

Estudi meteorològic del dia 24 d'agost de 1993

Línia de torbonada

Joan Arús i Dumenjó
José Manuel López Pérez
*Físic i analistes-predictors del Grup
de Predicció i Vigilància*

Centro Meteorológico de Cataluña
Instituto Nacional de Meteorología
(INM)

Antoni M. Mestres i Bertran
Físic i home del temps

Barcelona TV
i Radio Nacional de España (RNE)

Introducció

Durant el dia 24 d'agost de 1993 hi hagué fortes tempestes al Principat. Cap a migdia, la caiguda d'un llamp a la subestació transformadora de FECSA, a Sant Andreu de Palomar, produïa la famosa apagada general que durant més de vuitanta minuts va deixar a les fosques tot Catalunya, Andorra i el nord d'Osca.

En aquest article, per mitjà de les imatges del satèl·lit Meteosat, del radar, de la xarxa de detecció de llamps i de les informacions dels col·laboradors de l'Institut Nacional de Meteorologia (INM), intentarem demostrar que les fortes tempestes de la tarda d'aquest dia varen ser produïdes per una línia de torbonada.

Els temps estan en temps universal coordinat (UTC), és a dir, dues hores menys de l'hora local.

Els esdeveniments

La nit i la matinada del 23 al 24 d'agost de 1993 ja es varen registrar fortes tempestes, especialment al Pirineu occidental; concretament, a Cabdella (Pallars Jussà) es recolliren més de 60 l/m².

A mig matí del dia 24 es tornaven a formar nuclis de tempesta cap al sistema Ibèric i davant la costa catalana.

A les 12.00 UTC hi havia un nucli convectiu davant la costa del Baix Penedès i del Garraf. Entre les 12.30 i les 13.45 UTC es recollien 70 l/m² a Cunit i gairebé 40 l/m² al Vendrell. Aquests aiguats varen anar acompanyats de molt aparell elèctric. Un dels llamps va caure sobre un transformador del barri de Sant Andreu de Palomar de Barcelona tot provocant l'apagada general. Mentrestant, cap a l'interior d'Aragó es formaven altres nuclis de convecció amb una configuració diferent a la de la costa catalana.

Segons l'Associació de Defensa Vegetal (ADV) de les Terres de Ponent, Lleida: "Entre les 18.00 i les 19.00 UTC es pro-

duí una forta tempesta d'aigua, vent i calamarsa que afectà de forma diferent una àmplia superfície de la zona a defensar. L'àrea afectada es pot delimitar en dues zones:

1. Des de Lleida tot seguint Segre amunt fins a Balaguer i cap a l'esquerra fins al límit de la província amb Osca. En tota aquesta zona la distribució de la pedra és molt irregular, encara que sembla que la zona més afectada ha estat: Tèrmens, Menàrguens, Vallfogona de Balaguer, Gimènells, la Portella, Albesa, etc. Encara que la resta de municipis han estat irregularment afectats.
2. Zona de l'Urgell: Els municipis de Castellserà, Ivars d'Urgell, Linyola, Penelles, la Fuliola, amb danys de consideració.

La pedra en la majoria dels casos era petita, abundant i va caure barrejada amb aigua. En alguns casos tenia color negre".

Aquest nucli compacte que de forma més o menys cohesionada va creuar tot Catalunya és el que volem analitzar acuradament.

Cap a les 20.00 UTC les tempestes entren a la província de Barcelona i paral·lelament s'activa un nucli a la de Tarragona. És a la comarca del Bages, on la tempesta assoleix la màxima activitat i virulència. Pels volts de les 20.30 UTC, i durant vint minuts, al poble d'Artés, proper a Manresa, cau una forta pedregada amb molt aparell elèctric. En poca estona es recullen 117 l/m² i les pedres són tan grans com ous de gallina. Els municipis d'Artés, Santpedor i Sallent són els més afectats. La major part de les collites de blat de moro i raïm es perden. El subministrament de corrent elèctric queda tallat. Hi ha petites inundacions, sostres d'uralita perforats, tant de cases i granges de galls dindi com d'in-

dústries. Els desperfectes a les carrosseries dels cotxes són considerables, amb molts vidres trencats. A Manresa les quantitats d'aigua no superen els 30 l/m² amb fortes ratxes de vent, que a les 20.10 UTC assolixen 72 km/h.

Entre les 20.30 i les 21.20 UTC hi ha noves i intenses tempestes al Camp de Tarragona, que provoquen inundacions a la zona turística de Salou i talls del corrent elèctric, així com de carreteres. A l'aeroport de Reus es recullen 50 l/m² (amb una intensitat horària equivalent de 101 mm/h), i s'hi registra un cop màxim de vent de 72 km/h del W-NW a les 20.05 UTC. A la ciutat de Tarragona i al Vendrell es recullen uns 25 l/m² en vint minuts, acompanyats de pedra petita o calamarsada. Aquest nucli convectiu arribà a la ciutat de Barcelona cap a les 21.50 UTC, molt actiu damunt la mar, i donà 17 l/m² a l'aeroport del Prat i només 4 l/m² a l'observatori de la part alta de la ciutat; no obstant, la tempesta originà un altre tall de llum.

Per altra banda, la tempesta de l'interior de Catalunya segueix avançant cap a llevant i finalment arriba a les comarques més orientals, on es mostra molt virulenta, sobretot a l'Empordà. Aquest és el testimoni del senyor Josep Pascual, un col·laborador de l'INM altament qualificat i que des de l'Estartit va seguir la tempesta: "Entre les 21.50 i les 21.53 UTC va caure pedra seca d'entre 2 i 3 cm de diàmetre, quedant a terra alguns centímetres de gruix ... És la pedregada de poder més destructiu observada en aquesta estació meteorològica, amb vint-i-cinc anys d'existència.

