

# Informe del tornado de Cabanes i Masarac (l'Alt Empordà) del 16 de maig de 2024

- El tornado es va formar molt a prop de la llera del riu Llobregat d'Empordà al voltant de les 11.45 TU (13.45 h)
- Va afectar una franja de 4,0 km i s'estima que va ser d'intensitat IF1,5 (180 km/h  $\pm$  20%) segons l'escala internacional de Fujita

Dijous dia 16 de maig de 2024 un tornado va afectar els termes municipals de Cabanes i Masarac, a la comarca de l'Alt Empordà (Figura 1). L'estudi de camp que el Servei Meteorològic de Catalunya va dur a terme l'endemà dels fets, divendres 17 de maig, ha permès corroborar que es va produir un fibló d'intensitat IF1,5 (180 km/h amb un marge d'error de  $\pm$  20 %), segons l'escala internacional de Fujita<sup>1</sup>, que va afectar una franja de 4,0 quilòmetres de longitud i de 80 metres d'amplada màxima. Els testimonis del fenomen i les imatges de què es disposa han permès estimar que el tornado va tocar terra cap a les 11.45 TU (13.45 h) i que va tenir una durada de 6 minuts. Feia sis anys que l'Alt Empordà no vivia un episodi d'aquestes característiques: el darrer del que se'n té constància va ser el 7 de gener del 2018 als termes de Navata, Vilanant, Cistella, Terrades, Darnius, la Vajol i Agullana.



**Figura 1:** Imatge de la formació del tornado, vist des de Vilarnadal (terme municipal de Masarac), al nord de la zona afectada. Autor: Lluís Pagès.

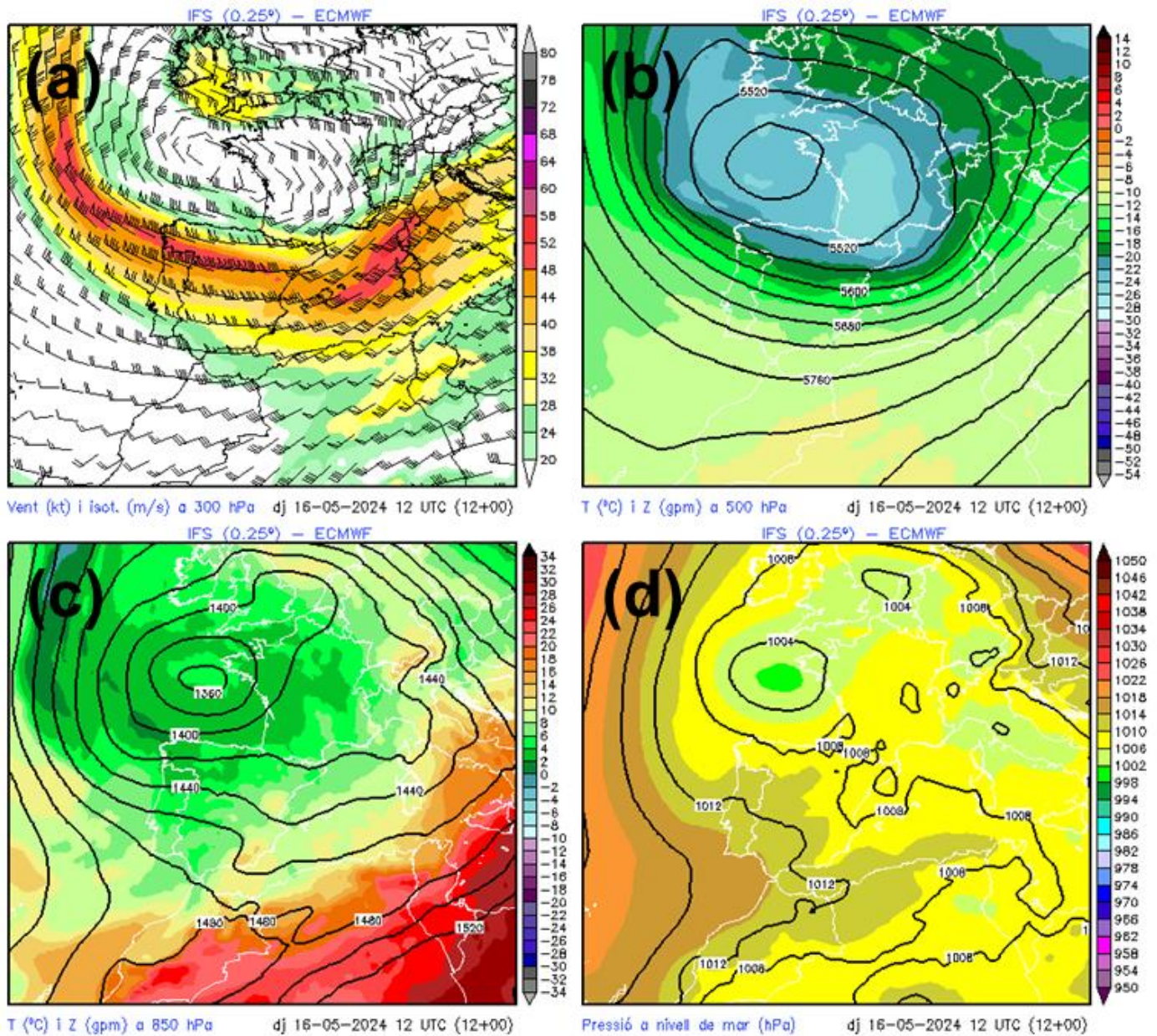
<sup>1</sup> European Severe Storms Laboratory: The International Fujita (IF) Scale for tornado and wind damage assessments.  
[https://www.essl.org/cms/wp-content/uploads/IF-scale\\_v1.0d.pdf](https://www.essl.org/cms/wp-content/uploads/IF-scale_v1.0d.pdf)

