

Informe sobre l'esclafit de Vilafranca del Penedès i el tornado de Sabadell – Barberà del Vallès del 31 d'agost de 2022

- El dia 31 d'agost a la tarda hi va haver diversos nuclis convectius, alguns dels quals van donar lloc a fenòmens de temps violent associats a ventades fortes que van provocar danys materials.
- A les 13:20 TU (15:20 h) es va produir un esclafit a Vilafranca del Penedès (l'Alt Penedès) d'intensitat EF0 (vent inferior a 138 km/h), segons l'escala de Fujita millorada.
- A les 16:15 TU (18:15 h) va tenir lloc un tornado entre els municipis de Sabadell i Barberà del Vallès (el Vallès Occidental) d'intensitat EF1 (138-178 km/h)
- Els danys de menor rellevància i dispersos registrats als dos municipis vallesans esmentats i a Badia del Vallès, Cerdanyola del Vallès i Sant Cugat del Vallès (el Vallès Occidental) foren provocats del front de ratxa associat al nucli convectiu o per un esclafit d'intensitat EF0, però no pel tornado.

El pas de l'eix d'un solc en altura durant la primera meitat de la tarda del dia 31 d'agost sobre Catalunya, la massa d'aire càlida i humida que hi havia en superfície i les convergències de vent a nivells baixos van afavorir la formació de nuclis convectius a molts punts del país. Dues d'aquestes cel·les van donar lloc a fenòmens de temps violent associats a ventades fortes. El primer va ser un esclafit, que va afectar Vilafranca del Penedès (l'Alt Penedès) a les 13:20 TU (15:20 h) i que s'estima que fou d'intensitat EF0 (vent inferior als 138 km/h, segons l'escala de Fujita millorada¹). El segon, va ser un tornado d'intensitat EF1 (138-178 km/h), que es va produir entre Sabadell i Barberà del Vallès (el Vallès Occidental) a les 16:15 TU (18:15 h). A més, un esclafit d'intensitat EF0 o el front de ratxa intens del nucli convectiu també van causar alguns danys de menor rellevància i dispersos a les dues poblacions vallesanes esmentades, així com a Badia del Vallès, Cerdanyola del Vallès i Sant Cugat del Vallès (el Vallès Occidental). Aquests resultats s'han obtingut després de processar les dades recollides durant l'elaboració del treball de camp dut a terme als municipis afectats l'endemà mateix dels fets, l'1 de setembre de 2022, i d'analitzar les imatges preses per diversos testimonis dels episodis i les dades de teledetecció.

En aquest informe es presenta l'anàlisi sinòptica de la situació meteorològica que hi va haver aquella jornada. Posteriorment, a partir de les dades de teledetecció (satèl·lit, radar i detecció de descàrregues elèctriques) i de la informació recollida en els treballs de camp

¹National Weather Service: Enhanced F Scale for Tornado Damage. <https://www.spc.noaa.gov/efscale/ef-scale.html>.

es descriuen els casos de l'esclafit de Vilafranca del Penedès i del tornado de Sabadell i Barberà del Vallès per separat.

Anàlisi sinòptica

Els mapes de predicció del model IFS del Centre Europeu de Predicció Meteorològica a Mitjà Termini (ECMWF) corresponents a les 15 TU del 31 d'agost de 2022 ([Figura 1](#)) mostren que la situació sinòptica estava marcada per una depressió amb reflex a tots els nivells que hi havia situada al nord-oest de la península Ibèrica i per un flux de vent de component oest a capes mitjanes i altes de la troposfera. A 300 hPa ([Figura 1a](#)) hi havia un màxim de vent orientat oest-est al sud de Catalunya i amb una lleugera difluència sobre el país. Per la seva banda, a 500 hPa ([Figura 1b](#)), es pot observar que a la vertical de Catalunya es trobava l'eix d'un solc poc pronunciat, el qual es va anar traslladant d'oest a est durant la primera meitat de la tarda. El tàlveg anava acompanyat d'un mínim de temperatura (entorn els $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$). A nivells més baixos, concretament a 850 hPa ([Figura 1c](#)), la situació era més aviat indefinida, amb el flux de vent era poc marcat però amb tendència a predominar el component oest. A més, la temperatura era elevada, al voltant dels $17\text{ }^{\circ}\text{C}$, de manera que hi havia un notable gradient vertical respecte de nivells mitjans. En superfície ([Figura 1d](#)) es pot identificar un mínim de pressió atmosfèrica entre la costa del País Valencià i la vall de l'Ebre. Aquesta baixa afavoria que hi hagués vent flux de component marítim, que advectionava cap a l'interior una massa d'aire humida provinent de la Mediterrània.

El radiosondatge previst per Barcelona per a aquella mateixa hora ([Figura 2](#)) mostra, precisament, el canvi en la direcció del vent que hi havia a nivells baixos: mentre que a bona part de la troposfera predominava el component oest, en superfície i en els primers centenars de metres ho feien els components sud i est. Ara bé, el cisallament vertical del vent no era gaire destacable (4 m/s per a l'estrat 0-1 km, 6 m/s per a l'estrat 0-3 km i 9 m/s per a l'estrat 0-6 km), ja que el mòdul del vent era modest i no presentava massa variacions fins més enllà dels 600 hPa. Pel que fa al perfil vertical de temperatura i del punt de rosada, es pot observar que la capa d'inversió tèrmica que hi havia entre els 900 i els 930 hPa generava inhibició convectiva. Tot i això, el nivell de convecció lliure es trobava entorn els 1850 metres d'altitud i, com que l'energia potencial convectiva disponible (CAPE) era molt important ($>2000\text{ J/kg}$), la interacció amb l'orografia o la formació de línies de convergència a nivells baixos podia afavorir fàcilment l'ascens de parcel·les d'aire fins a aquest nivell. Per tant, la situació era propícia per a la convecció profunda, si bé aparentment era poc favorable per al desenvolupament d'estructures organitzades.

