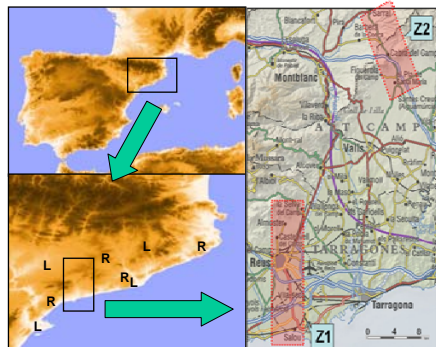


Estudi de l'episodi tornàdic nocturn amb precipitacions intenses del 2 de novembre de 2008 a Catalunya

Joan BECH¹, Nicolau PINEDA^{1,4}, Tomeu RIGO¹, Montserrat ARAN¹, Jéssica AMARO¹, Miquel GAYÀ², Joan ARÚS³, Joan MONTANYÀ⁴, Oscar VAN DER VELDE⁴

- 1) Servei Meteorològic de Catalunya, Barcelona bech@meteo.cat
- 2) AEMET, DT Balears, Palma de Mallorca
- 3) AEMET, DT Catalunya, Barcelona
- 4) Lightning Research Group, Universitat Politècnica de Catalunya, Terrassa

RESUM

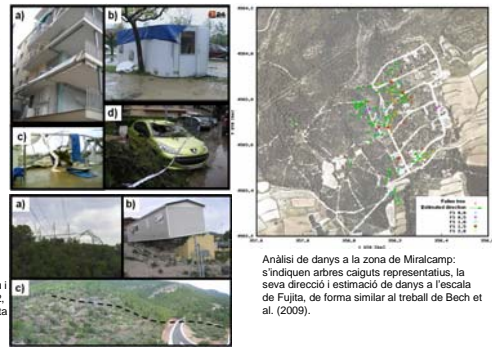


Aquest estudi presenta una anàlisi d'un episodi de temps sever que va tenir lloc la matinada del 2 de novembre de 2008, quan la costa sud de Catalunya va estar afectada per una intensa depressió que va dur associada una important activitat convectiva. El marc sinòptic estava dominat per una extens solc, a nivells mitjans i alts, que s'estenia des de Gibraltar al llarg de la costa del levant peninsular fins al SE de França. Vents superficials del SE al N de les Illes Balears i costa catalana afavorien valors elevats d'helicitat relativa de nivells baixos (SRH 0-3 km d'uns 300 m² s⁻²) que combinats amb valors moderats d'energia convectiva potencial disponible (MLCAPE d'uns 750-1000 J kg⁻¹) i elevada cisalla proporcionaven condicions adequades per a la convecció organitzada i temps sever, igual que en diversos casos anteriors estudiats a la zona (Bech et al. 2007, Aran et al. 2009, Mateo et al. 2009). Aquest estudi documenta les condicions sinòptiques i mesoescalars de l'episodi així com una anàlisi amb dades radar i d'observacions de llamps del Servei Meteorològic de Catalunya de les tempestes que van causar més danys en dues zones concretes del sud del Principat.

Si bé Catalunya és una de les zones amb major freqüència de tornados de l'estat, segons l'estudi de Gayà (2009), aquest episodi presenta algunes característiques atípiques com el fet de produir-se al novembre o de matinada, en absència de forçament diürn.

Localització de Catalunya (adalt a l'esquerra) i dels radars (R) de la Xarxa de radars (XRAD) i sensors (L) de la Xarxa de Descàrregues Elèctriques (XDDE) del SMC (abaix a l'esquerra). Ubicació de les dues zones més afectades per les tempestes del 2 de novembre de 2008 (Z1 i Z2) (dreta).

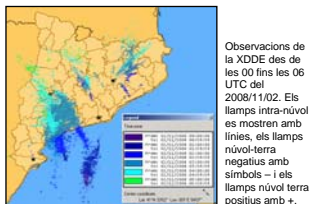
Exemples d'efectes de les tempestes a la zona de Salou i Reus (Z1, a dalt) i El Pla de Santa Maria i Miralcamp (Z2, a baix) on es van registrar danys F2 a l'escala de Fujita (a la imatge inferior s'indica amb una puntejada el límit d'una de les zones amb màxima afectació).



