

EL LLAMP ASCENDENT

Nicolau Pineda i Xavier Soler, Servei Meteorològic de Catalunya

Els llamps ascendants són un tipus de llamp particular i poc freqüent, estretament lligat amb estructures elevades com poden ser torres de comunicacions, gratacels o aerogeneradors. A diferència de la gran majoria de llamps núvol-terra, els ascendants s'originen en superfície, com a conseqüència de l'efecte punta que generen els elements que en sobresurten. Arran de diferents piulades mostrant fotos de llamps ascendants (p.ex. Serra de Montserrat, Torre de Collserola), s'ha considerat oportú dedicar un article a les particularitats d'aquest fenomen, que acostuma a produir-se en unes condicions meteorològiques concretes.

1.INTRODUCCIÓ

Tipus de llamps

Segons la direcció de propagació de la guia inicial del llamp, es defineix el llamp com a descendent o ascendent. Els primers s'originen al núvol i es ramifiquen cap a terra (el més habitual), mentre que la ramificació dels ascendants és a l'inrevés: s'originen en superfície i es ramifiquen cap a la base del núvol (vegeu foto 1). Quan la guia descendent contacta amb la superfície, es produeix una descàrrega de retorn que genera un pic de corrent molt més elevat que el de les guies inicials (i que sovint genera sobreexposició a les fotografies de llamps). En canvi, les descàrregues de retorn són menys freqüents en els ascendants. El lector pot trobar més detalls sobre les característiques dels diferents tipus de llamps a l'article que s'hi va dedicar al n^o31 de la revista Penell, de tardor de 2011.

Condicions favorables

Els llamps ascendants es donen en unes condicions particulars. Abans d'entrar en detalls, és convenient fer una breu ressenya sobre l'estructura elèctrica del núvol de tempesta. Durant el creixement del núvol de tempesta, les turbulències que es generen a l'interior fan que hi hagi un xoc entre partícules, fruit del qual hi ha un intercanvi de càrrega elèctrica. Aquestes partícules polaritzades s'acaben estratificant, formant-se així diferents estrats de càrrega elèctrica. La configuració bàsica en una cel·la de tempesta està formada per tres centres de càrrega i s'anomena "tripol" (p. ex. Williams 1989). El tripol està format per un centre de càrrega negativa, delimitat en la vertical per les temperatures de -10 °C i -20 °C; un estrat positiu superior que arriba fins a la isoterma de -40 °C; i un inferior, també positiu, al voltant dels 0°C. Hi ha doncs una relació entre els estrats de càrrega elèctrica i el perfil vertical de temperatura. Aquesta relació, que es manté durant tot l'any (p. ex. MacGorman and Rust, 1989), és clau per explicar el fenomen del llamp ascendent. Per tenir una referència, posem com a exemple l'altitud de la isozero a Barcelona. La sèrie històrica del radiosondatge de l'SMC situa la isozero al voltant dels 2.000 msnm a l'hivern, mentre que a l'estiu arriba a superar els 4.000 msnm. Les isoterms de -

20°C i la -40°C presenten una oscil·lació similar: a l'hivern estan al voltant dels 5.500 i 7.500 msnm, mentre que a l'estiu s'enfilen fins als 8.000 i 10.000 msnm, respectivament. Per tant, quan es formi una tempesta fora dels mesos càlids, en general aquesta tindrà la particularitat de tenir els centres de càrrega a menor altura (per tant més a prop de la superfície).

Efecte punta

En aquestes condicions de càrrega a menor altura, combinades amb l'efecte punta que fan les estructures elevades, és quan tindrem la possibilitat d'observar llamps ascendent. L'alçària de la Torre de Collserola, combinada amb l'altitud de la Serra de Collserola, fan que sigui un dels indrets amb una major densitat de llamps de Catalunya, malgrat que el Barcelonès sigui una de les comarques on la densitat anual de llamps és baixa (en relació al conjunt de Catalunya). Per tant, la diferència de densitat entre la Torre i el seu voltant és deguda bàsicament als llamps ascendent.



Foto 1. Llamp ascendent a la Torre de Collserola, 4 de novembre de 2017. Foto: Jorge Fuentes via *Twitter*.

2. CASOS D'ESTUDI

A continuació es presenten dos casos d'estudi, seleccionats a partir de fotos de llamps ascendants extretes de *Twitter*.

