
Informe sobre el tornado de Navata, Cistella, Terrades i Darnius (l'Alt Empordà)

- **Diumenge 7 de gener es va registrar un tornado a la comarca de l'Alt Empordà**
- **Va afectar els termes municipals de Navata, Cistella, Terrades i Darnius**
- **Els danys observats corresponen a un tornado de categoria EF2, segons l'escala de Fujita millorada**

El tornado que hi va haver a l'Alt Empordà el dia 7 de gener de 2018 es va produir poques hores després del de Cardona i Navès. Va començar al sud del nucli de Navata al voltant de les 07:20 UTC i es va dissipar al terme municipal de Darnius, després d'afectar les poblacions de Cistella i Terrades. La particularitat d'aquest episodi no és tant que es produïssin tornados a Catalunya, ja que de mitjana se n'observen entre 4 i 5 cada any, a banda de les mànegues. El fet més excepcional és que des de 1997 no n'hi havia hagut cap en un mes de gener (Gayà, 2015). En el cas de l'Alt Empordà, feia 17 anys que no s'havia registrat un tornado a la comarca. L'últim del qual se'n té notícia va ser a Vilanant l'any 2001.

Anàlisi sinòptica

La situació sinòptica estava marcada per una notable inestabilitat dinàmica i tèrmica. L'anàlisi del model GFS a les 06 UTC mostra com hi havia un màxim relatiu de vent a 300 hPa (figura 1a) situat a la Mediterrània Occidental que va produir una advecció de vorticitat ciclònica important i una marcada difluència a nivells alts a Catalunya. Per altra banda, a 500 hPa hi havia una baixa situada al sud de la península Ibèrica que advectionava l'aire fred, amb valors inferiors a -30 °C a 500 hPa, en direcció nord-est (figura 1b). Al mateix temps, a 850 hPa la depressió feia arribar cap a Catalunya una massa d'aire d'origen mediterrani, temperada i molt humida (figura 1c). Això implicava un gradient vertical de temperatura proper als 30 °C entre 850 hPa i 500 hPa al nord-est del país.

En superfície (figura 1d), el centre de la depressió estava situat al Sistema Ibèric. Això va afavorir un flux molt marcat de vent de component est sobre la façana litoral i prelitoral, sobretot al sector central i nord. En canvi, a capes mitjanes i altes dominava el vent de component sud, fet que produïa un cisallament vertical del vent destacable.