Figura 1:

(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 31 d'agost de 2022 a les 15 TU.



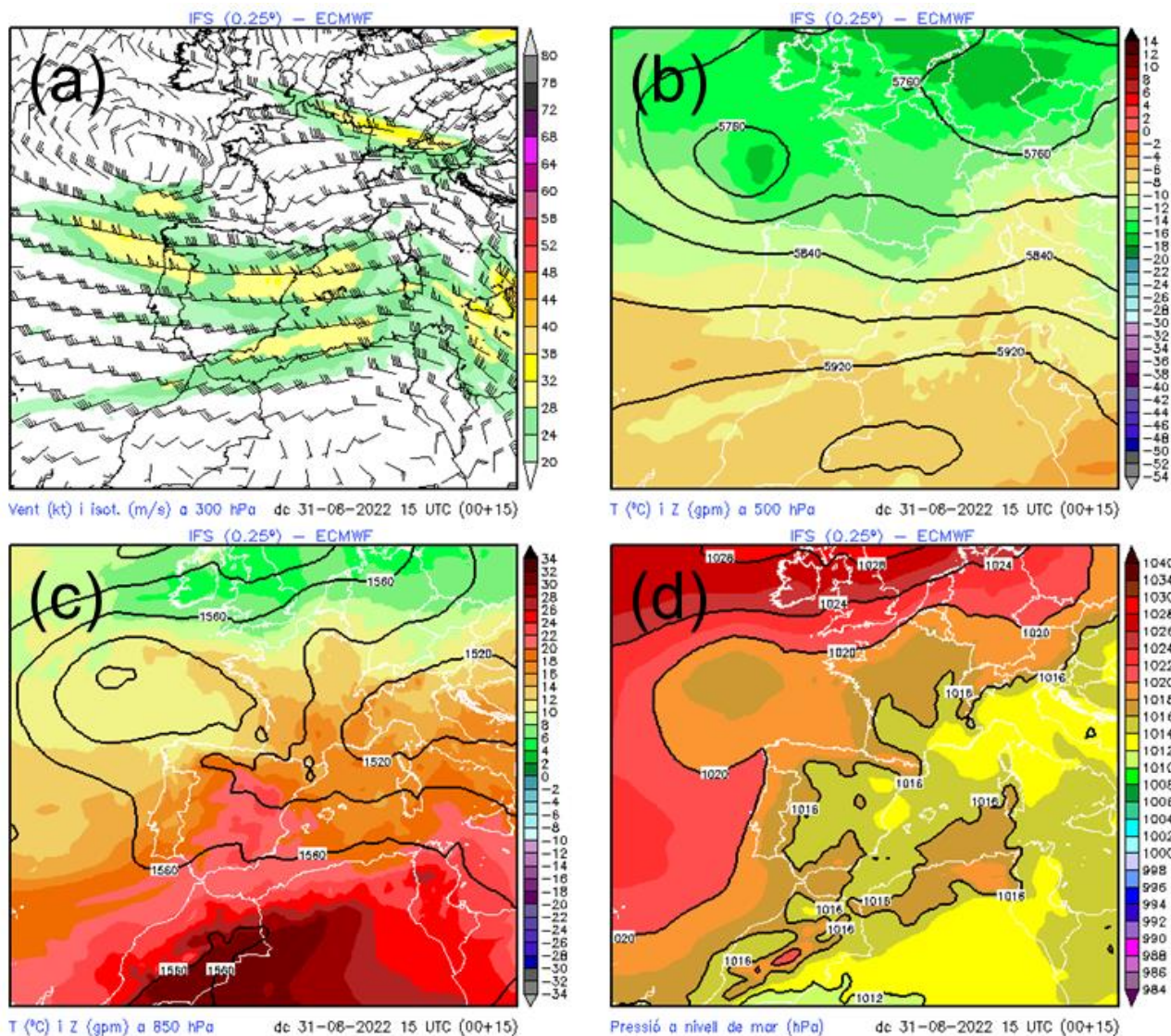
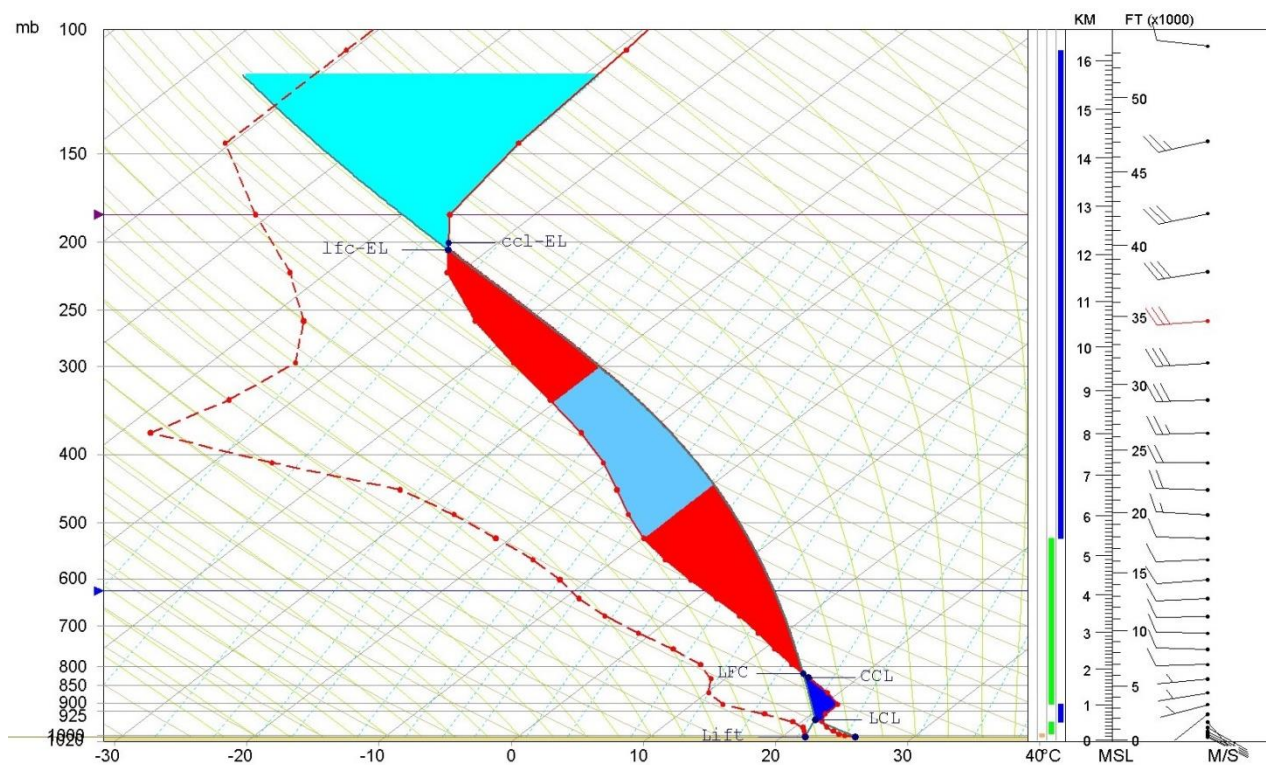