31 d'octubre de 2018

La foto 2 mostra diverses guies ascendants, emergint de la Torre de Collserola, la matinada del 31 d'octubre de 2018. Després d'un ascens inicial més aviat vertical, les guies es ramifiquen i tendeixen cap a l'horitzontal a mesura que s'aproximen a la base del núvol. Respecte a la detecció remota del fenomen, la Xarxa de Detecció de Descàrregues Elèctriques (XDDE) de l'SMC va registrar un seguit de polsos VHF associats al corrent de baixa intensitat que generen les guies ascendants, si bé en aquest episodi no es va detectar cap descàrrega de retorn vinculada a la Torre.



Foto 2. Llamp ascendent a la Torre de Collserola, 31 d'octubre de 2018 (02:15 TU aprox.). Foto: Carlos Castillejo via *Twitter*.

La situació sinòptica d'aquesta jornada va estar dominada per l'aproximació d'un profund solc en altura amb reflex a tots els nivells de l'atmosfera. L'arribada a l'oest de la península Ibèrica es va iniciar a les 00.00 T.U. del dia 30 d'octubre i 24 hores després se situava al sud-est de la península Ibèrica. A Catalunya, aquesta situació va generar una notable advecció de component sud-sud-est, a tots els nivells de l'atmosfera, inclòs el nivell de superfície. També es va detectar

un màxim de vent a 300 hPa procedent de latituds inferiors, concretament del nord d'Àfrica que s'estenia fins a la serralada dels Pirineus. Davant del solc es van generar ruixats afavorits per la inestabilitat, sobretot per la presència de difluència a 500 hPa entre altres factors. Alhora altres ruixats es traslladaven del sud de la península Ibèrica fins a Catalunya, afavorits per l'advecció de sud.

El radiosondatge de Barcelona de les 00 TU del 31 presentava un perfil pràcticament saturat des del nivell de superfície fins als 500 o 400 hPa. Els índexs d'inestabilitat no eren molt acusats (p.e. *Lifted Index* 2.8, *CAPE* 77 J/Kg), mentre que les isotermes de referència (0°C i -20°C) es trobaven a 2.000 i 5.600 msnm respectivament.

La seqüència de radar mostra un conjunt d'estructures de precipitació creuant Barcelona (de Sud a Nord) entre 01.00 i 03.00 T.U., amb nuclis que assoleixen una reflectivitat màxima de 35-40 dBZ i un desenvolupament vertical entre els 7.000 i els 8.000 msnm. Aquestes cèl·lules de tempesta van generar un centenar de llamps, bàsicament sobre el mar. A l'hora del llamp ascendent, el tall vertical del radar mostra un camp de precipitació que cobreix Barcelona i els voltants, amb nuclis més convectius entrant cap al Maresme. En canvi, la torre de Collserola es trobava sota una estructura de precipitació més estratiforme, amb reflectivitats màximes de 25-30 dBZ i desenvolupament vertical que no superava els 6.000 msnm.

20 de novembre de 2018

La foto 3 mostra un seguit de guies ascendents amb origen a la Torre de Collserola, observades el 20 de novembre de 2018. La foto 4 mostra alguna de les guies del mateix llamp. De fet, segons el seu autor, la foto 3 és la suma de 6 exposicions diferents i per això mostra més guies ascendents, en comparació a la Foto 4.



Foto 3. Llamp ascendent a la Torre de Collserola, 20 de novembre de 2018 (19:10 TU aprox.).
Foto: Hèctor Quinto via *Twitter*.



Foto 4. El llamp de la Foto 3 vist des d'un altre punt de la ciutat. Foto: M^aPilar Bové via *Twitter*.

La configuració sinòptica del 20 de novembre de 2018 va venir marcada per la presència d'una destacada pertorbació a nivells mitjans i alts de l'atmosfera (500 i 300 hPa) situada sobre el nord de França i sud de les Illes Britàniques. La posició d'aquesta depressió en altura va afavorir, a la península Ibèrica, l'establiment d'una advecció de l'oest que va facilitar al mateix temps l'arribada d'un solc (inicialment un vòrtex) que va creuar d'oest a est tota la península Ibèrica.