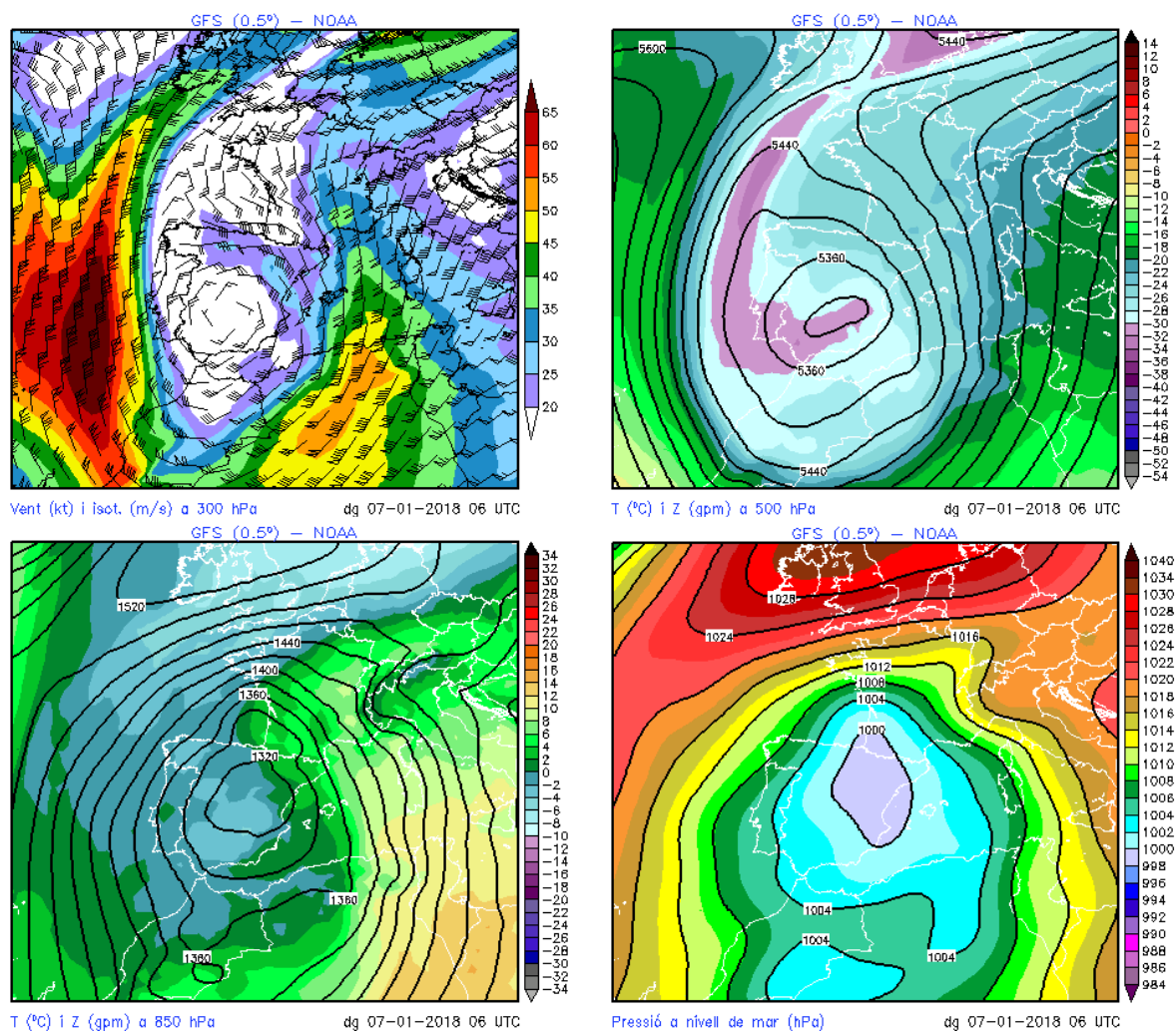


Figura 1: anàlisi del model GFS a les 06 UTC del 7 de gener de 2018: (a) vent a 300 hPa, (b) temperatura i topografia de 500 hPa, (c) temperatura i topografia de 850 hPa i (d) pressió atmosfèrica reduïda a nivell de mar (hPa).

Paràmetres convectius

L'anàlisi del model WRF de les 06 UTC mostra valors de CAPE i d'SRH 0-3 km elevats a l'extrem nord-est (figures 2a i 2b). Aquests paràmetres van relacionats amb la facilitat perquè hi hagi ascensos d'aire i perquè aquests corrents ascendent tinguin rotació, respectivament.

Concretament, s'observa una CAPE superior a 600 J/kg a bona part de l'Alt Empordà, i amb valors de més de 1.400 J/kg al sector més proper a la costa. Aquests valors elevats eren fruit de l'advecció cap a la façana litoral de la massa d'aire temperat i molt humit que hi havia a nivells baixos sobre la Mediterrània

Occidental. Per altra banda, l'SRH 0-3 km presenta valors de 250 a 300 m^2/s^2 al conjunt de la comarca (a partir de 150 m^2/s^2 l'entorn és més favorable per a la formació de tornados).

També era important el cisallament vertical del vent. Segons el radiosondatge de Girona de les 06 UTC del dia 7 de gener del model WRF (no mostrat), a l'estrat 0-6 km assolía els 21 m/s, mentre que a l'estrat 0-3 km era de 24 m/s. Ambdós són valors superiors als llindars de 20 m/s per a l'estrat 0-6 km i de 15 m/s per a l'estrat 0-3 km que solen determinar si les tempestes poden portar associats fenòmens de temps sever. De fet, a la figura 2b es pot apreciar com variava la direcció i la velocitat del vent amb l'altura a l'extrem nord-est: a 850 hPa era de 25 kt del sud-est, mentre que a 500 hPa era de 40 kt del sud-sud-est.