Figura 2:

Radiosondatge previst pel model WRF per Barcelona per al dia 31 d'agost a les 15 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.



Esclafit a Vilafranca del Penedès (l'Alt Penedès)

El primer dels episodis analitzats va tenir lloc a primera hora de la tarda a la comarca de l'Alt Penedès i va afectar, principalment, Vilafranca del Penedès.

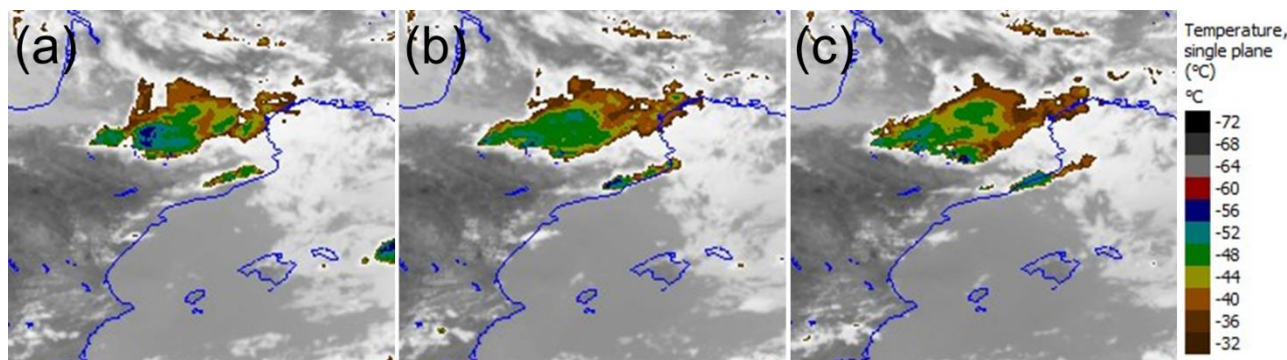
Teledetecció

Les imatges de satèl·lit mostren la presència d'un nucli convectiu al sector central de la serralada prelitoral a les 13:00 TU que es desplaçava cap al sud-est i que, a les 13:30 TU, se situava a la depressió prelitoral amb una temperatura al cim del núvol entorn els -56 °C (Figura 3a, b). Aquest mínim de temperatura denotava la presència de forts corrents d'aire ascendents, malgrat no tractar-se d'un valor tan baix com en d'altres episodis analitzats amb anterioritat². Posteriorment, l'estructura convectiva va avançar cap al litoral i va començar el procés de dissipació, tal com s'observa amb l'augment de la temperatura del cim del núvol (Figura 3c).