Anàlisi de danys a la zona de Miralcamp: s'indiquen arbres caiguts representatius, la seva direcció i estimació de danys a l'escala de Fujita, de forma similar al treball de Bech et al. (2009).

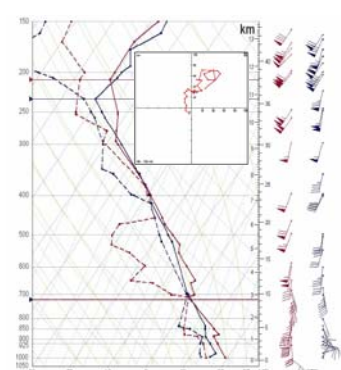
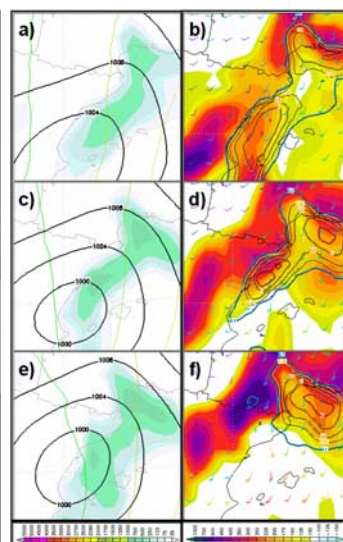
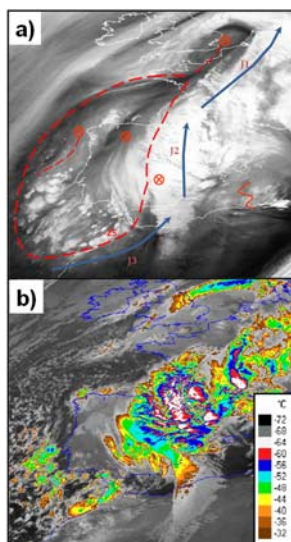
ENTORN SINÒPTIC I MESOESCALAR

En aquest entorn van originar-se diverses estructures convectives tempestuoses, majoritàriament de caràcter multicel·lular, si bé algunes van mostrar característiques super-cel·lulars, segons l'anàlisi d'observacions radar Doppler. Des de les 00z fins les 4z les tempestes van evolucionar de forma aproximadament independent, fins a agrupar-se en un sistema convectiu de mesoescala que va desplaçar-se en direcció NW. Va haver ratxes de vent molt fortes causant danys estructurals en nombroses zones poblades i de bosc, un tornado amb danys estimats fins a F2 a l'escala de Fujita, a més de calamarsa i precipitació molt intensa. Les descàrregues elèctriques totals (incloent llamps núvol-terra i núvol-núvol) foren destacables, amb característiques de temps sever com ara increments previs als danys per vent superficial. Algunes observacions remarcables inclouen precipitacions en 24h superiors als 100 mm en tres observatoris, i precipitacions en 30 mm superiors als 40 mm que van causar inundacions locals sobtades. En continuar el seu desplaçament cap al nord, el sistema convectiu va afectar el SE de França causant precipitacions molt fortes i més fenòmens de temps sever.



Observacions de la XDDE des de les 00 fins les 06 UTC de 2008/11/02. Els llamps intra-núvol es mostren amb línies, els llamps núvol-terra negatius amb símbols - i els llamps núvol terra positius amb +.

a). Imatge MSG del 2 de novembre de 2008 00 UTC (canal de vapor d'aigua, 6.2 mm) mostrant l'important desenvolupament convectiu al NE de la Península Ibèrica (s'indiquen centres de vorticitat, corrents a 300 hPa i zona puntejada marcant zona <-25°C). b). Imatge infraroja (10.8 µm) del satèl·lit MSG de les 03 UTC mostrant temperatura de brillantor de la zona d'estudi, marcada amb un rectangle vermell, al NE de la Península Ibèrica.