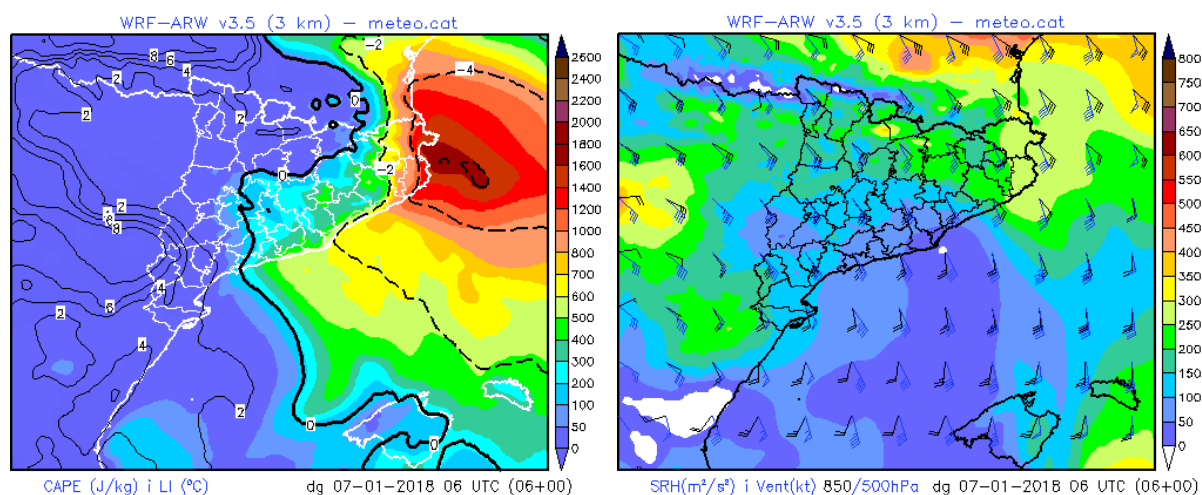


Figura 2: anàlisi del model WRF a les 06 UTC del 7 de gener de 2018: (a) CAPE (J/kg) i LI ($^{\circ}$ C) i (b) vent a 850 hPa, a 500 hPa i SRH 0-3 km (m^2/s^2).

Teledetecció

A les imatges del satèl·lit Meteosat s'observa com a les 05:00 UTC (no mostrada) es va produir un ràpid desenvolupament de diverses cel·les convectives sobre el mar, davant de la costa central. 30 minuts més tard un d'aquests nuclis ja presentava valors de temperatura inferiors a -64° C al seu cim, fet que indica la presència de forts corrents ascendants. A la imatge de les 07:30 UTC (figura 3), a la meitat est de Catalunya s'aprecien dues estructures convectives amb valors baixos de temperatura. La que està encerclada, situada més al nord, és la que va produir el tornado de l'Alt Empordà al voltant de les 07:20 UTC. La que hi ha uns quilòmetres més al sud és la que va generar un altre tornado a la Catalunya del Nord cap a les 09:00 UTC.