Figura 3:

² SMC (2021): Es confirma el tornad de la Llacuna – Santa Maria de Miralles a l'Anoia.
<https://govern.cat/govern/docs/2021/06/30/10/01/f85f2714-6945-433c-8368-89684f11a7b6.pdf>

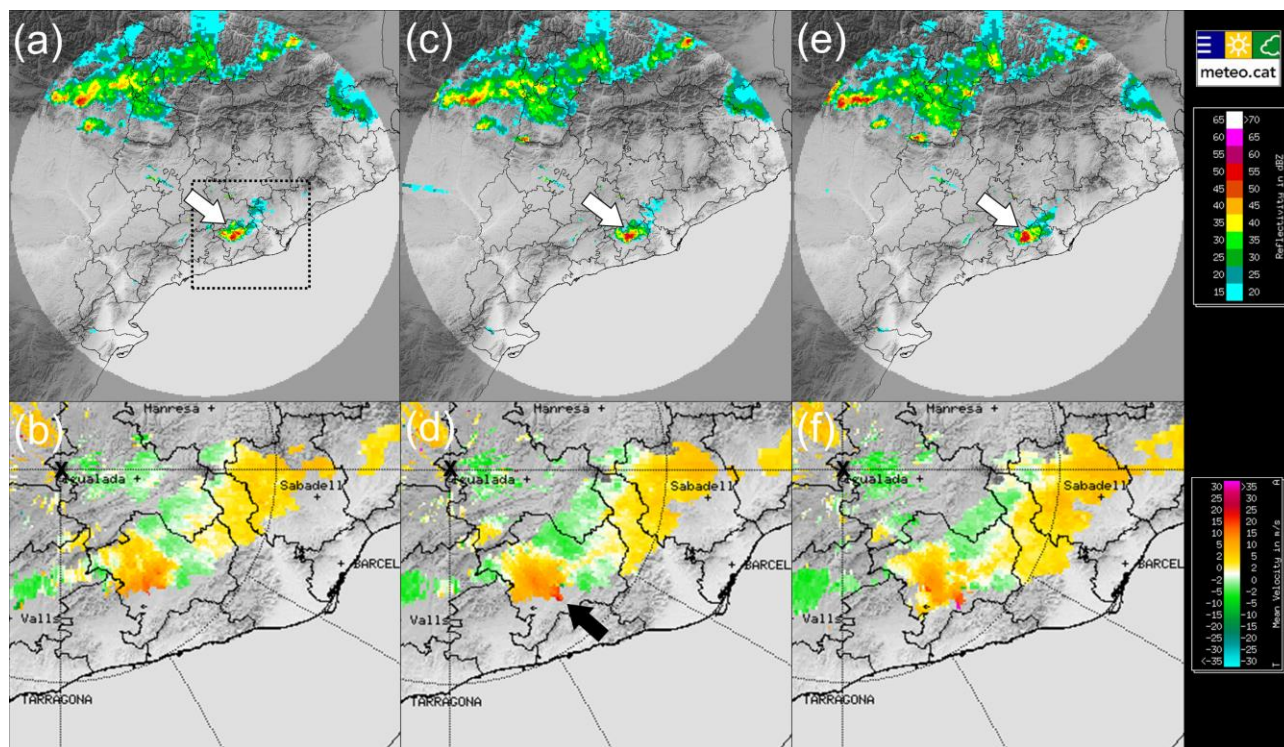
Imatges del canal 10,8 μm de l'infraroig del satèl·lit Meteosat del 31 d'agost a les (a) 13:00 TU, (b) 13:30 TU i (c) 14:00 TU.



Per altra banda, a les imatges del radar de la Panadella (CDV) es veu que poc abans de les 12 TU es va formar un nucli convectiu a redós de la serralada prelitoral, entre el sud de l'Urgell, el nord de la Conca de Barberà i l'oest de l'Anoia. Es va anar desplaçant en direcció sud-est i, al llarg de tota la trajectòria, va presentar valors elevats de reflectivitat fins que, en arribar a la costa del Baix Llobregat, es va dissipar. Tal com es pot veure a la [Figura 4a, c, d](#), entre les 13:18 i les 13:30 TU va afectar l'entorn de Vilafranca del Penedès, amb valors màxims de reflectivitat de 55 a 60 dBZ per al PPI 0,6°. Es tractava d'una cel·la convectiva amb un desenvolupament vertical molt notable. En aquest sentit, el producte Echo TOP de 12 dBZ va assolir un màxim de 14 a 16,5 km. Per altra banda, al camp de velocitat radial es pot observar un màxim proper als +20 m/s coincidint amb el pas del nucli per sobre de Vilafranca del Penedès ([Figura 4d](#)), fet que indica vent fort allunyant-se de la posició del radar (en direcció sud-est). Aquest màxim de vent estava associat a l'extrem sud de la cel·la convectiva.

Figura 4:

Imatge PPI (0,6°) de reflectivitat (primera fila, en dBZ) i de velocitat radial (segona fila, en m/s) del radar CDV del 31 d'agost a les (a), (b) 13:18 TU, (c), (d) 13:24 TU i (e), (f) 13:30 TU. La fletxa blanca indica la cel·la convectiva d'interès, el requadre de (a) mostra l'àrea representada a les imatges de velocitat radial, la fletxa negra de (d) indica el màxim de vent que es comenta al text, i la "X" de les imatges de velocitat radial mostren la ubicació del radar.



El nucli convectiu va anar acompanyat d'aparat elèctric durant tot el cicle de vida. A més, es va produir un augment sobtat del nombre de llamps³ al voltant de l'hora en què hi va haver la forta ventada que va provocar danys a Vilafranca del Penedès.