... la intensitat de la precipitació hauria estat la següent: 10 mm en quatre minuts, 16,5 mm en deu minuts i 20 mm en vint minuts, tot i que la intensitat segurament hauria estat superior, ja que el pluviògraf només registra la precipitació una vegada desglaçada la pedra.

En el moment central de la tempesta hi va haver una oscil·lació sobtada de la pressió atmosfèrica de 5 hPa, així com una baixada instantània de la temperatura de 5°C; també es van observar moviments del mar en forma de seixes de curt període (vuit a deu minuts) i d'una amplitud d'uns 50 cm."

Posteriorment comenta que les casolletes dels anemòmetres varen ser des-trossades. La gàbia meteorològica va quedar plena de forats en les parets orientades cap a l'oest i cap al nord. Hi va haver molts ocells morts, closques esclafades de cargols bovers, bonyis a tots els cotxes, alguns amb vidres trencats, persianes de PVC orientades al nord i a l'oest amb infinitats de forats, etc.

Algunes definicions

Les torbonades, habitualment, són considerades pel gran públic com les tempestes violentes o severes acompanyades amb moltes descàrregues elèctriques, vents forts i xàfecs intensos. Es donen a Catalunya amb certa freqüència des del maig fins ben entrada la tardor. Estrictament, la torbonada és un gir bruscat de la direcció del vent, en sentit horari o rondada, la velocitat del qual augmenta a partir d'un mínim de 30 km/h, amb una velocitat final mínima de 40 km/h; aquest gir persisteix més d'un minut i desapareix també bruscament.

Modernament, i per a latituds mitjanes, podem definir una línia de torbonada com un sistema convectiu mesoescalar (SCM) que pren una estructura lineal de considerable extensió, entre 200 i 1 000 km de llargària i entre 20 i 200 km d'amplada, i al llarg de la qual es registren fenòmens convectius severos, que no són frontals, tot i que solen presentar-se precedint un front fred, a la zona càlida, ordinàriament entre 200 i 300 km per davant del front. Naturalment, el causant d'una línia de torbonada és un *cumulonimbus arcus*, que produeix al seu pas una variació sobtada de la pressió i temperatura, a més de la rondada del vent, generalment d'un SW fluix cap a un NW fort, sovint amb una encalmada entremig.

Parlarem de temps dur o sever quan s'acompleix alguna de les següents condicions:

- a) es produeixen descàrregues elèctriques gairebé contínues,
- b) torbonada de més de 60 km/h,
- c) calamarsa o pedra de grandària superior a 1 cm, i
- d) esclafits, mànegues marines o tornados.

El contrari de la severitat és l'eficiència, que caracteritza els episodis amb pluges abundoses; les condicions meteorològiques no són les mateixes. Un ambient caracteritzat per gran inestabilització atmosfèrica vertical, potents estrats secs i notable cisallament vertical del vent afavorirà la severitat del temps, mentre que un de molt humit a tots els nivells, lleugerament inestable i amb poc cisallament n'afavorirà l'eficiència.

A grans trets parlarem de SCM quan ens referim a un grapat de núvols tempestuosos que, a diferència d'una tempesta ordinària, tenen organització i vida pròpia durant un temps superior a tres o quatre hores.

Situació sinòptica

A les 12.00 UTC del dia 24 d'agost de 1993 hi havia un anticicló de 1 032 hPa centrat a l'W d'Irlanda i una zona de baixa relativa a tota la conca mediterrània amb un front fred molt desdibuixat des de Suïssa

fins a Galícia. A 850 hPa hi havia un fort gradient tèrmic al llarg de la vall de l'Ebre, des dels 4°C del Cantàbric fins els 20°C del Mediterrani. A 700, 500 i 300 hPa es manté el gradient tèrmic, però menys marcat. Hi ha un tàlveg ben format amb eix París-la Coruña i fàcilment podem suposar un corrent màxim de vent del SW, probablement des de Cadis fins als Alps.

El dia 25 a les 6.00 UTC la baixa peninsular s'ha desplaçat cap al centre d'Eivissa amb un front fred al sud i un ampli front càlid al nord que frega tota la costa catalana i s'estén fins als Balcans.

Anàlisi de l'estructura vertical

Segons els radiosondatges de Palma i Saragossa, l'estructura termodinàmica de l'atmosfera presenta una marcada inestabilitat latent i potencial, és a dir, un forçament puntual pot disparar el creixement dels núvols fins a la tropopausa (12-13 km). A més a més, observem la presència de capes seques entre la superfície i uns 4 000 metres, així com un notable cisallament vertical del vent fins a 3 000 metres.

Anàlisi mesoescalar subjectiva

Superfície

Poc després que a les planes de Lleida s'assoleixi el màxim tèrmic del dia, per la vall de l'Ebre comença a penetrar una massa d'aire freda i pràcticament saturada. A les 18.00 UTC la frontera entre aquestes dues masses ben definides és a la franja de ponent amb un marcat gradient tèrmic i bàric. A la ciutat d'Osca la temperatura és deu graus inferior a la de Lleida i la pressió 3 hPa més alta. A més a més, hi ha una clara convergència dels vents cap a aquesta línia de discontinuïtat, que no és res més que un front mesoescalar molt actiu. Al llarg d'aquest front és on s'acaba organitzant la línia de torbonada. Aquest front travessa de forma compacta les terres de ponent i posteriorment es dilueix en desplaçar-se cap a la costa.