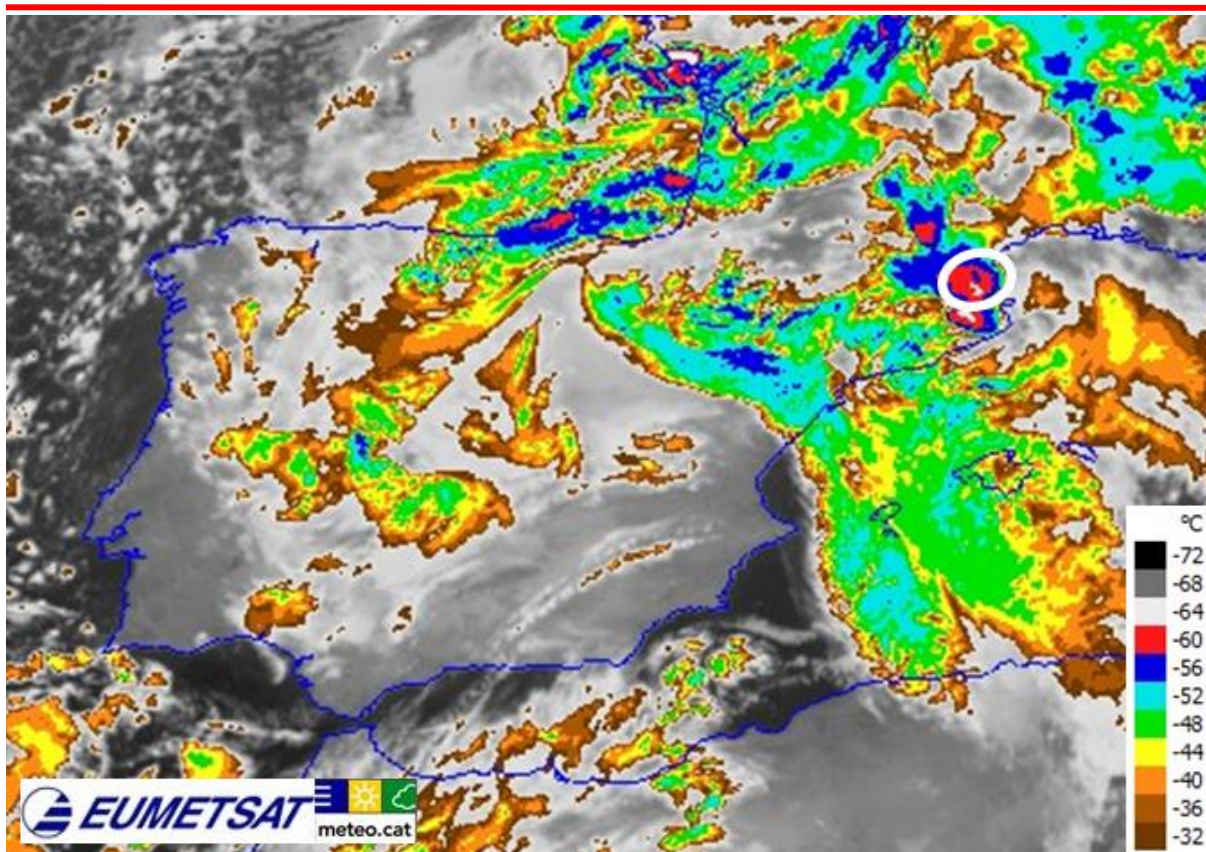


Figura 3: imatge del canal 10.8 µm de l'infraroig del satèl·lit Meteosat del dia 7 de gener de 2018 a les 07:30 UTC.

Les imatges del radar de Puig d'Arques, del Servei Meteorològic de Catalunya (SMC), mostren com la cel·la convectiva responsable del tornado de l'Alt Empordà presentava signes clars d'organització a partir de les 06 UTC, en el moment d'entrar des del mar cap a la Selva i el Gironès. És en aquestes imatges on s'observen els primers ecos amb una reflectivitat superior a 50 dBZ (no mostrada), que corresponen a la pedregada que va caure a Llagostera i rodalia, amb pedres d'un diàmetre de fins a 3 centímetres.

Els valors elevats de reflectivitat es mantenen en les imatges posteriors. A mesura que va anar avançant cap al nord la tempesta va deixar pedregades a altres municipis del Gironès i del Pla de l'Estany. A Vilademuls es van observar pedres de 4 centímetres de diàmetre, de 3 centímetres a Celrà i de 2 centímetres a Cassà de la Selva, a banda de la calamarsada que va caure a la ciutat de Girona.

A la imatge del camp de reflectivitat les 07:30 UTC (figura 4a) es pot apreciar la forma de ganxo (*hook echo* en anglès) que sol anar lligada a una alta probabilitat que la tempesta en qüestió pugui portar associats fenòmens de temps sever. Aquesta estructura s'observa a partir de la imatge de les 06:18 UTC i no desapareix

fins més enllà de les 08:00 UTC, un cop la cel·la convectiva es troba al vessant nord de les Salines.

Pel que fa a les imatges de radar del camp de velocitat (vent Doppler) s'observa com a partir de les 06:18 UTC (no mostrada) apareixen signes compatibles amb la rotació que perduren fins, com a mínim, les 08:00 UTC. Concretament, a la imatge de les 07:30 UTC (figura 4b) s'aprecia la signatura de la rotació a la zona assenyalada, on hi ha valors alts de velocitat positiva (color vermell) molt pròxims a valors elevats de velocitat negativa (color verd).