## Anàlisi sinòptica

La situació a escala sinòptica estava dominada per una baixa estacionària situada a l'Atlàntic, a l'oest de França. En dies anteriors ja havia portat precipitació a Catalunya en forma de xàfecs. Segons l'anàlisi del model IFS per a les 12 TU del dia 16 de maig, a 300 hPa hi havia un màxim de vent associat a la baixa atlàntica que travessava la península Ibèrica pel centre, d'oest a est (**Figura 2a**). A 500 hPa hi havia un solc a la Mediterrània occidental que durant el matí havia passat per Catalunya. Associat al tàlveg, s'havia produït un descens de la temperatura a aquest nivell fins als -22 a -24 °C a la meitat nord del país (**Figura 2b**). A 850 hPa la temperatura no havia variat gaire respecte del dia anterior, a diferència de 500 hPa. Això va donar lloc a un augment del gradient vertical de temperatura a nivells mitjans. Amb tot, predominava el flux de component oest, de la mateixa manera que ho feia a nivells superiors (**Figura 2c**). Per últim, en superfície a bona part de la península predominava el flux d'oest o del nord-oest, mentre que a Catalunya la situació era indefinida (**Figura 2d**).

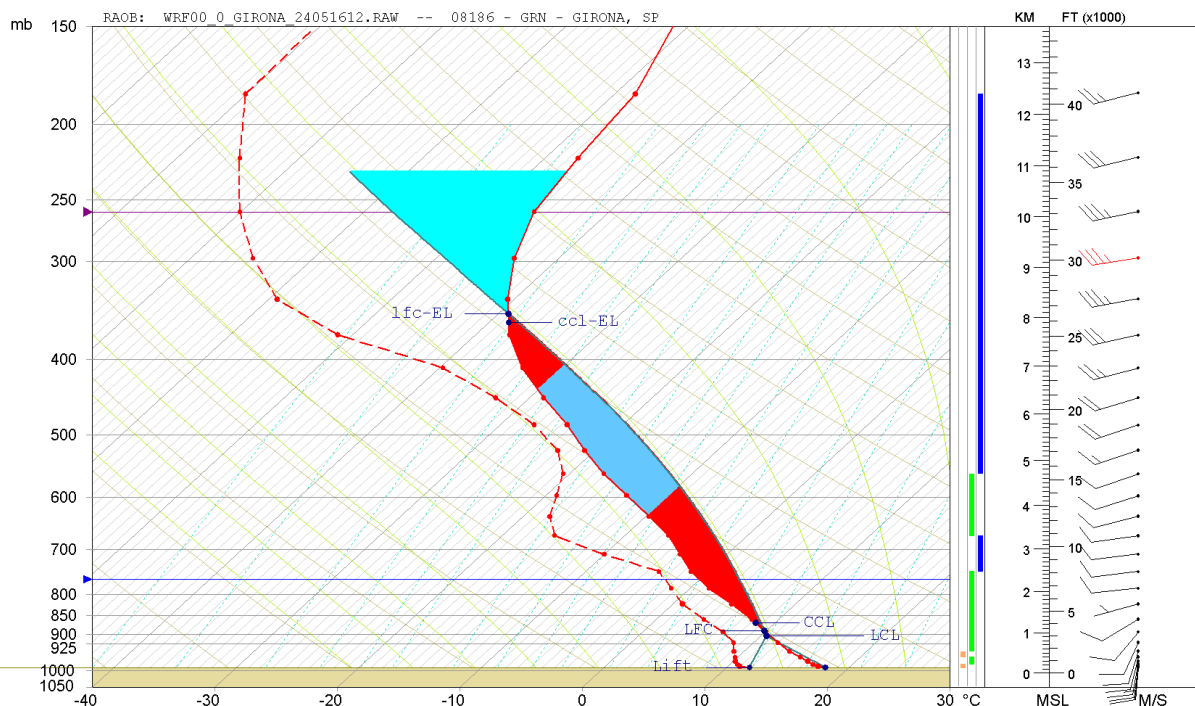
A mesoescala, el model WRF mostra que durant el centre de la jornada a l'Alt Empordà es va imposar el vent de xaloc, fet que va produir un augment de la quantitat de vapor d'aigua a nivells baixos i un increment de l'helicitat i del cisallament vertical del vent (no es mostra a l'informe). Entre els 0 i els 6 km el cisallament