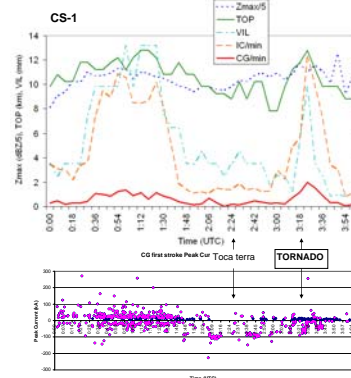


Dades del radiosondatge de Palma de Mallorca (vermell) i Barcelona (blau) a les 00 UTC del 2 de novembre de 2008, amb l'isòheta corresponent a Barcelona.

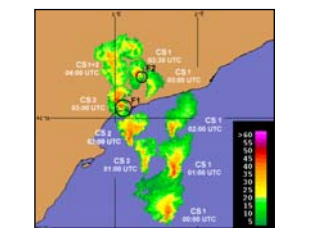
Seqüència del model GFS de la NOAA, de dalt a baix, a les 00, 03 i 06 UTC del 2 de novembre de 2008. La columna esquerra mostra el camp de pressió en superfície (hPa) i altura geopotencial a 500 hPa (mgs). La columna de la dreta mostra el camp d'helicitat relativa de 0 a 3 km (m² s⁻²).

ANÀLISI DE LES TEMPESTES

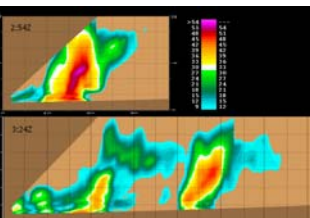
Dues tempestes (CS) afectaren la zona d'estudi. Van originar forts vents en superfície d'origen convectiu; l'anàlisi dels danys suggereix que a la zona 1 (Z1) hi va haver un o diversos esclafits amb danys fins a F1 a l'escala de Fujita (tan sols a Salou va haver 2 milions d'euros en danys materials. A la zona 2 (Z2) va haver com a mínim un tornado que va causar nombrosos desperfectes, amb danys estimats fins a F2. Aquí s'examinen amb la metodologia de seguiment descrita a Rigo et al. (2008).



La tempesta principal (CS1) va tenir una durada d'unes 4 h, iniciant-se cap a les 06 UTC i es va moure cap al nord unes 3 h fins assolir la costa catalana, amb una velocitat mitjana d'uns 43 km/h. CS1 va presentar dos períodes d'activitat màxima com es veu a la figura de dalt: 00:36-1:42 UTC i 03:06 a 03:24 UTC. En el primer es va arribar a 52 dBZ i una intensitat de llamps de 4.5 min⁻¹ i cims d'ecos radar (TOP-12) per sobre de 11 km. Cap a les 2:24 UTC va arribar a la costa i minuts més tard hi va haver un desenvolupament explosiu (03:06 a 03:24 UTC), amb un període de 18 min on la intensitat de llamps núvol a núvol va passar de 11 a 62 llamps min⁻¹ i els llamps de núvol a terra de 1.3 a 10 min⁻¹. Cap a les 03:18 - 03:24 UTC, va haver els danys màxims en superfície (tornado F2). La figura inferior mostra l'evolució dels corrents de pic de la primera descàrrega de retorn de cada llamp. Es pot observar com hi ha valors màxims positius més elevats que els negatius durant els dos períodes d'activitat màxima, si bé en el segon cas, la intensitat de CGs és menor (corrents de pic inferiors a 10 kA en les dues polaritats es mostren en blau). En canvi, els corrents de pic negatius foren més alts durant el segon màxim.