850 i 700 hPa

Destaquem una frontera clara entre la massa càlida i seca mediterrània i la humida i freda que avança des del Cantàbric, i que en el cas de 700 hPa es troba més avançada cap a la Mediterrània. A 850 hPa, a les 12.00 UTC, observem un màxim de vent a Múrcia, de 30 kt, del SW.

500 i 300 hPa

Destaquem, a les 12.00 UTC, un tàlveg tèrmic que penetra del Cantàbric cap a Saragossa amb -16°C amb un corrent en raig a 300 hPa, que arrenca de Gibraltar i assoleix un màxim de 100 kt a prop de Saragossa.

Imatges del Meteosat

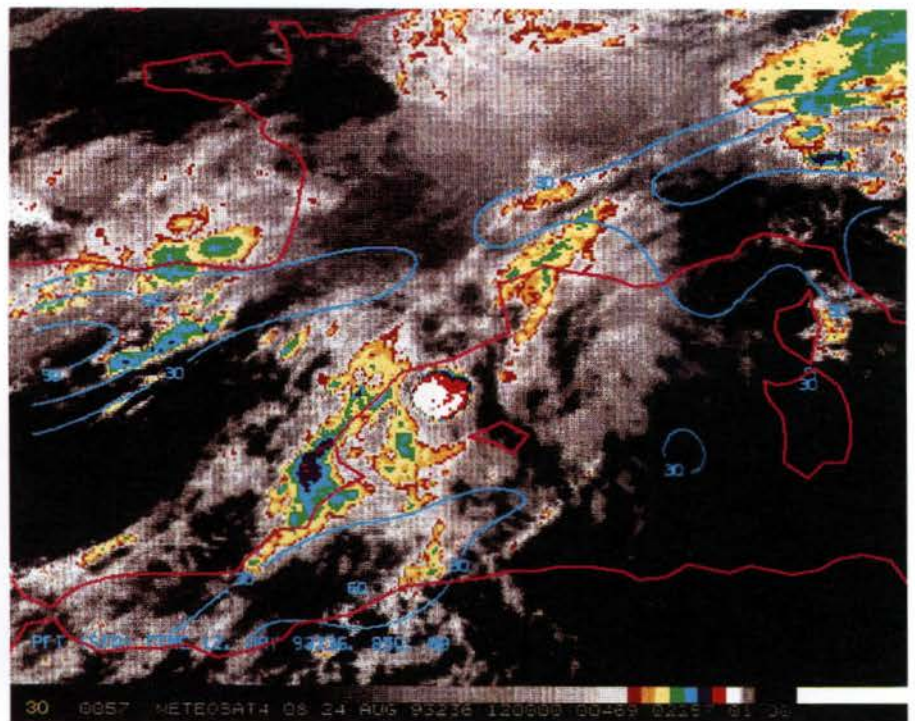
Les imatges que es presenten són acolorides, tret de la de les 18.00 UTC, per tal de ressaltar els cims de núvols, de tal manera que cada color representa un salt de quatre graus; així, el color groc dona compte de temperatures de -40 a -43°C, el verd de -44 a -47, el blau cel de -48 a -51, el blau fosc de -52 a -55, el vermell de -56 a -59, el blanc de -60 a -63, el gris de -63 a -67 i el negre de -68 a -79.

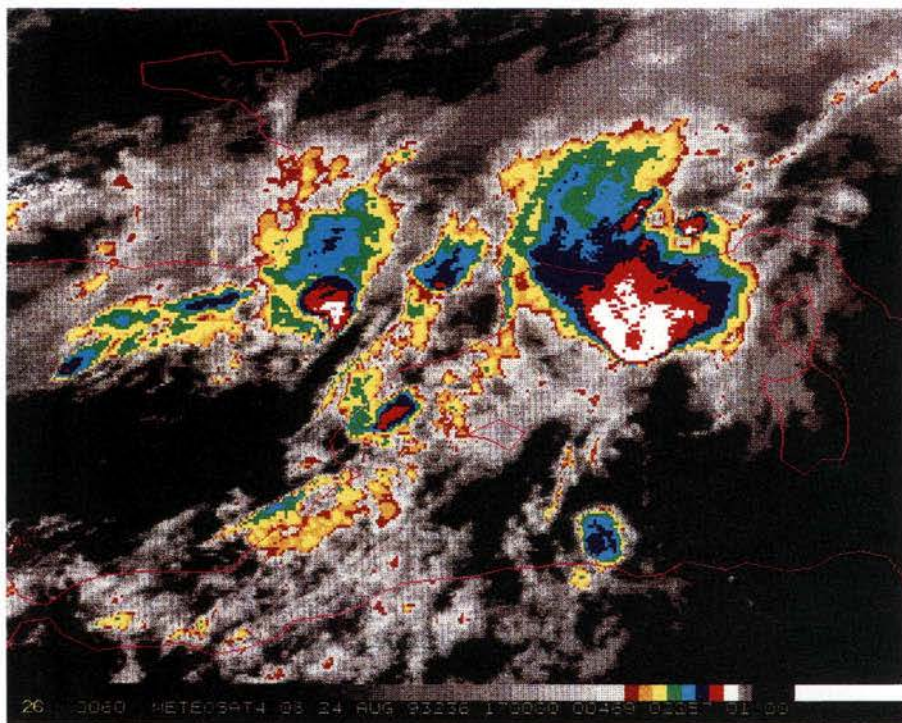
12.00 UTC (*imatge 1*): S'aprecia clarament el corrent en raig que arrenca de més enllà de l'estret de Gibraltar, i que assoleix el màxim de 100 kt a la vora de Saragossa. A la costa sud catalana, damunt la mar, s'observa un SCM, que una mica més tard produirà l'apagada general a tot Catalunya, i cap a l'Aragó creixen els primers nuclis convectius. També observem una banda nuvolosa al Cantàbric que s'estén de NE a SW i limita la part dreta de la zona fosca corresponent al màxim de vent. A la imatge de satèl·lit se li ha sobreposat el Paràmetre Frontal Tèrmic (PFT), que calcula la direcció de la variació màxima del mòdul del gradient tèrmic per marcar la posició del front.