Treball de camp

El treball de camp⁴ es va dur a terme l'endemà de l'episodi, l'1 de setembre de 2022. Es van localitzar danys a bona part del nucli urbà de Vilafranca del Penedès, principalment en l'arbrat: branques trencades, arbres tombats i algun d'escapçat (Figura 5a). Precisament, la caiguda d'arbres també va causar danys en alguns vehicles. Tot i això, es va identificar una zona més afectada que la resta, concretament el sector nord-occidental de la ciutat, entorn la rasa dels Vinots i la zona esportiva (Figura 6). En aquest sector, una de les incidències més rellevants va ser la caiguda d'una torre de formigó amb estructura de ferro d'una línia elèctrica, que es va malmetre per la base, sobre una atracció de fira (Figura 5b). Els danys corresponen al grau EF0 de l'escala de Fujita millorada (vent inferior als 138 km/h).

³ Farnell C, Rigo T, Pineda N (2017): Lightning jump as a nowcast predictor: Application to severe weather events in Catalonia. Atmospheric Research, 183: 130-141. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2016.08.021>.

⁴ 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>.

L'àrea indicada al mapa mostra la zona amb més afectacions observades, si bé la majoria es van concentrar al sector nord-oest, que correspon a l'inici de l'esclafit (àrea delimitada de color negre). Ara bé, cal tenir en compte que fora d'aquesta àrea també es poden haver produït danys, encara que de menor rellevància i sense ser tan continus en l'espai. La zona afectada (àrea blanca) va tenir una longitud aproximada de 3,9 km i una amplada variable, d'1 a 2,5 km. Tot i això, la zona de màxima afectació va ser d'1,2 km de longitud i una amplada de 800 metres.

Malgrat que els serveis de neteja ja havien retirat part de l'arbrat afectat, es van trobar encara diversos exemplars tombats o escapçats i, a partir de la direcció de caiguda, es va poder estudiar el patró de danys. Es va observar que a l'extrem nord-oest del nucli urbà la major part dels arbres tombats ho estaven en direcció sud. Per contra, al centre de la població predominava la direcció sud-est alhora que, al nord, la direcció est. Per tant, hi havia un patró clarament divergent, que és compatible amb el camp de vent generat per un esclafit.

Els resultats del treball de camp són consistents amb les imatges de vídeo que existeixen de l'episodi, en els que s'observa una forta ventada amb una direcció del vent predominant associada a precipitació intensa. També és coherent amb la informació obtinguda mitjançant les eines de teledetecció. Precisament, en superposar les dades de radar amb les del treball de camp s'ha pogut estimar que l'esclafit va començar entorn les 13:20 TU i hauria tingut una durada aproximada de 6 minuts fins a dissipar-se al sud-est de Vilafranca del Penedès.

Figura 5:

Exemples dels danys materials observats a Vilafranca del Penedès: (a) arbre tombat i (b) torre de formigó d'una línia elèctrica tombat sobre una atracció de fira.



Figura 6:



Àrea afectada per l'esclafit de Vilafranca del Penedès (zona ombrejada de color blanc). L'àrea delimitada per un polígon de color negre al nord-oest del nucli urbà indica la zona amb més danys.



Tornado a Sabadell i Barberà del Vallès (el Vallès Occidental)

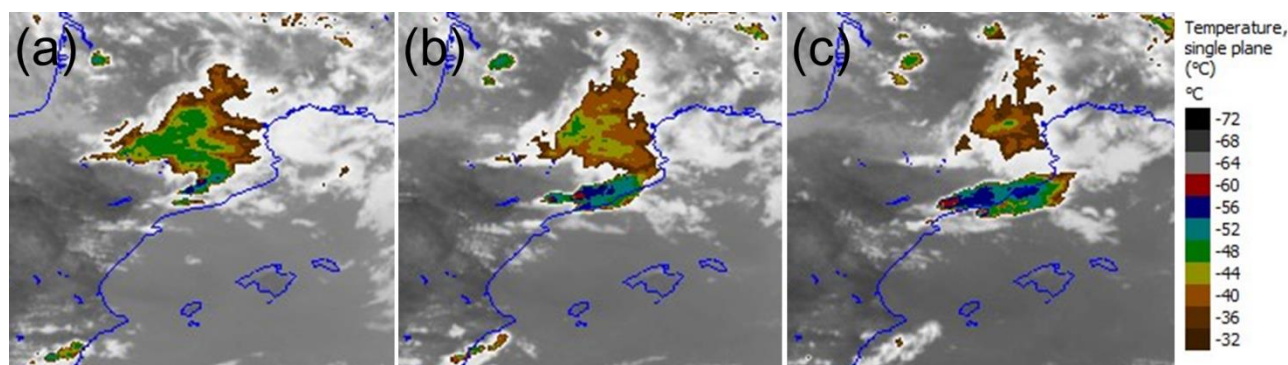
El segon episodi analitzat va tenir lloc a mitja tarda entre Sabadell i Barberà del Vallès, a la comarca del Vallès Occidental. Tot i això, altres poblacions veïnes, com Badia del Vallès, Cerdanyola del Vallès i Sant Cugat del Vallès, també van patir alguns danys (més lleus i dispersos que a Sabadell i a Barberà del Vallès).