se situava a prop dels 20 m/s, fet que sol afavorir l'organització de la convecció. També entre 0 i 3 km presentava valors elevats (entre 14 i 16 m/s), que sovint s'observen en entorns favorables per a la formació de tornados. A més, el mateix model dibuixava un augment de l'energia convectiva potencial disponible (CAPE) a l'extrem nord-est de Catalunya durant el matí, fins a assolir els 800-1000 J/kg.

El radiosondatge previst pel model WRF per Girona a les 12 TU mostra la variació amb l'altitud de la direcció del vent, és a dir, el cisallament vertical (**Figura 3**). Mentre que a prop de la superfície bufava de component sud, a partir dels 850-800 hPa ho feia de component oest. A més, es tractava d'un perfil inestable a nivells mitjans i baixos. El nivell de convecció lliure era baix (al voltant d'1 km d'altitud) i hi havia potencial per al desenvolupament de nuvolades. En resum, hi havia condicions favorables per a la convecció profunda i organitzada.



**Figura 2:** Anàlisi del (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 del model IFS de l'ECMWF per al 16 de maig de 2024 a les 12 TU.





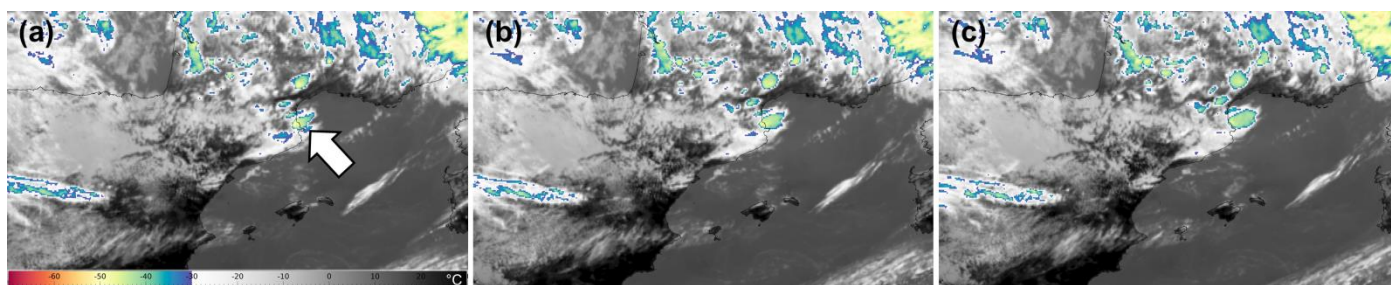
RAOB Config #1:

**Figura 3:** Radiosondatge previst pel model WRF per Girona per al dia 16 de maig a les 12 TU. La línia vermella contínua correspon a la temperatura, la vermella discontinua, al punt de rosada i la grisa contínua, a l'evolució d'una parcel·la d'aire des de la superfície. A la dreta del diagrama es mostra el perfil vertical del vent.