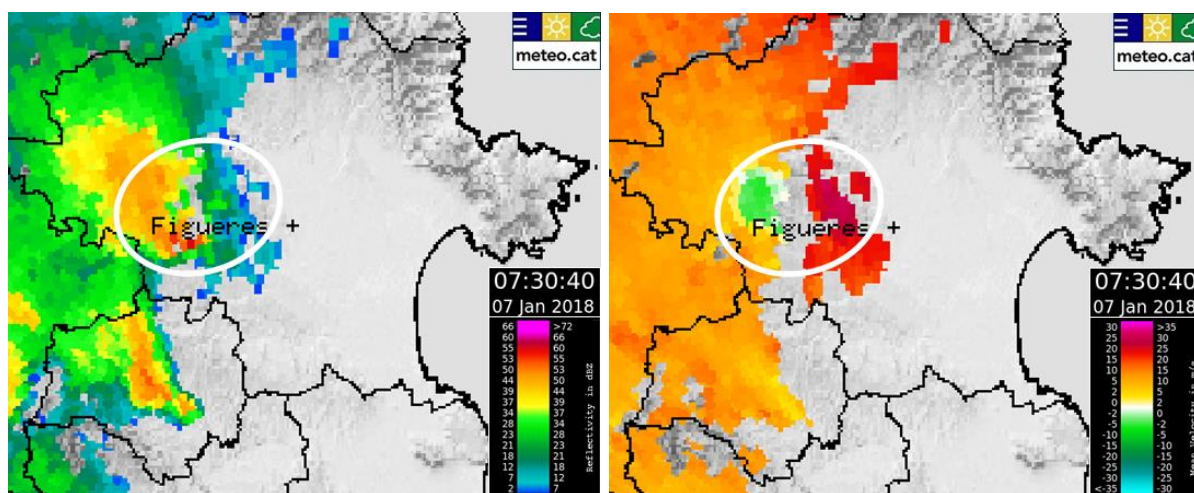


Figura 4: imatge del radar de Puig d'Arques (PDA) de les 07:30 UTC de (a) reflectivitat i (b) de vent.

Amb la Xarxa de Detecció de Descàrregues Elèctriques (XDDE) es va poder detectar un sobtat increment de l'activitat elèctrica al voltant de 90 minuts abans que el tornado toqués terra. Aquest ràpid augment del nombre de llamps per segon és típic en tempestes que acaben donant fenòmens de temps sever. També és destacable que en el conjunt de l'episodi dels dies 6 i 7 de gener es van registrar un total de 3.443 llamps núvol-terra.

Dades d'observació

No és gaire habitual que un tornado pugui ser registrat per una estació meteorològica, ja que aquest fenomen meteorològic és molt local i la densitat d'estacions que hi ha repartides pel territori no ho permet. Tot i això, les estacions de Navata i del Pantà de Darnius - Boadella de la Xarxa d'Estacions Meteorològiques Automàtiques (XEMA) de l'SMC van poder mesurar algunes dades d'interès de la perifèria del fenomen.

El tornado va passar a 300 metres de distància de l'estació meteorològica automàtica (EMA) de Navata, de l'SMC. La proximitat amb el fenomen va permetre mesurar un cop màxim de 114,8 km/h a les 07:25 UTC, de component sud (178° de

direcció). Va ser una ratxa de vent puntual, ja que la velocitat mitjana d'aquella semihora (de 07:00 a 07:30 UTC) va ser de 22,0 km/h.