Aquest solc va arribar a l'oest de Catalunya durant la tarda. La convecció generada davant del solc estava, en part, afavorida per la presència d'una línia seca (detectada en les imatges del canal vapor d'aigua 6,2 μm del satèl·lit Meteosat). L'aproximació d'aquest solc a la mar mediterrània va facilitar també la generació de convecció addicional al nord del país Valencià i sud de Catalunya, que en adquirir una trajectòria de sud-oest a nord-est va afectar, sobretot, la zona del litoral de Tarragona i Barcelona. A més, aquesta situació es va veure afavorida per la presència en superfície d'una depressió, amb vent de component marítim al sector del litoral i que alimentava d'humitat a nivells baixos les cèl·lules convectives. El pas del centre de la pertorbació també va generar convergència de vents en superfície que afavorien, encara més, els corrents ascendants.

L'anàlisi termodinàmica del radiosondatge de Barcelona d'aquest dia a les 12.00 T.U. mostrava un perfil saturat per humitat entre 500 hPa i el nivell de superfície, si bé els diferents paràmetres d'instabilitat no presentaven valors destacats (*Lifted Index* 2,4; *CAPE* 141 J/Kg). El LFC (*Level of Free convection*) se situava entorn dels 689 metres i les isoterms de referència (0°C i -20°C) es trobaven a 2.000 i 5.000 msnm respectivament

En aquest context, una línia de tempestes amb una extensió considerable, va creuar Catalunya d'oest a est. La seqüència d'imatges radar mostra una progressiva fragmentació en acostar-se al Barcelonès, tot i conservar un nucli més desenvolupat a sobre el mar, al Sud de Barcelona. Segons el radar aquesta cèl·lula va ser la més activa, juntament amb la que va creuar el Vallès Occidental. El mapa amb l'acumulat de llamps de l'episodi (Fig. 1) mostra un patró típic dels llamps ascendants, amb una concentració de llamps al voltant d'un punt, en aquest cas la Torre de Collserola.



Fig. 1. Llamps registrats per la XDDE durant l'episodi del 20/11/2018, en l'àrea al voltant de la Torre de Collserola. A causa de l'error de posicionament dels llamps, inherent a qualsevol sistema de teledetecció, els llamps a la Torre presenten un cert desplaçament en el mapa.

A diferència del 31 d'octubre, en aquesta ocasió la XDDE sí que va detectar un seguit de descàrregues núvol-terra a la Torre, 5 de les quals (19.09.53 T.U.) es corresponen amb l'hora aproximada dels registres fotogràfics.

El tall vertical de reflectivitat de la imatge de radar de les 19.24 T.U. (Fig. 2) és un bon exemple per il·lustrar conceptualment les condicions d'electrificació que acaben originant els llamps ascendents. Per tal que hi hagi electrificació, es requereixen reflectivitats elevades (> 35 dBZ) per sobre de la isoterma -10°C , fet que indica la presència d'una massa crítica d'hidrometeors als nivells on aquests s'electrifiquen (p. ex. [McGorman and Rust, 1998](#)). Aquestes condicions es donen en el nucli de tempesta (meitat dreta del perfil radar, Fig.2) que va creuar pel sud de Barcelona i és el que va generar la majoria dels llamps registrats en aquest episodi (llamps al mar a la Fig.1). Sobre el perfil del radar s'hi il·lustren, de manera teòrica, els tres centres de càrrega (p. ex. [Williams, 1989](#)) que hi hauria en aquest nucli de tempesta.