## Teledetecció

Les imatges de Meteosat del final del matí mostren la presència de nuvolositat desenvolupada a bona part de la meitat est de Catalunya i de la resta del prelitoral central. A partir de les 11 TU s'observa el ràpid creixement d'un nucli convectiu a l'extrem nord-est. Les imatges del canal infraroig de les 11.30 i les 11.45 TU (Figures 4a i 4b) presenten valors de temperatura entorn dels  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  al cim dels núvols. Els valors baixos de temperatura són un indicador de forts corrents d'aire ascendents, els quals poden dotar l'estructura d'un grau elevat d'organització i afavorir l'ocurrència de fenòmens de temps violent.

El nucli convectiu es va anar desplaçant cap a l'est. A la imatge de les 12.00 TU (Figura 4c), un cop s'endinsa cap a la Mediterrània pel nord del Cap de Creus, els valors mínims de temperatura comencen a augmentar, senyal que l'estructura deixava enrere la fase de maduresa per encetar la de dissipació.

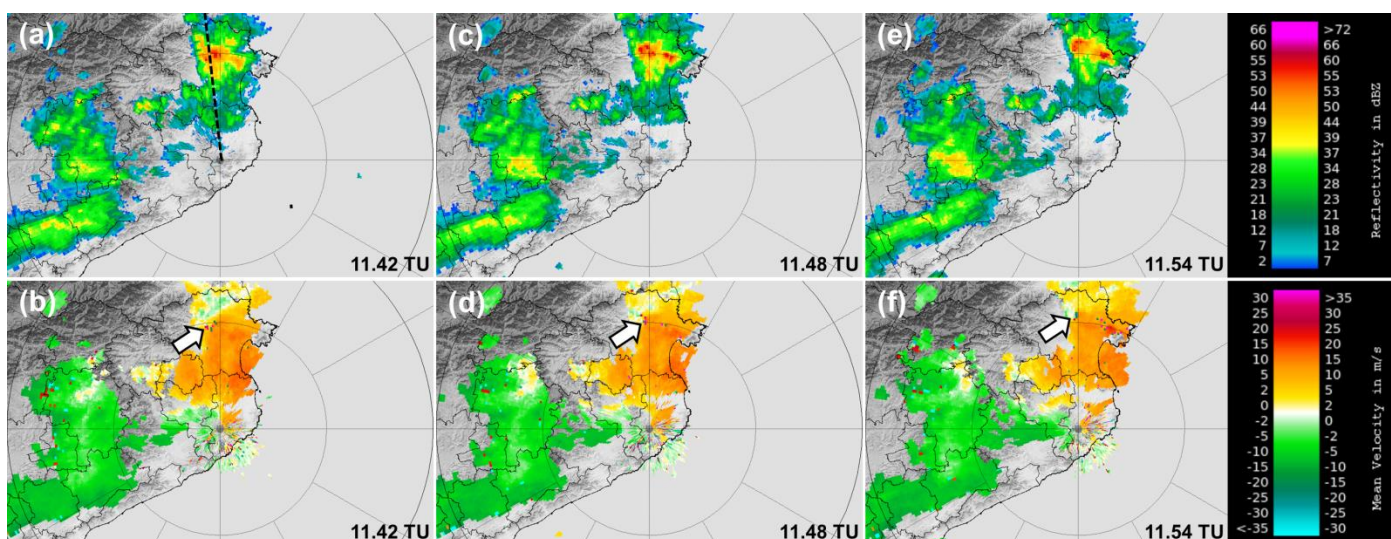


**Figura 4:** Imatges del canal 10,8 μm de l'infraroig del satèl·lit Meteosat del 16 de maig a les (a) 11.30 TU, (b) 11.45 TU i (c) 12.00 TU. La fletxa blanca indica la cel·la convectiva d'interès.