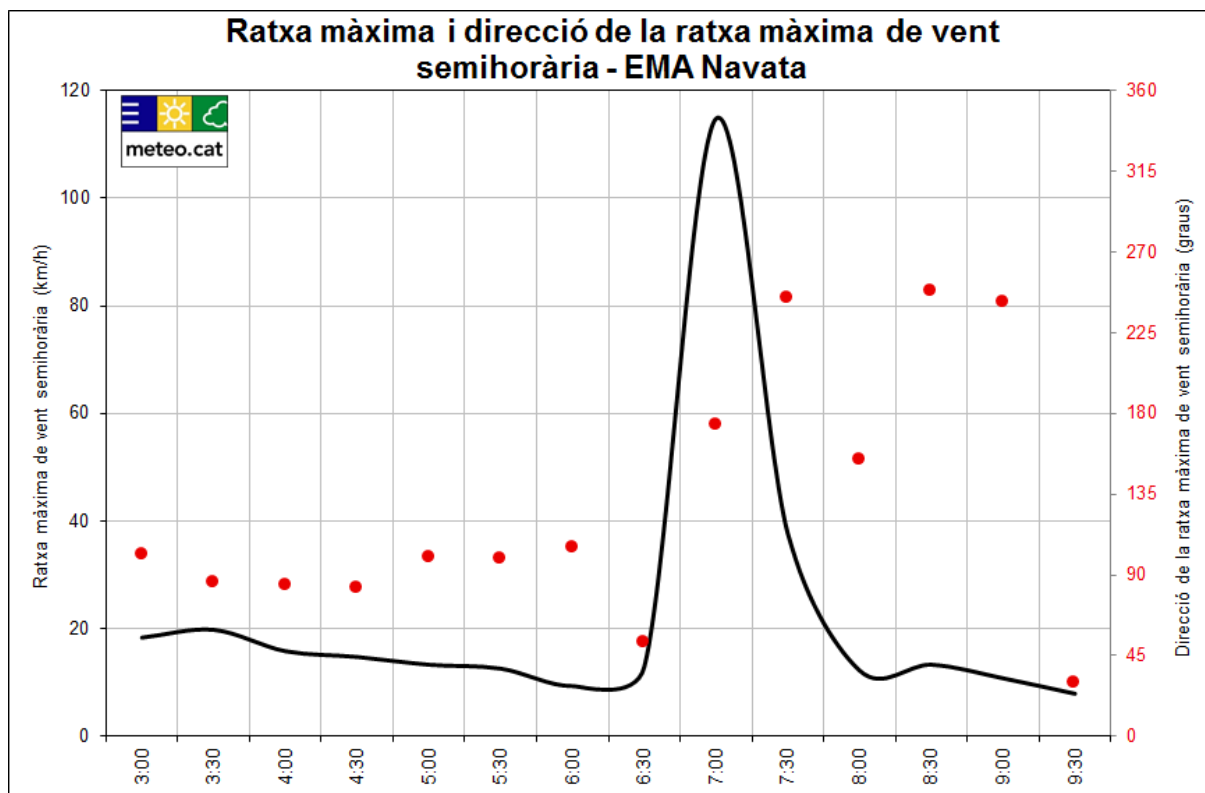


Figura 5: ratxa màxima (línia negra) i direcció de la ratxa màxima (punts vermells) de vent semihorària de l'estació meteorològica automàtica de Navata del dia 7 de gener de 2018 de 03 a 10 UTC.

Pel que fa a l'EMA del Pantà de Darnius - Boadella, es va assolir una ratxa màxima de 61,9 km/h a les 07:41 UTC, també associada al tornado. El més destacat de les dades d'aquesta estació és que es va poder registrar la baixada sobtada de la pressió atmosfèrica. El descens va ser de poc més d'1 hPa, però és significatiu pel fet que el fenomen va passar a una certa distància de l'estació, a 600 metres aproximadament.