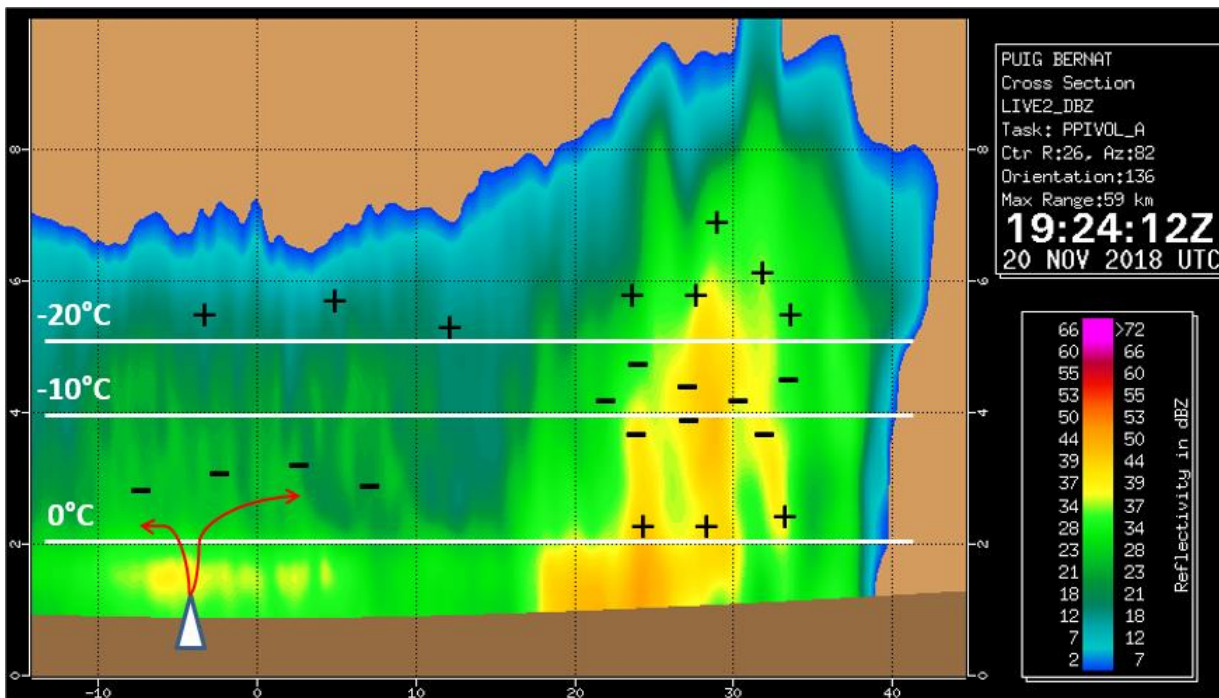


Fig. 2. Tall vertical de reflectivitat radar a les 19.24 T.U. del 20/11/2018, que abasta uns 50 km i passa per sobre les coordenades de la Torre, representada amb un triangle. S'ha sobreposat l'altura de les isotermes de referència derivades del radiosondatge, així com una representació teòrica de l'estructura elèctrica.

En canvi, a la vertical de la Torre de Collserola, hi troben una estructura de precipitació estratiforme (meitat esquerra del tall vertical). La literatura ens diu que aquestes regions properes als nuclis convectius presenten certa electrificació (p. ex. [Stolzenburg i Marshall, 2008](#); [Yuan et al., 2017](#)). Tot i no ser suficient per generar descàrregues descendents, sí que ho seria per desencadenar ascendents des de punts elevats, tal com mostren les fotografies.

3. RESUM

Els llamps ascendents són característics d'estructures elevades com poden ser les torres de comunicacions. Quan es generen mapes de densitat de llamps amb sèries prou llargues d'observacions, apareixen punts amb densitats molt més elevades que les del seu voltant, fet indicatiu de la presència d'alguna estructura elevada en aquell indret que afavoriria la formació de llamps ascendents. En contra del que es podria pensar, els llamps ascendents s'acostumen a produir fora de la temporada d'estiu, quan les condicions ambientals fan que els centres de càrrega dels núvols electrificats es troben a menor altura, com és el cas dels dos exemples analitzats. Si bé la part estratiforme dels sistemes de tempesta presenten una electrificació dèbil, aquesta és suficient per, en combinació la poca altura i l'efecte punta, generar llamps ascendents. El llamp ascendent es compon de dues fases, una primera amb guies ascendents de corrent continua tènue; i una segona, no sempre present, on es produeixen descàrregues de retorn similars a la dels llamps descendents. En relació amb la seva detecció remota, la XDDE de l'SMC detecta la primera fase com a llamps núvol-núvol (el senyal és similar) i les descàrregues de retorn com a llamps núvol-terra.

4.REFERENCIES

- MacGorman, D. R., and W. D. Rust (1998), *The Electrical Nature of Storms*, 422 pp., Oxford Univ. Press, New York.
- Pineda, N., i Montanyà, J., (2011), Disseccionant el llamp, *Penell* nº 31, pg. 22-25
- Stolzenburg, M., Marshall, T.C (2008), Charge Structure and Dynamics in Thunderstorms, *Space Sci Rev*
DOI 10.1007/s11214-008-9338-z
- Yuan, et al., (2017), Characteristics of upward lightning on the Beijing 325 m meteorology tower and corresponding thunderstorm conditions. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 122.
- Williams, E. R. (1989), The tripole structure of thunderstorms, *J. Geophys. Res.*, 94(D11), 13151–13167, doi:10.1029/JD094iD11p13151.