Per la seva banda, a les imatges de l'elevació 0,6° del camp de reflectivitat del radar de Puig d'Arques (PDA) a partir de les 10.36 TU es pot veure la formació d'un nucli convectiu al nord de la Garrotxa que es desplaça d'oest a est. En el moment en què entra a l'Alt Empordà i baixa cap a la plana s'observa un lleu augment de la reflectivitat i un ràpid increment de la superfície que ocupa la zona amb valors superiors als 45 dBZ. L'estructura convectiva travessa l'àrea afectada per la forta ventada d'origen convectiu entre les 11.36 i les 11.54 TU. De fet, a la [Figura 5a, c i e](#) es pot veure que la reflectivitat supera els 50 dBZ en aquest sector. Un cop la cel·la s'endinsa cap al mar a partir de les 12.12 TU es produeix una davallada de la reflectivitat.

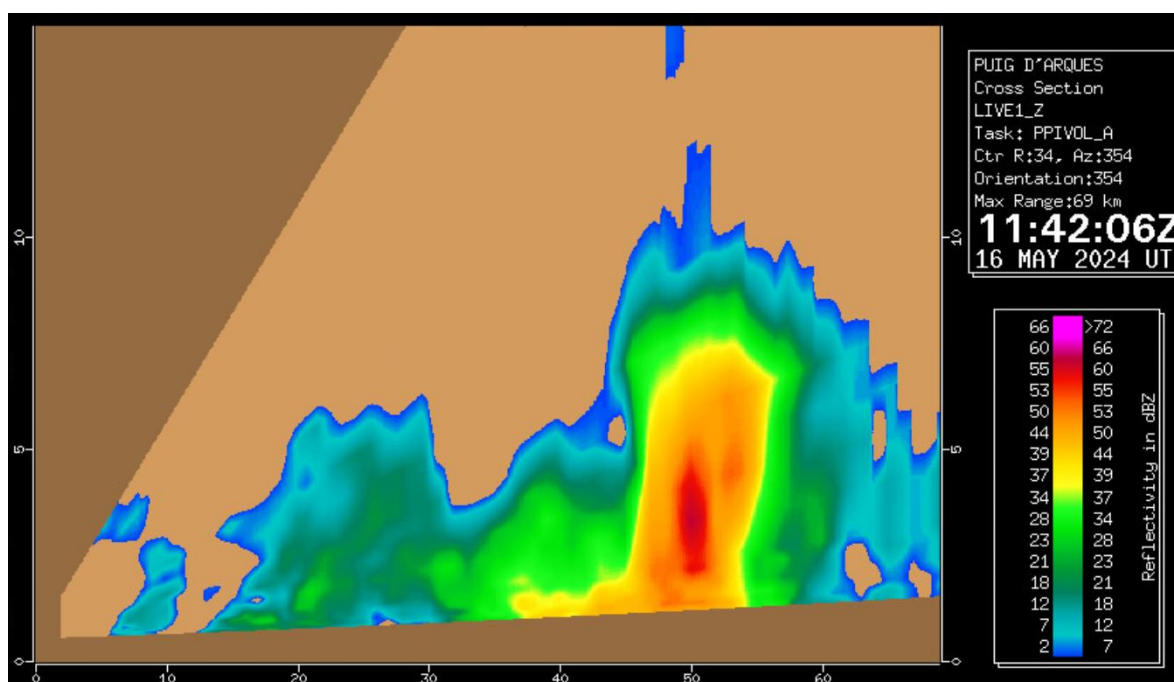
En fer una secció transversal del nucli convectiu d'interès a les 11.42 TU entre el radar i el nord de la regió on hi va haver les destrosses produïdes pel vent, s'observen valors de reflectivitat superiors als 50 dBZ des dels nivells més baixos dels que hi ha dades fins als 5 km d'altitud. Hi ha màxims lleugerament per sobre dels 60 dBZ entre els 3 i els 4 km. El cim de l'estructura arriba a voltar els 10 km. Es tracta, doncs, d'un nucli molt desenvolupat i amb potencial per a produir fenòmens de temps violent.

A més, pel que fa al camp de velocitat del vent radial, s'observa un màxim d'unes dimensions molt reduïdes (colors vermellorsos indicats amb una fletxa blanca a la [Figura 5b, d i f](#)), amb valors que superen els 30 m/s. S'hi pot veure un cisallament horitzontal del vent marcat i fins i tot indicis de rotació (tons blanquinosos o verdosos al costat dels tons de color vermell intens), els quals són presents en diverses elevacions consecutives (0,6° a 3°).