17.00 UTC (*imatge 2*): El SCM ha augmentat de superfície i s'ha desplaçat cap al NE, situant-se damunt la mar i abraçant el sud de França i l'extrem nord-oriental de Catalunya. A l'Aragó s'observa la formació d'un nou SCM a l'esquerra del màxim de vent, dins la nuvolositat associada al front i que acabarà encloent la línia de torbonada.

Imatge 1:

Fotografia acolorida del satèl·lit Meteosat pertanyent al canal infraroig, IR, a les 12.00 UTC. El PFT a 850 hPa, de color blau, ens marca una frontera entre diferents masses d'aire en funció de la seva temperatura i grau d'humitat, a més de caracteritzar el front mitjançant la seva distribució vertical. L'eix del PFT a nivells mitjans i alts de la troposfera (no mostrat) s'avança, la qual cosa vol dir que es tracta d'un front fred tipus cata, que es caracteritza per un descens postfrontal d'aire sec que fa augmentar la inestabilitat potencial. D'altra banda, s'observa el SCM causant de l'apagada general, amb estructura circular a diferència de la línia de torbonada, la qual cosa vol dir que presenta una circulació mesoescalar independent, en bona mesura, de l'entorn sinòptic





Imatge 2:
 Imatge del canal IR de les 17.00 UTC. El SCM causant de l'apagada general ha crescut molt i s'ha desplaçat cap al NE. El més important és el nucli que s'ha format a l'esquerra del raig, que ja començava a prendre forma de ventall, més marcada per la banda de llevant

Imatge 3:
 Imatge del canal IR de les 18.00 UTC. La recerca d'imatges en forma de ventall o V és un element cabdal a l'hora d'emetre avisos de temps dur o sever. En el 24% dels avisos emesos pel National Severe Storm Forecaster Centre (NSSFC), a Kansas City, les imatges de satèl·lit presentaven forma triangular invertida

18.00 UTC (*imatge 3*): El SCM format a l'Aragó ha augmentat molt de superfície i té una clara forma de ventall o V. Aquesta curiosa forma és una manifestació del gran tiratge o velocitat vertical en interaccionar amb el fort cisallament associat al màxim de vent de 300 hPa. La banda nuvolosa, estreta i allargada com un pal d'escombra, que se situa davant del sistema en forma de V, no és el reflex en forma de núvols



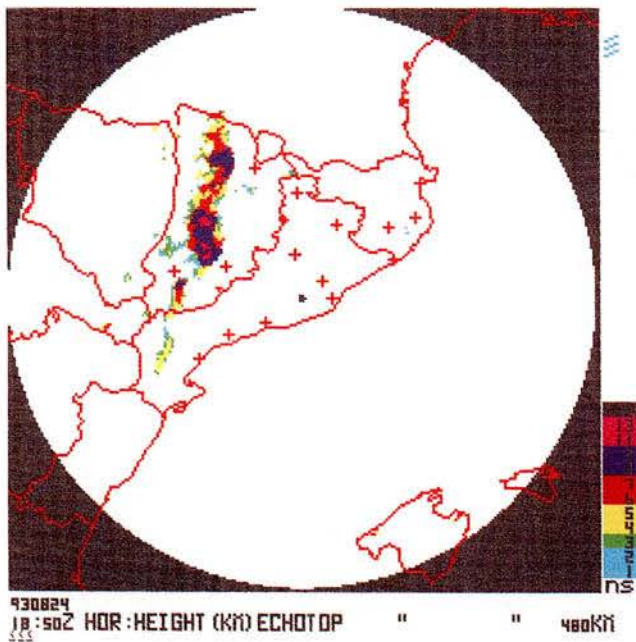
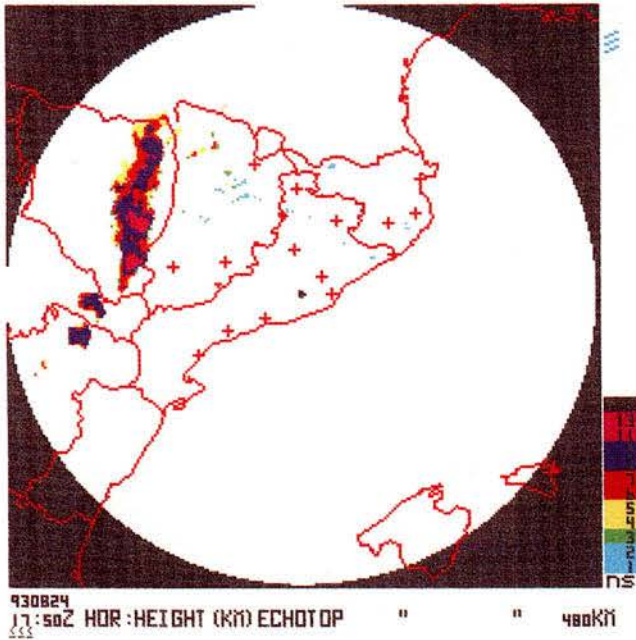
del front de ratxes, sinó les restes del nucli allargat descrit en la imatge de les 17.00 hores i que ha estat aprimat per la subsidència associada a la part davantera de la gran tempesta. En diversos estudis fets als EUA s'ha vist que el 75% de les estructures en forma de V ocasionen temps dur en superfície en els seixanta minuts posteriors a la seva aparició.