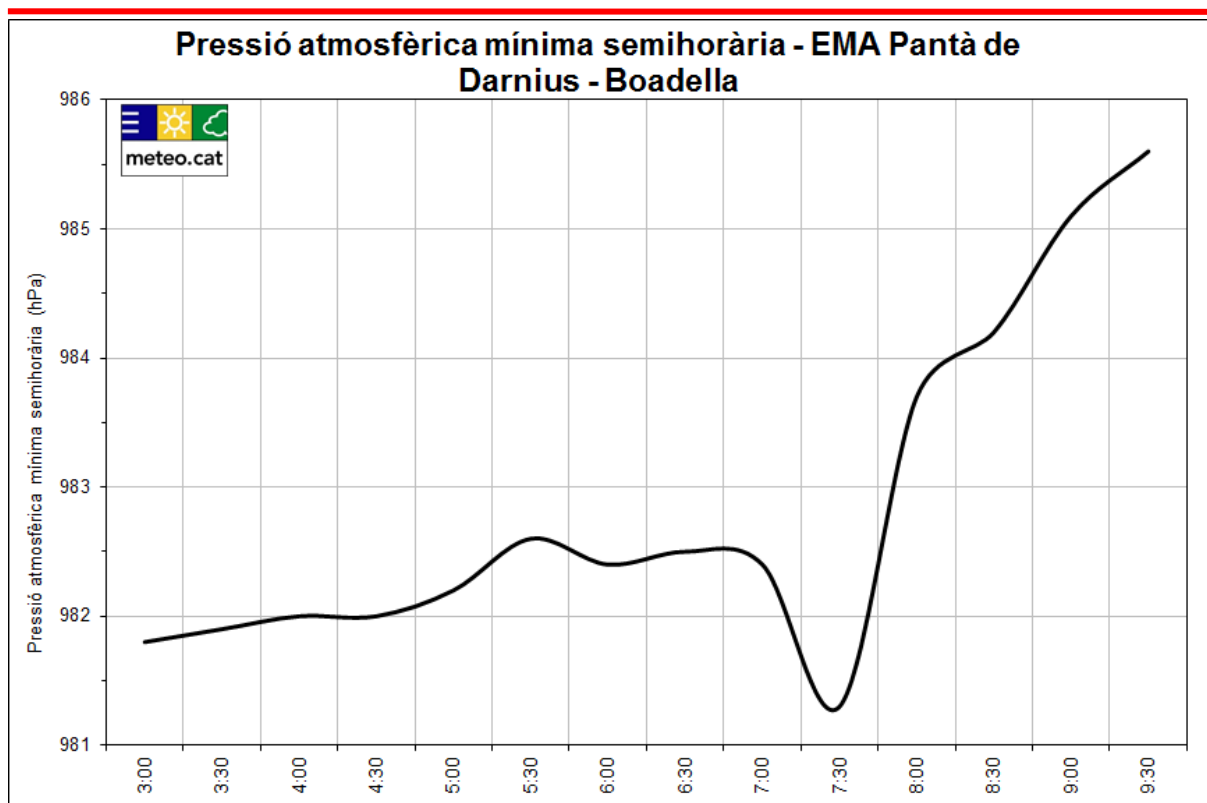


Figura 6: pressió atmosfèrica mínima semihorària de l'estació meteorològica automàtica del Pantà de Darnius - Boadella del dia 7 de gener de 2018 de 03 a 10 UTC.

Treball de camp

Els primers danys es van localitzar entorn del castell de Navata, situat al sud del nucli urbà. A mesura que el tornado s'anava desplaçant cap al nord anava agafant força. Els coberts que hi ha entre Navata i Cistella, així com moltes zones de bosc de la zona, van quedar afectades per la força del vent. Al nucli de Cistella hi va haver danys a la majoria de teulades de la població, així com a la teulada de l'Església. Tot i això, les destrosses més destacables van tenir lloc al sud del nucli. A una finca situada entre Cistella i Terrades, a banda dels danys a la teulada de la masia i a un cobert contigu, destaca el fet que un remolc va ser desplaçat al voltant de 80 metres.

A Terrades també hi va haver nombroses afectacions a coberts i teulades del nucli urbà. A més, a les afores del poble hi havia estacionats diversos vehicles que es van arribar a moure lleugerament i, en alguns casos, es van arribar a aixecar del terra. Uns metres més al nord, el tornado va causar danys importants al bosc de l'entorn del Santuari de la Mare de Déu de la Salut. Finalment, va arribar a travessar el pantà de Darnius - Boadella fins a dissipar-se a una zona de bosc de l'oest de Darnius (figura 7).

El recorregut total del tornado va ser de 19 km, amb una amplada mitjana que va oscil·lar entre els 200 i els 400 metres durant la major part del seu cicle de vida (figura 8). Independentment, en alguns punts concrets la traça de danys va superar els 500 metres. També és destacable el fet que entre el mirador de la Tortuga (Darnius) i el final del recorregut l'amplada del tornado no supera els 150 metres. A partir de les destrosses s'estima que va ser de categoria EF2, segons l'escala de Fujita millorada (que va de EF0 a EF5), amb una velocitat màxima estimada superior a 180 km/h.



Figura 7: danys causats pel tornado a una zona boscosa dins del terme municipal de Darnius, al tram final del recorregut.