**Figura 5:** Imatge PPI (0,6°) de reflectivitat (primera fila, en dBZ) i de velocitat del vent radial (segona fila, en m/s) del

radar PDA del 16 de maig a les (a), (b) 11.42 TU, (c), (d) 11.48 TU i (e), (f) 11.54 TU. La línia discontinua de color negre que hi ha a (a) indica la direcció i la longitud de la secció transversal que es presenta a la [Figura 6](#). Les fletxes blanques a les imatges del vent radial indiquen la regió on hi ha cisallament i un màxim de velocitat.



**Figura 6:** Secció transversal del nucli convectiu al llarg de la línia discontinua de color negre marcada a la [Figura 5a](#) corresponent a les 11.42 TU.

La Xarxa de Detecció de Descàrregues Elèctriques (XDDE) va registrar un increment del nombre de llamps núvol-terra per minut a partir de les 11.10 TU al nord de l'Alt Empordà. La notable activitat elèctrica associada al nucli convectiu d'interès es va mantenir fins a les 12.10 TU i, a partir de llavors, va decaure ràpidament alhora que es va anar desplaçant cap a l'est. Al llarg d'aquest període es van detectar 129 llamps núvol-terra a la comarca. A banda, d'activitat elèctrica intra-núvol, que també era destacable, se n'arribava a detectar fins a una altitud propera als 9-10 km, un registre que és coherent amb l'altitud del cim dels nuclis convectius estimada amb el radar.

## Dades d'estacions meteorològiques

L'estació de la Xarxa d'Estacions Meteorològiques Automàtiques (XEMA) més propera a la zona afectada és la de Cabanes (havia estat canviada d'ubicació tres dies abans de l'episodi). Està situada 1 km al sud-oest del punt on va començar la ventada forta d'origen convectiu. Com que aquest tipus de fenòmens són d'escala molt local, la distància entre l'estació i l'àrea amb danys és prou gran per a no haver-lo registrat directament.

Es va mesurar un cop màxim de vent de 39 km/h (158°) a les 11.42 TU. Coincidint amb l'estona en què va tenir lloc l'episodi, es va observar un descens sobtat de la temperatura entre les 11.30 i les 12.00 TU (de 17,5 °C a 10,6 °C) fruit del xàfec que va acumular 13,1 mm al llarg d'aquesta mitja hora.



## Treball de camp

El Servei Meteorològic de Catalunya va dur a terme un treball de camp<sup>2</sup> l'endemà de l'episodi, divendres dia 17 de maig, per avaluar els danys registrats. L'objectiu era conèixer quin fenomen meteorològic havia tingut lloc, així com estimar-ne la intensitat i acotar la zona afectada. La visita es va fer amb l'acompanyament de personal de l'oficina comarcal de l'Alt Empordà del Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural i dels propietaris d'una finca que va quedar greument afectada, a qui agraïm la col·laboració.

La forta ventada d'origen convectiu va començar al marge dret del riu Llobregat d'Empordà, al voltant d'1 km al sud-sud-est de Vilarnadal. En aquest sector es van observar marques als camps de conreu associades a vent fort i també arbres de ribera afectats, principalment en forma de branques trencades i d'alguns exemplars tombats (Figura 7a).

La franja de danys s'estenia cap al nord-est. A l'altura de la carretera de Vilarnadal a Peralada es va localitzar una explotació ramadera amb danys estructurals. Part d'una de les naus de la granja va quedar molt malmesa. La meitat superior de les parets exteriors van cedir i, consegüentment, l'estructura de la coberta va caure (Figura 7b). En una altra de les naus el vent es va endur part de la coberta de teules. A més, es van observar restes de teules i fragments de fibrociment incrustats en elements com portes i finestres, talment com si fos metralla.

Des d'aquest punt fins al final del recorregut, els danys que es van observar corresponien bàsicament a vegetació: ceps tombats o amb afectacions, branques trencades, alguns arbres arrencats de soca-rel i altres (de manera puntual) d'escapçats. El sector amb una major incidència es va localitzar al bosc de ribera de la riera d'Anyet, a l'est del nucli de Masarac. L'última zona amb danys identificada va ser una àrea de camps de conreu situada al sud-oest de Mollet de Peralada. A partir d'aquí no es van detectar més incidents.