Teledetecció

A la imatge de satèl·lit de les 15:30 TU s'hi pot veure una estructura convectiva al sud de la Catalunya Central amb valors baixos de temperatura al cim del núvol ([Figura 7a](#)). De fet, els valors més negatius corresponen als nuclis convectius més occidentals, tant en aquesta imatge com a les següents. A les 16:15 TU s'observa l'aparició d'un nou mínim de temperatura sobre la vertical del Vallès Occidental, entorn els -56 °C ([Figura 7b](#)), que posteriorment es va desplaçar cap a l'est fins a situar-se just davant del litoral central a les 17:00 TU ([Figura 7c](#)). Com en el cas de Vilafranca del Penedès, els valors baixos de temperatura denoten la presència de forts corrents d'aire ascendents, malgrat que els més intensos se situaven al sud del sector central del litoral i prelitoral, i no a la zona d'estudi.

Figura 7:

Imatges del canal 10,8 μm de l'infraroig del satèl·lit Meteosat del 31 d'agost a les (a) 15:30 TU, (b) 16:15 TU i (c) 17:00 TU.



Les imatges del radar de CDV mostren la formació de nuclis convectius al Prepirineu occidental a partir de les 13:18 TU. Es van anar traslladant cap al sud-est i, en arribar a l'Altiplà Central, es van desenvolupar noves cel·les convectives tot resseguint la línia de convergència a nivells baixos que es va configurar entre el vent de sortida dels nuclis convectius i el flux general de vent de component est. El conjunt de cel·les, aparentment independents entre elles, formaven una línia de xàfecs que s'estenia des de la Catalunya Central fins al prelitoral sud i que avançava cap al sud-est.

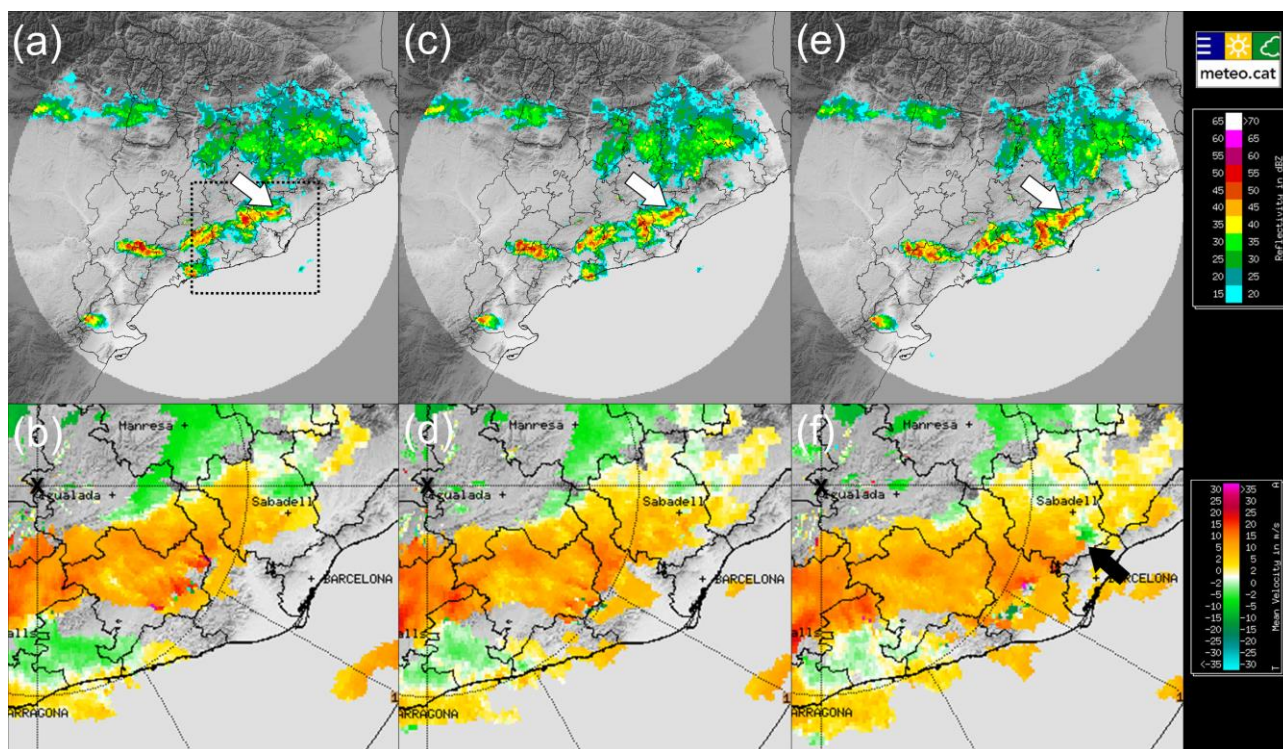
Pels volts de les 16 TU, a la part davantera d'un nucli que hi havia a la comarca del Bages, ja al Vallès Occidental, va créixer molt ràpidament una nova cel·la convectiva. La reflectivitat per a l'angle d'elevació de $0,6^\circ$ va assolir valors de 50 a 55 dBZ (Figura 8a, c, d) i el producte Echo TOP per a 12 dBZ va arribar a presentar valors de 13 a 14 km. Per tant, es tractava d'un nucli molt desenvolupat. Per altra banda, a partir de les 16:18 TU i en imatges posteriors, el camp de velocitat radial presenta la signatura típica d'un patró de rotació (un màxim de velocitat radial –colors càlids– contigu a un mínim –colors freds–)⁵. És especialment visible a la imatge de les 16:24 TU, amb valors entorn els +10 m/s i -10 m/s, respectivament (Figura 8f).