El SCM nascut a les 15.00 UTC a l'Aragó arriba a la seva màxima extensió, uns 56 000 km², sota l'àrea de -52°C, a les 19.30 UTC. La temperatura més baixa que assoleix el sistema és de -67°C, i la seva durada és, com a mínim, de set hores.

Imatges de radar

El tipus d'imatges de radar que utilitzarem són els anomenats *ecotops*, és a dir, la representació plana de la màxima altura a què arriben els ecos del sistema convectiu. Com més alts siguin aquests, més potent és el sistema convectiu.

La primera localització (*imatge 4*) correspon a les 17.50 UTC. En aquesta primera localització, ocupa una franja lineal que s'acosta a la franja de ponent amb reflectivitats molt altes embotides, de l'ordre de 13 km, coherents amb els cims de núvols dels sondeigs i fotos del Meteosat tractades. A la següent imatge disponible



(imatge 5), a les 18.50 UTC, s'observa que el sistema s'ha desplaçat uns 50-60 km, i se situa al llarg de la Noguera Pallaresa aproximadament, alhora que comença a desdibuixar-se l'estructura lineal i el nucli de més al sud sembla endarrerir-se i afeblir-se. A les 19.50 UTC (imatge 6) la meitat nord s'accelera una mica, mentre que el nucli de més al sud segueix endarrerint-se, però s'activa molt en acostar-se al mar. S'observa clarament l'ondulació del sistema, que és un símptoma de severitat. A les 20.50 UTC (imatge 7) la meitat nord, molt ondulada i separada del nucli del sud, es mou lentament. El nucli del sud també es mou lentament i seguint la costa. A les

21.50 UTC (imatge 8) el nucli del nord ja ha arribat a la costa i és molt actiu, mentre que el del sud presenta la part més activa damunt la mar. Segons aquest moviment, la velocitat és d'uns 50-60 km/h quan el sistema presenta una estructura més lineal i de 25-30 km/h quan els nuclis són més aïllats i costaners. A les 22.50 UTC la línia de torbonada, molt activa, ja és mar endins (imatge 9).

Descàrregues elèctriques

Durant tot el dia i la matinada del 25 d'agost de 1993, la xarxa de detecció de descàrregues elèctriques (REDDEL) de l'INM va detectar 17 401 llamps, només

Imatge 4:

La interpretació dels *ecotops* és equivalent, però no igual, a les imatges IR de satèl·lit, de les quals disposem de la temperatura de brillantor dels cims de núvols. No obstant això, les altures donades pels *ecotops* sempre seran menors que les obtingudes per les corresponents imatges de satèl·lit.

En aquesta primera localització, ocupa una franja lineal que s'acosta a la franja de ponent amb reflexibilitats molt altes embotides, de l'ordre de 13 km, coherents amb els cims de núvols dels sondeigs i fotos tractades del Meteosat

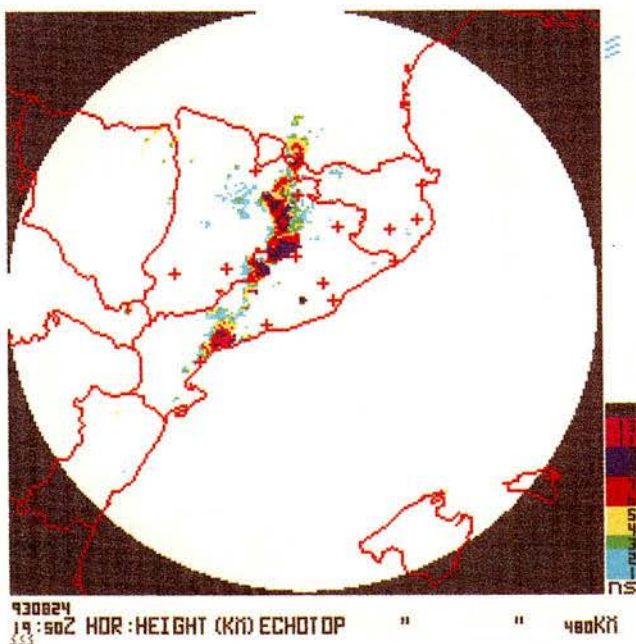
Imatge 5:

Una hora més tard, a les 18.50 UTC, s'observa que el sistema s'ha desplaçat uns 50-60 km i se situa aproximadament al llarg de la Noguera Pallaresa, alhora que es comença a desfigurar l'estructura lineal i el nucli de més al sud sembla endarrerir-se i afeblir-se. A les 19.00 UTC (no mostrat), s'observa un màxim de reflexibilitat a nivells mitjans i centrat, per tant és de suposar que som a la fase inicial no severa d'una estructura multicel·lular.