**Figura 7:** Exemples dels danys observats al terme municipal de Masarac: (a) alzina de grans dimensions amb branques trencades i arrancada de soca-rel i (b) nau de l'explotació ramadera molt malmesa.

<sup>2</sup> Rodríguez O, Bech J, Soriano JD, Gutiérrez D, Castán S (2020): A methodology to conduct wind damage field surveys for high-impact weather events of convective origin. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 20: 1513-1531.

<https://doi.org/10.5194/nhess-20-1513-2020>.

c. Dr. Roux, 80 1a Planta  
08017 Barcelona  
93.567.60.90  
smc.meteocat@gencat.cat  
[www.meteocat.cat](http://www.meteocat.cat)

La majoria dels arbres tombats al llarg de la zona afectada van cedir cap al nord i l'est. En general, hi ha una diferència de  $45^\circ$  en la direcció de caiguda entre la part dreta i l'esquerra de la traça de danys. De manera semblant s'observa en la direcció en què van quedar ajagudes les espigues als camps de conreu afectats. Aquest patró convergent és indicador de la presència d'un vòrtex en translació<sup>3</sup>, és a dir, del pas d'un tornado.

Les conclusions obtingudes de l'estudi de camp són coherents amb les observacions reportades pels diversos testimonis de l'episodi, que relataven l'arribada d'un potent remolí d'aire enmig d'un xàfec que prèviament havia anat acompanyat de pedra. L'ocurrència d'un tornado ja quedava recolzada amb les imatges preses durant l'episodi per Lluís Pagès des de Vilarnadal (al nord de l'àrea amb danys, [Figura 1](#)), on es pot veure el núvol en forma d'embut (tuba) que penja de la base del cumulonimbus, si bé no s'aprecia el contacte del vòrtex amb la superfície. Tot indica que es tracta dels moments previs abans que el fibló toqués terra. Les imatges es van prendre a les 11.44 TU. A banda, la seqüència registrada per una càmera de seguretat de l'explotació agrícola (facilitades per Pau Galceran Nou) presenta l'evolució del fibló per la finca ([Figura 8](#)). S'aprecia com el remolí arrossegava restes de vegetació, així com el moment en què es van produir els danys als coberts.