Figura 8:

Imatge PPI ($0,6^\circ$) de reflectivitat (primera fila, en dBZ) i de velocitat radial (segona fila, en m/s) del radar CDV del 31 d'agost a les (a), (b) 16:12 TU, (c), (d) 16:18 TU i (e), (f) 16:24 TU. La fletxa blanca indica la cel·la convectiva d'interès, el requadre de (a) mostra l'àrea representada a les imatges de velocitat radial, la fletxa negra de (f)

⁵ Brown RA, Wood VT (2007): A guide for interpreting Doppler velocity patterns: Northern Hemisphere Edition. NOAA/National Severe Storms Laboratory. <https://www.nssl.noaa.gov/publications/dopplerguide/Doppler%20Guide%202nd%20Ed.pdf>

indica el patró de rotació que es comenta al text, i la “X” de les imatges de velocitat radial mostren la ubicació del radar.



El conjunt de nuclis convectius van anar acompanyats d'una notable activitat elèctrica durant tot el cicle de vida. Malgrat tot, si ens centrem a l'àrea d'interès, s'observa que mentre el nombre de llamps associats a la cel·la del sud del Bages decreixia a mesura que s'atansava a la serralada prelitoral, hi va haver un ràpid augment de les descàrregues elèctriques a la depressió prelitoral fruit del creixement sobtat del nucli convectiu que va donar lloc a la ventada.

Treball de camp

El treball de camp d'aquest episodi també es va dur a terme l'1 de setembre de 2022. La zona analitzada comprenia el sud del terme municipal de Sabadell i el conjunt del de Barberà del Vallès (el Vallès Occidental). Es van trobar desenes d'arbres afectats, ja fos amb branques trencades ([Figura 9a](#)) o bé exemplars arrancats de soca-rel o escapçats. També es van observar danys en teulades i façanes, en mobiliari urbà, així com desperfectes en vehicles per la caiguda d'arbres i d'altres objectes arrossegats pel vent.

Al polígon industrial del sud de Barberà del Vallès diverses naus van patir danys a les cobertes. Algunes planxes metàl·liques de les cobertes es van trobar a més d'un centenar

de metres de distància del punt d'origen. Una de les naus també va perdre algunes de les finestres (Figura 9c).

Malgrat que l'orientació dels carrers molt probablement va afectar la direcció de caiguda dels arbres, el patró resultant observat presentava una lleugera convergència, típic d'un tornado. A més, l'impacte d'una coberta contra una façana que es troba encarada a sud també denota la presència d'un vòrtex en superfície (Figura 9b). Tot el sistema convectiu es desplaçava de nord-oest a sud-est i, per tant, en cas que s'hagués produït un esclafit o un front de ratxa intens, la coberta hauria estat arrossegada cap al sud-est, i no cap al nord. Per altra banda, les imatges de vídeo que existeixen de l'episodi mostren un vòrtex en contacte amb la superfície que arrossegava tota mena d'objectes alhora que, just a la seva vertical, s'apreciava la base del cumulonimbus en rotació, fet que confirma la formació d'un tornado tot i l'absència d'una tuba o núvol d'embut visible.

Majoritàriament, els danys es van trobar en una franja de 3,4 km de longitud i d'una amplada màxima de 250 metres, encara que en general oscil·lava entre els 100 i els 150 metres (Figura 10). S'estima que el tornado va tocar terra a les 16:15 TU i que es va dissipar cinc minuts més tard, en travessar l'autopista AP7. Atesos els danys observats, s'estima que el fibló fou d'intensitat EF1 (138-178 km/h), molt probablement amb una velocitat del vent propera a la banda més baixa del rang d'aquesta categoria. Un fet remarcable d'aquest cas és que la traça de danys estava orientada de nord-oest a sud-est, una direcció ben poc freqüent en els casos de tornados a Catalunya. L'orientació més habitual és de sud-est a nord-oest o de sud a nord⁶. Curiosament, en aquesta zona es va registrar un altre tornado fa 65 anys, el 29 de maig de 1957⁷.

Independentment, es van observar danys dispersos en l'arbrat en altres zones del sud de Sabadell, del conjunt de Barberà del Vallès, així com als municipis de Badia del Vallès, Cerdanyola del Vallès i Sant Cugat del Vallès (el Vallès Occidental). Generalment, es tractava de branques trencades i d'alguns arbres tombats. Aquests danys no corresponen al tornado, sinó a les fortes ratxes de vent associades amb la precipitació intensa que hi va haver a continuació del fibló. Hauria estat, doncs, el front de ratxa del nucli convectiu o bé un esclafit. En qualsevol cas, fou un fenomen més extens però menys intens (EF0) que el tornado.

La coexistència dels dos fenòmens i de les incidències provocades ha dificultat la identificació de la traça de danys associada al tornado, especialment en relació amb el punt d'inici. Si bé no es descarta que el fibló hagués pogut tocar terra uns metres més al nord del que consta al mapa, s'ha establert com a punt d'inici la zona propera a l'estació de Rodalies Sabadell Sud, ja que és on es troben els primers danys continus i

⁶ Rodríguez O, Bech J, Arús S, Castán S, Figuerola F, Rigo T (2021): An overview of tornado and waterspout events in Catalonia (2000–2019). Atmospheric Research, 250: 105415. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105415>.

⁷ Gayà M (2018): Els Fiblons a Espanya: Climatologia i catàleg de Tornados i Trombes, 2a edició. Palma: Universitat de les Illes Balears 619 pp.

arreglerats amb la resta de la franja afectada. La resta d'afectacions, doncs, s'atribueixen al front de ratxa del nucli convectiu o a un esclafit.