La línia de torbonada és formada per un complex multicel·lular de dimensió lineal gran comparada amb la grandària de cada cèl·lula individual. En aquesta línia l'entrada de flux a nivells baixos es produeix per la part davantera (respecte del moviment de la línia), mentre que el flux descendent de sortida, que enclou la precipitació més important, és situat a la part posterior. El flux de sortida de diverses cèl·lules veïnes origina un front intens de vent en superfície. A aquesta hora, a Tàrraga s'enregistra un cop de vent de ponent, de 68 km/h, i la temperatura baixa de 22 a 15 graus

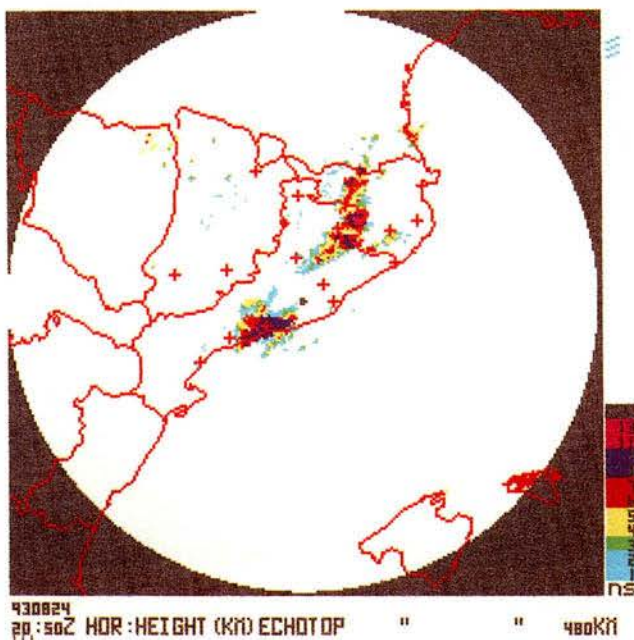
Imatge 6:

A les 19.50 UTC, la meitat nord s'accelera una mica i el nucli de més al S continua endarrerint-se, però s'activa molt en acostar-se al mar. S'observa clarament l'ondulació del sistema (LWEP: *line wave echo pattern*), que denota severitat perquè una de les cèl·lules ha crescut més, alhora que tenen lloc sortides d'aire més fortes i que intensifiquen el sistema; els màxims de reflexibilitat a nivells mitjans i alts (no mostrats) són desplaçats una mica cap a l'E, la qual cosa indica que som a la fase de creixement. També s'observa un creixement molt important del nucli del S, amb màxims de reflexibilitat desplaçats cap a la part davantera, sobretot a les 20.20 UTC i 20.40 UTC, cosa que és símptoma d'un cert grau d'organització interna i de possibles fenòmens severos en superfície. A Veciana, s'enregistra un cop de vent del N de 48 km/h, un salt de pressió de 6,4 hPa i una baixada de temperatura de 3 graus



Imatge 7:

A les 20.50 UTC, la meitat nord, molt ondulada i separada del nucli del sud, es mou lentament. El nucli del sud també es mou lentament i seguint la costa. Aquesta imatge correspon als fenòmens severos observats al poble d'Artés i als aiguats del Camp de Tarragona



a l'àrea de Catalunya i rodalia. Pel que fa a la línia de torbonada, les primeres descàrregues són a les 14.00 UTC i l'activitat elèctrica persisteix fins a les 2.30 UTC. Anomenarem NT els llamps o descàrregues elèctriques núvol-terra, que són la mena de descàrregues que registra la REDDEL; a partir de la polaritat de les NT, parlarem de NT(+) o NT(-), i, segons la seva freqüència relativa, podem obtenir algunes relacions sobre la severitat de la tempesta.

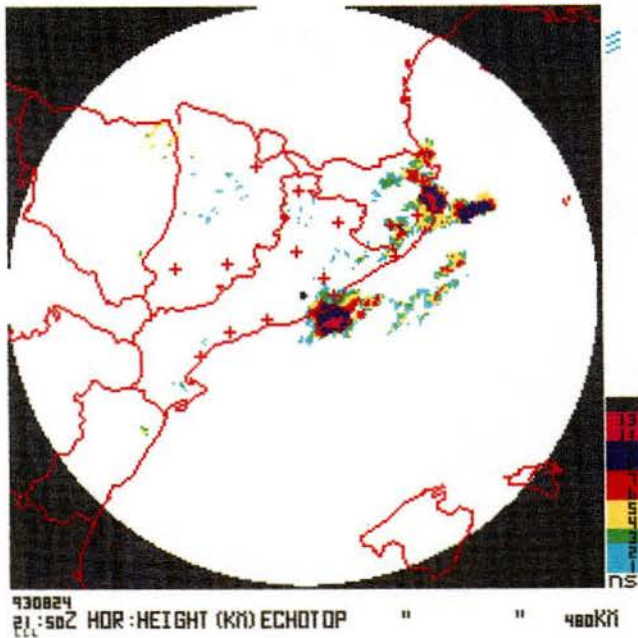
Pel que fa a la distribució temporal (figura 1), observem tres màxims de NT(-), a les 16.30, les 19.30 i les 23.00 UTC, que

corresponen a les tres reactivacions del SCM, tot assenyalant els moments de convecció més activa.