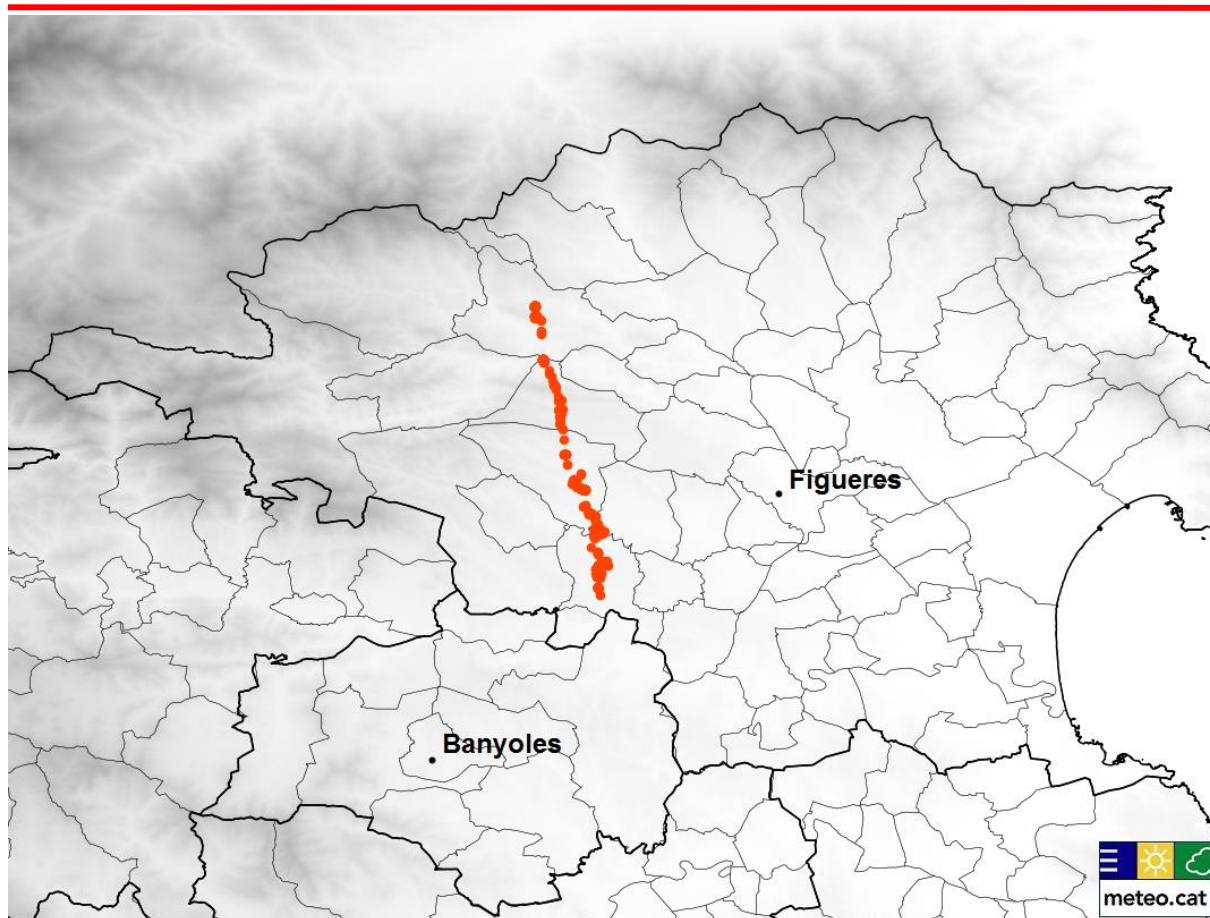


Figura 8: localització dels danys ocasionats pel tornado.

Conclusió

Diumenge 7 de gener de 2018, poc menys de set hores després que tingués lloc un tornado a Cardona (el Bages) i Navès (el Solsonès) hi va haver un altre tornado a la comarca de l'Alt Empordà. El fenomen va començar al voltant de les 07:20 UTC, va recórrer una distància de 19 km i va afectar diverses edificacions i zones de bosc dels municipis de Navata, Cistella, Terrades i Darnius. Per bé que l'EMA de Navata va registrar un cop màxim de vent associat al tornado de 114,8 km/h, els danys causats són compatibles amb el grau EF2 de l'escala de Fujita millorada, amb una velocitat màxima estimada superior a 180 km/h.

**Servei Meteorològic de Catalunya,
26 de gener de 2018**