inicia hacia el interior siguiendo el valle del Llobregat afectando a la sierra de Montserrat hasta las 4:30 z. Aunque la línea se desplaza lentamente hacia al NE, se va inclinando hasta tomar una orientación de WNW-ESE (ver orientación de las líneas de los cortes en la figura 11). La presencia del chorro del E en niveles bajos de 60 km/h según el sondeo de Barcelona, se traduce en una intensificación del viento a partir de las 0z en Barcelona que alcanza la velocidad máxima de 60 km/h con rachas de 90 km/h a las 04:30 z (figura 7). Este flujo proporcionó la advección de aire húmedo y cálido en la zona del prelitoral e interior alimentando constantemente los núcleos convectivos. La configuración en niveles altos de los vientos dirigen el movimiento hacia el NE de la baja, y la irrupción de aire estratosférico a niveles inferiores marca el límite entre la zona seca y la de desarrollos (forma en gancho, López J.M. y Aran M.).

6. Conclusiones

La información aportada por las estaciones automáticas aunque no aportaron datos de precipitación interesantes sí que describieron bien el paso de la baja por el litoral mediante el campo de viento aunque para ello fuera necesario tener en mente el modelo conceptual asociado a este tipo de ciclogénesis.

Las imágenes del radar sufrieron una fuerte atenuación a causa de las precipitaciones sobre el radomo del radar. Este problema está subsanado en la actualidad por el nuevo sistema de visualización y tratamiento VISRAD proporcionado por la UPC (Sempere, D. y Sánchez R.) que tal como hemos visto son de gran utilidad aunque de momento sólo de manera cualitativa

La red de descargas y las imágenes del IR pudieron confundir al predictor sobre el descenso de actividad en la zona, coincidiendo posteriormente con una recuperación de la señal de radar en una fase que la ciclogénesis estaba en fase de disipación.

Referencias

Aran M., Arús J., García C., López J.M., Satué S., Vázquez L., y Werner E., 1999: Las inundaciones del día 10 de octubre de 1994. IV Simposio Nacional de Predicción. Publicación interna del INM.

Bader, M. J., Forbes, G.S., Grant, J.R., Lilley, R.B.E. and Waters, A. J., 1995: Images in weather forecasting. A practical guide for interpreting satellite and radar imagery. Cambridge University Press.

Jansà Clar, A., 1990: Notas sobre análisis meteorológico mesoescalar en niveles atmosféricos bajos. Publicación interna del INM.

López J.M., Aran M., 2001: Estudio de una ciclogénesis rápida mediterráneo, Cataluña 10 de junio de 2000. Parte 2: Estudio sinóptico. Misma publicación.

López J.M., Aran M., 2001: Ciclogénesis mediterránea 10 de junio 2000. Tempoweb .
<http://segre.inm.es/gpv/10JUN/default.html>.

Oranies R., 2000: L'aiguat del 10 de juny de 2000 a Montserrat. VI Jornades de Meteorologia Eduard Fontseré. ACAM.

Riosalido R., y otros 1998: Estudio Meteorológico del 7 de Agosto de 1996 (Biescas). Publicación interna del INM.

Sánchez R. y otros 2001: An improved methodology for ground clutter substitution based on a pre-classification of precipitation types. 30th International Conference on Radar Meteorology. American Meteorological Society.

Sempere D., y otros 2001: An operational methodology to control radar measurements stability from mountain returns. 30th International Conference on Radar Meteorology. American Meteorological Society.