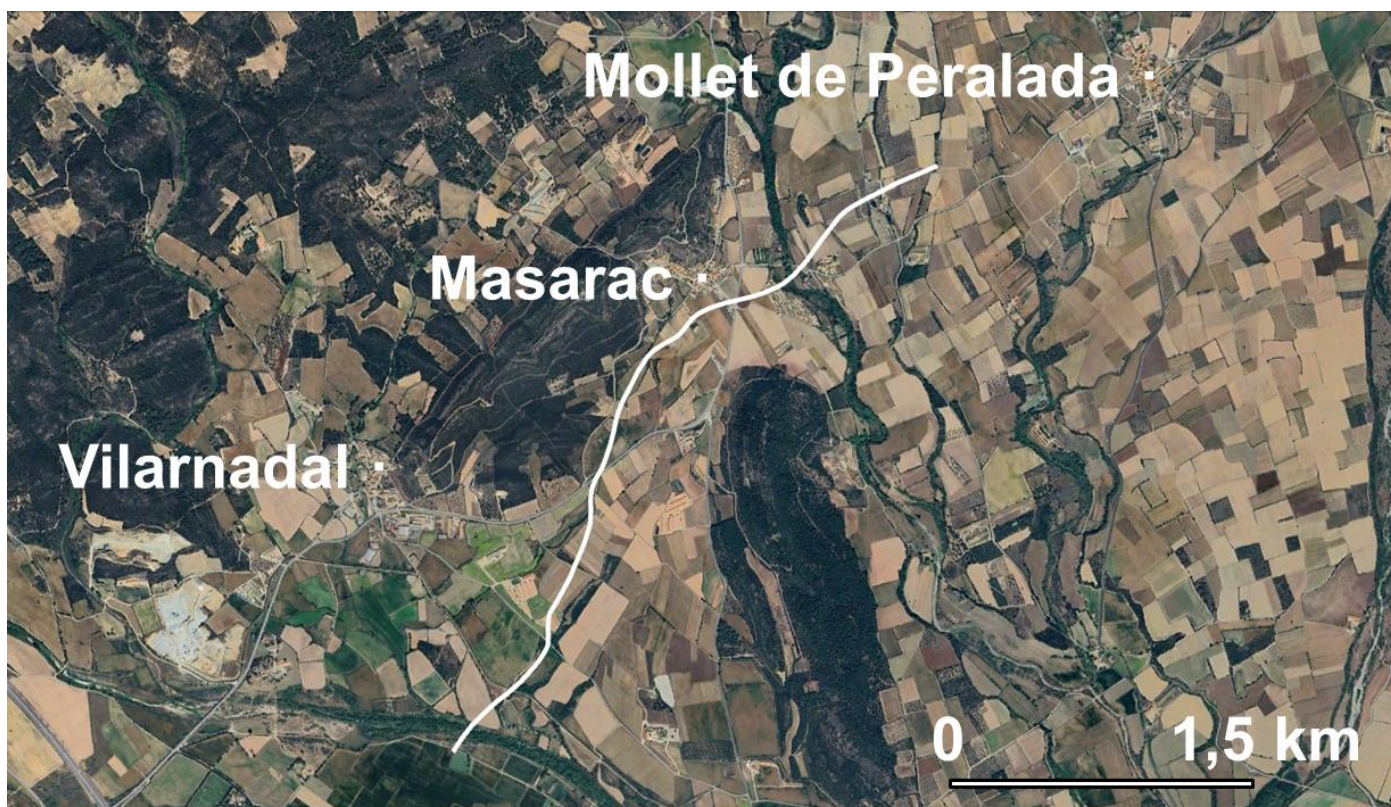


**Figura 8:** Seqüència del pas del tornado per la granja afectada. A dreta de la primera imatge (esquerra) s'observa un remolí de pols, aigua i restes vegetals. A la segona (centre) el vòrtex se situa a la part central de la imatge. Per acabar, a la tercera (dreta) es pot veure el moment en què la forta ventada provocava danys a les naus. L'hora que figura a les imatges no correspon amb l'hora oficial. Autor: Pau Galceran Nou.

La longitud de la franja de danys va ser de 4,0 km ([Figura 9](#)). L'amplada màxima va arribar als 80 m, si bé durant bona part del recorregut oscil·lava entre 30 i 40 metres. Atesos els danys observats a la granja i la presència d'arbres tombats i algun d'escapçat, s'estima que el fibló va ser d'intensitat IF1,5 (180 km/h amb un marge d'error de  $\pm 20\%$ ), segons l'escala internacional de Fujita. La combinació de les dades de radar i de la informació recollida durant el treball de camp permet establir que el tornado va tocar terra al voltant de les 11.45 TU i que va durar vora 6 minuts.

<sup>3</sup> 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(1–3): 118-130.  
<https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2008.10.016>.





**Figura 9:** Trajectòria del tornado (línia de color blanc). Al mapa s'hi indiquen els municipis de Masarac i de Mollet de Peralada, i també el nucli de Vilarnadal.

## Conclusions

Dijous, 16 de maig de 2024, un tornado va tocar terra a prop del riu Llobregat d'Empordà a les 11.45 TU (13.45 h), al terme municipal de Cabanes (l'Alt Empordà). El fibló, que es va formar en una estructura convectiva que va deixar precipitació d'intensitat moderada acompanyada de pedra i d'aparat elèctric, va anar avançant en direcció nord-est pel terme de Masarac, on va provocar danys importants en una explotació ramadera. Al llarg del recorregut va trencar branques, va tombar arbres i fins i tot en va escapar alguns exemplars. També va afectar algunes vinyes i camps de conreu. El tornado es va dissipar 6 minuts més tard al sud-oest de Mollet de Peralada després d'haver recorregut 4 km i d'haver afectat una franja de fins a 80 metres d'amplada. El treball de camp que el Servei Meteorològic de Catalunya va dur a terme l'endemà de l'episodi ha permès estimar que va ser d'intensitat IF1,5 segons l'escala internacional de Fujita ( $180 \text{ km/h} \pm 20 \%$ ). Feia sis anys que no hi havia un tornado a l'Alt Empordà, des del gener del 2018.

**27 de maig de 2024**