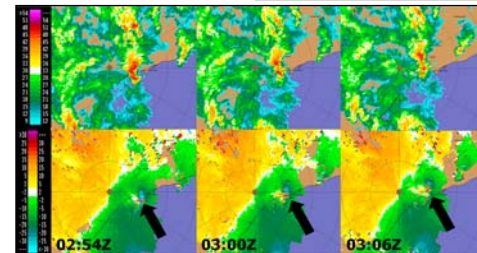
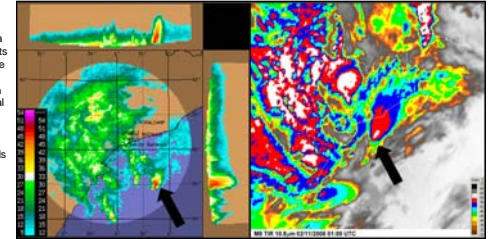


Evolució temporal de les dues tempestes (CS-1 and CS-2) examinades en aquest estudi vistes per la seqüència d'imatges de reflectivitat radar CAPPI a 1 km (legenda en dBZ). S'indica la localització aproximada dels danys causats pel tornado F2 i l'esclafit F1.



Talls transversals del camp de reflectivitat radar (en dBZ) de les tempestes CS1 (inferior) i CS2 (superior) en el moment de màxim danys en superfície, segons l'anàlisi de les dades de camp. Aquest desenvolupament vertical destacat, combinat amb la relativament baixa isozona van afavorir unes bones condicions per a la presència de calamarsa segons indicava el producte operacional del SMC (Aran et al. 2007).

Producte de màxima reflectivitat radar tridimensional (en dBZ) - esquerra - i imatge MSG infraroja -dreta-, totes dues corresponents a la 1 UTC del 2 de novembre de 2008. La tempesta CS1 (indicat amb la fletxa negra) presenta un marcat desenvolupament vertical a la imatge radar i la forma característica de V a la imatge MSG, indicant forts corrents ascendants i divergència a nivells alts.



Seqüència d'imatges tipus PPI (0.6°) del radar de La Miranda mostrant reflectivitat, en dBZ (fila superior), i velocitat radial Doppler, en m/s (fila inferior) corresponent a CS-1. S'aprecia un marcat patró d'intensificament del vent (marcat amb una fletxa negra).

REFERÈNCIES

Aran M., Amaro J., Arús J., Bech J., Figuerola F., Gayà M., Vilaclara E., 2009: Synoptic and mesoscale diagnosis of a tornado event in Castellcir, Catalonia, on 18th October 2006. *Atmospheric Research*, **93**, 147-160 <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosres.2008.09.011>

Aran M., Sairouni A., Bech J., Toda J., Rigo T., Cunillera J., Moré J., 2007: Pilot project for intensive surveillance of hail events in Terres de Ponent (Lleida). *Atmospheric Research*, **83**, 315-335 <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosres.2005.09.013>

Bech J., Gayà M., Aran M., Figuerola F., Amaro J., Arús J., 2009: Tornado damage analysis of a forest area using site survey observations, radar data and a simple analytical vortex model. *Atmospheric Research*, **93** 118-130 <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosres.2008.09.016>

Bech J., Pascual R., Rigo T., Pineda N., López J. M., Arús J., Gayà M., 2007: An observational study of the 7 September 2005 Barcelona tornado outbreak. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, **7**, 129-139 <http://www.nhess.copernicus.org/issue/2007/129-139/>

Gayà M., 2009: Tornadoes and severe storms in Spain. *Proc. 5th European Conference on Severe Storms*, 12 - 16 October 2009 - Landshut, Germany <http://www.ecss.org/ECSS-09/Abstracts/Programme-F110-gaya.pdf>

Mateo J., Ballaró D., Bruet C., Aran M., Bech J., 2009: A study of a heavy rainfall event and a tornado outbreak during the passage of a squall line over Catalonia. *Atmospheric Research*, **93**, 131-146 <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosres.2008.09.009>

Rigo T., Pineda N., Bech J., 2008: Estudi i modelització del cicle de vida de les tempestes amb tècniques de teledetecció. Nota d'estudi 72. Servei Meteorològic de Catalunya, Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya, Barcelona. 58 pp http://www.meteo.cat/mediamb_wmc/csr/mst/paginas/Publicacions/CVTempestes.pdf