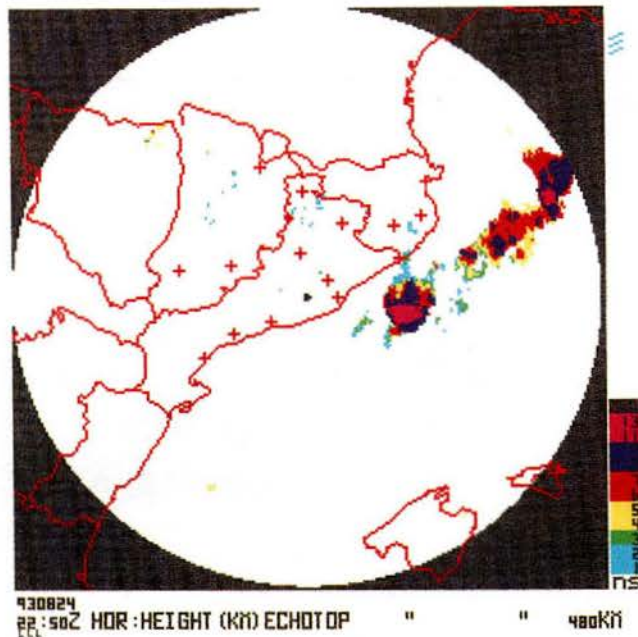
Els màxims de NT(+) amb proporcions superiors al 10% solen ésser precursors de temps sever en superfície.

Tant pel nombre mitjà de descàrregues per minut (més de 5-12 NT/minut), com per la proporció de NT(+), podem qualificar el SCM com a sever.

Pel que fa a la distribució espacial (figura 2), observem que el SCM és de tipus mòbil, amb un desplaçament mitjà cap a llevant i amb descàrregues arrencades de nord a sud.



Imatge 8:
A les 21.50 UTC, el nucli del nord ja ha arribat a la costa i és molt actiu, produint la pedregada de l'Estartit, mentre que el del sud presenta la part més activa damunt la mar. El nucli del sud arribà a la ciutat de Barcelona cap a les 21.50 UTC, molt actiu damunt la mar, originant una altra tallada de llum



Imatge 9:
Una hora després, la línia de torbonada, molt activa, amb dos nuclis clarament diferenciats, s'endinsa cap a la mar i arriba a la seva màxima activitat

Conclusions

- El sistema convectiu és un SCM, bàsicament per les dimensions, forma i durada a les imatges del Meteosat.
- L'organització lineal del SCM és evident a partir de les imatges de radar, amb una amplada d'uns 30 km i una llargària d'uns 200-250 km, i una durada de més de set hores.
- L'organitzador és un front, tal com podem veure a la imatge 1. Hi ha un front fred que s'estén en direcció E-W des de Suïssa fins a Galícia, segons es veu al PFT a 850 hPa.
- L'estructura vertical de l'atmosfera és

favorable a la convecció profunda, severa i no eficient, que són les condicions meteorològiques requerides per a la formació d'una línia de torbonada, a més d'un forçament subsinòptic. La convecció profunda vol dir que la profunditat de la capa amb inestabilitat latent, condicional o potencial, s'estén per tota la troposfera, ja que els cims dels núvols són a 13 km, coherent amb els ecotops.

- Pel que fa al forçament subsinòptic, és evident que n'hi ha, com ja hem dit en parlar de les anàlisis mesoescalars; bàsicament, són convergències a baixos nivells.

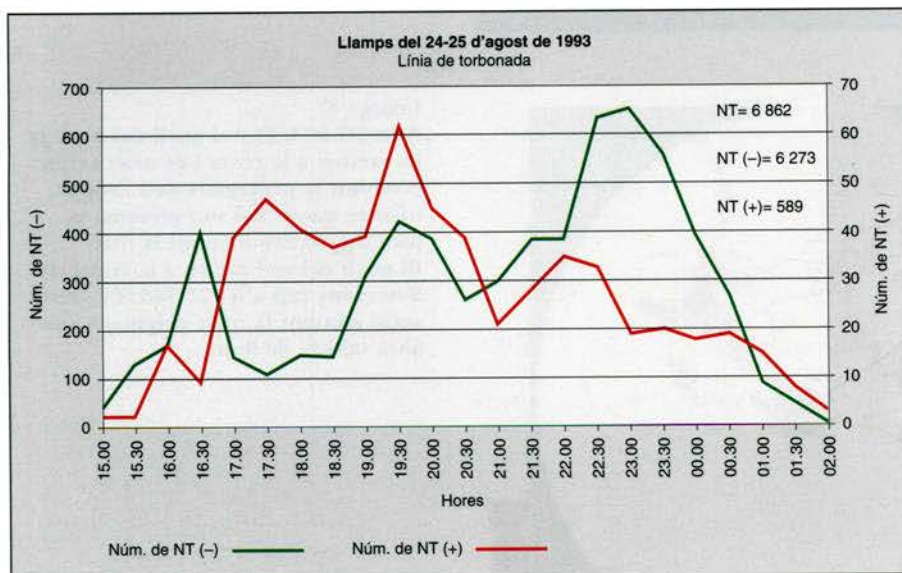
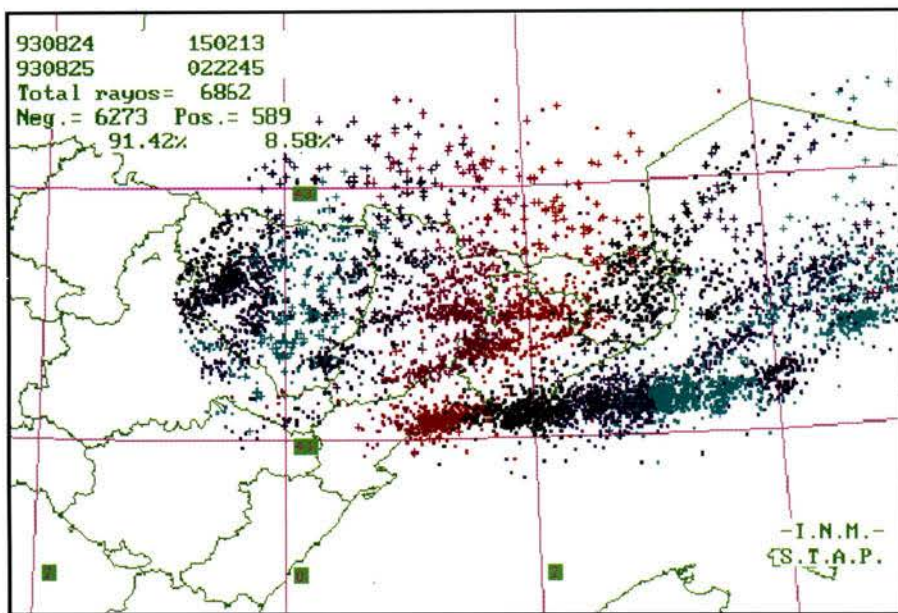