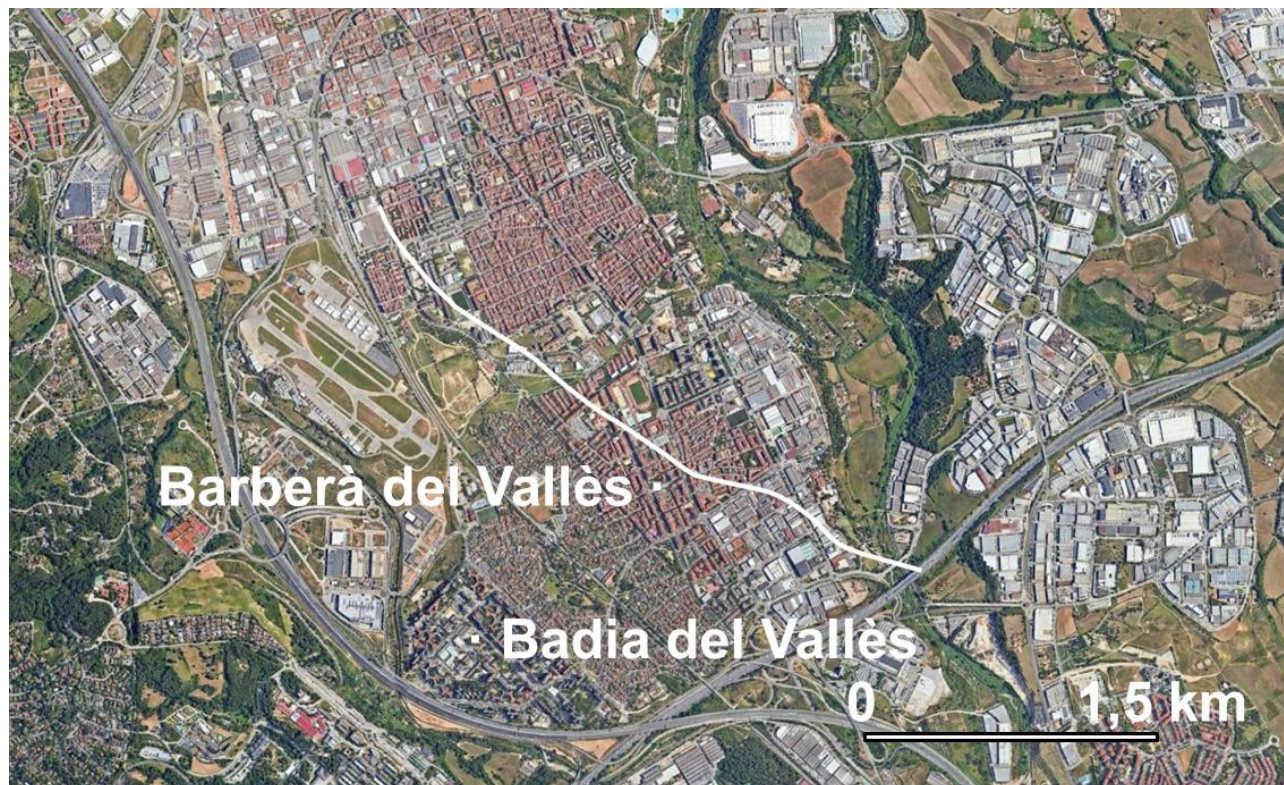
Figura 9:

Exemples dels danys materials observats a Sabadell i a Barberà del Vallès: (a) arbres amb branques de grans dimensions trencades, (b) façana amb danys per l'impacte d'una coberta i (c) pèrdua de part de la coberta i danys en una finestra d'una nau industrial.



Figura 10:

Recorregut del tornado de Sabadell – Barberà del Vallès (línia blanca).



Conclusions

El dia 31 d'agost de 2022, en un context de xàfecs localment d'intensitat forta i acompanyats de tempesta es van produir fortes ventades d'origen convectiu que van causar danys materials a les comarques de l'Alt Penedès i del Vallès Occidental. A partir del treball de camp dut a terme l'endemà i de l'anàlisi de les dades de teledetecció i de les imatges dels episodis enregistrades per diversos testimonis s'ha pogut conèixer que a les 13:20 TU un esclafit d'intensitat EF0 segons l'escala de Fujita millorada va afectar Vilafranca del Penedès (l'Alt Penedès). L'esclafit va causar desperfectes en una zona de 3,9 km de longitud i d'1 a 2,5 km d'amplada, si bé l'àrea més afectada fou d'una mida menor, localitzada al nord-oest del nucli urbà. Per altra banda, a les 16:15 TU es va produir un tornado entre els municipis de Sabadell i Barberà del Vallès (el Vallès Occidental). Fou d'intensitat EF1, molt probablement amb una velocitat del vent propera a la banda més baixa del rang d'aquesta categoria, i va afectar una franja de 3,4 km de llargada i de 250 m d'amplada màxima. A més, el front de ratxa associat al nucli convectiu o un esclafit d'intensitat EF0 va causar danys dispersos i de menor rellevància uns minuts després del tornado a aquests dos municipis vallesans i també a Badia del Vallès, Cerdanyola del Vallès i Sant Cugat del Vallès.

14 de setembre de 2022