Figura 1:
Distribució temporal de NT(-) i NT(+).
 S'observa tres màxims en els NT(-) a les 16.30, 19.30 i 23.00 UTC. El primer correspon als moments inicials del SCM a l'Aragó. El segon màxim relatiu de NT(-) correspon a una reactivació del SCM en estudi a les 19.30 UTC, d'una banda per l'arribada del SCM al mar (amb una possible convergència de vents), i d'una altra banda pel desenvolupament de la cèl·lula situada més al S de la part no fragmentada del SCM (segons el radar). Els màxims absoluts són a les 22.30 en el número de negatius, amb un màxim més petit de positius, per una reactivació doble: la cèl·lula que s'ha desplaçat fregant la costa s'endinsa i continua molt activa, i la part N del sistema arriba a la mar

Figura 2:
Distribució de les descàrregues elèctriques NT(-) i NT(+), des de les 15.23 del dia 23 fins a les 1.23 UTC del 24, amb períodes d'una hora. La seqüència d'esquerra a dreta és: 15.23 a 16.23, de color gris; 16.23 a 17.23, blau marí; 17.23 a 18.23, verd; 18.23 a 19.23, marró; 19.23 a 20.23, vermell; 20.23 a 21.23, blau cel; 21.23 a 22.23, gris; 22.23 a 23.23, blau marí; 23.23 a 00.23, verd, i 00.23 a 01.23, marró

f) El mecanisme inicial sol ser una capa o línia seca (*dry line*), més un tálveg d'ona curta a nivells superiors. Pel que fa al nostre cas, sembla que els moviments verticals són iniciats per una ona curta



a 300 hPa, suportada per un tálveg tèrmic molt marcat a 500 hPa, a part de la línia seca. A més a més, pensem que el màxim de vent que a les 12.00 UTC se situa pels volts de Saragossa, a les 18.00 UTC és a la vertical de Catalunya i possiblement hi hagi interacció amb el màxim de 850 hPa que a les 12.00 UTC era a Múrcia, i a les 18.00 UTC seria més al nord.

Agraïments

A les diferents seccions del CMT-Catalunya i a l'INM en general, per les facilitats donades per a la realització de l'estudi; en especial, però, volem agrair la col·laboració del senyor Santiago Valios a l'hora de recuperar les imatges de radar i del senyor Paco Martín León, del Servicio de Técnicas Aplicadas a la Predicción (STAP) de Madrid, a l'hora d'obtenir la informació sobre els llamps.

Data de recepció de l'original: 05.95

Bibliografia

CHARLES A. DOSWELL III: "The operational meteorology of convective weather", a NOAA Technical Memorandum ERL ESG-15, volum II: Storm scale analysis. 1985.
 JANSÀ CLAR, A.: *Notas sobre análisis meteorológico mesoscalar en niveles atmosféricos bajos*. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid, 1990.
 LÓPEZ, R.: *Aspectos básicos de Mesometeorología. Apuntes del curso 86-87*. Publicació interna de l'Instituto Nacional de Meteorología. Madrid.

MADDOX, R.A.: "Mesoscale convective complexes", a *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, núm. 61, pàg. 1 475-1 493.
 MARTÍN LEÓN, F. i ESTEBAN JÓDAR, L. DE: *Manual de interpretación radar*. STAP. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid, 1994.
 MARTÍN VIDE, J.: "El clima", a *Geografía General dels Països Catalans*, volum I, pàg. 1-110. Enciclopèdia Catalana, SA. Barcelona, 1992.
 MCCANN, D.W.: "The enhanced-V. A satellite observable severe storm signature", a NOAA Technical Memorandum. NWS. NSSF-4. 1981.

MONCRIEFF, M.W. i GREEN, J.S.A.: "The propagation and transfer properties of steady convective overturning in shear", a *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, núm. 98, pàg. 336-352. 1972.
 RAMIS, C., JANSÀ, A., ALONSO, S. i HEREDIA, M.A.: "Convección sobre el Mediterráneo occidental: estudio sinóptico y observación remota", a *Revista de Meteorología*, núm. 7, pàg. 59-82. 1986.
 SERVICIO DE TÉCNICAS APLICADAS A LA PREDICCIÓN (STAP): *SCM Campaña previmet 93*. Nota tècnica núm. 15. 1994.