

VENTS FORTS AL PIRINEU: TORB I FÖHN

Ramon Pascual Berghaenel
Centre Meteorològic Territorial a Catalunya.
Institut Nacional de Meteorologia.
C/Arquitecte Sert nº1. 08005. Barcelona

RESUM

Les muntanyes i el terreny genèricament anomenat *complex* modifiquen el clima i el temps meteorològic a totes les escales. Els factors dinàmics actuen a escala planetària, sinòptica, regional i local. Quan els fluxos atmosfèrics interaccionen amb les serralades totes les variables atmosfèriques es veuen modificades respecte les condicions en l'atmosfera lliure o les planes adjacents.

En aquest treball es presenten dos casos d'estudi enfocats, respectivament, a l'anàlisi de dos fenòmens d'especial significació al Pirineu català: l'entrada brusca de vents forts a cotes altes, amb *torb*, i l'establiment de vents descendents de caràcter föhn a sotavent.

RESUMEN

Las montañas y el terreno genéricamente llamado *complejo*, modifican el clima y el tiempo meteorológico a todas las escalas. Los factores dinámicos actúan a escala planetaria, sinóptica, regional y local. Cuando los flujos atmosféricos interaccionan con las sierras, todas las variables atmosféricas se ven modificadas respecto las condiciones en el atmósfera libre o las llanuras adyacentes.

En este trabajo se presentan dos casos de estudio enfocados, respectivamente, al análisis de dos fenómenos de especial significación en el Pirineo catalán: la entrada brusca de fuertes vientos a altas cotas, con el *torb*, y vientos descendientes de carácter föhn a sotavento.

INTRODUCCIÓ

La interacció dels fluxos atmosfèrics amb les serralades genera una fenomenologia d'escala espai-temporal diversa. Totes les variables atmosfèriques es veuen modificades llavors en certa mesura respecte les condicions en l'atmosfera lliure o les planes adjacents.

En el cas del Pirineu, a l'hivern, les adveccions sinòptiques de component nord, porten associades una sèrie de fenòmens que, ordenats segons el moment de la seva aparició, son: bloqueig d'aire fred a la vessant nord de la serralada, trencament sobtat del bloqueig i entrada brusca de vents forts en cotes altes, generació d'ondulatòria (ones gravitatòries) i vents descendents forts a sotavent, generalment de tipus föhn (Bougeault, *et al.*, 1993). Com sovint el front fred previ a l'advecció septentrional ha deixat nevades en cotes mitges-altes, el fort vent posterior pot aixecar i difondre de forma turbulenta grans quantitats de neu, poc cohesionada degut a les baixes temperatures pròpies de l'època. La neu es manté en suspensió a l'aire i es transportada a grans distàncies. És el conegut *torb* del Pirineu català (Pascual, 2001).

En condicions de *torb* es produeix una gran reducció de la visibilitat tant horitzontal com vertical, que combinada amb la gran sensació de fredor, fruit de les baixes temperatures i el fort vent, i les ratxes huracanades (de l'ordre de 200 km/h al Pirineu Oriental en casos

extrems; Sacasas, 1999), determina un ambient molt advers per a la pràctica esportiva a l'alta muntanya.

Per la seva banda, els vents de tipus föhn, caracteritzats pel seu caràcter ratxós, la pujada brusca de les temperatures i la caiguda de la humitat tenen també diferents efectes sobre el territori i les persones: a l'hivern i la primavera, èpoques amb la més gran freqüència d'aparició del fenomen (Gómez, 2001), l'ascens tèrmic produeix una desestabilització del mantell nival amb el consegüent augment del risc de desencadenament d'allaus, i un increment del ritme de fusió de la neu i l'escolament que es fa palès en el cabdal de rius i torrents.

També, sota aquestes condicions, augmenta el risc d'ignició i propagació dels incendis forestals (Rasilla, 1995) i es manifesten canvis en les conductes de persones i animals.

Sota determinades condicions ambientals, sovint a l'hivern, concretament amb uns perfils verticals de l'estabilitat d'estratificació i la direcció i força del vent adequats, es produeixen a les vessants de sotavent de la serralada ventades, conegudes genèricament com a *downslope windstorms*, en les que els registres als fons de les valls i al peu de les muntanyes poden superar els que es donen als cims (Whiteman, 2000). Les altes valls del Ter i el Freser, al Ripollès, i del Llobregat, al Berguedà, han estat sacsejades en ocasions per aquests temporals, com el succeït el 31 de gener de 2003 en el que el vent tombà arbres i camions.

Episodi del 30 de desembre de 2000 al Pirineu Oriental: torb

La zona d'estudi és el Pirineu Oriental, concretament, el tram inclòs al Ripollès, Vallespir i Conflent. Les altituds màximes d'aquest sector són el Puigmal (2913 m), a l'oest de l'àmbit i el Bastiments (2874 m) a l'est, sobre Ulldeter.

La situació sinòptica fou dominada pel ràpid pas d'una profunda depressió (PSL < 992 hPa al seu centre) pel nord de la Península Ibèrica, d'oest a est (Fig.1). A mesoscala alfa, l'element més significatiu fou el dipol orogràfic pirenaic de pressió, amb l'anomalia negativa a sotavent, conseqüència en aquest cas de la interacció entre el flux sinòptic de component nord (transversal a la serralada) generat per la depressió mòbil i el Pirineu (Jansà, 1997). A l'anàlisi mesoscalar de pressió de les 12 UTC del dia 30 s'observa: (1) el mínim baromètric situat més al sud del que és més freqüent i el màxim relatiu consistent en una dorsal sobre l'eix pirinenc ("nas de föhn") i (2) un gran gradient bàric sobre el Pirineu occidental català i sobre la vall de l'Ebre. El dipol fou visible a les anàlisis fins als 700 hPa i es mantingué fins a la matinada del dia 31, desplaçant-se el màxim gradient de pressió cap el Pirineu Oriental.

A Catalunya, el vent de component nord a superfície, amb direccions de NW al NE segons la comarca, tenia algunes de les característiques del sistema mesoscalar tramuntana-mestral (Campins *et al.*, 1997), però estava reforçat en altitud, fins a uns 700 hPa, la qual cosa implicà que aquests s'enregistressin no només a les zones estrictament de tramuntana i mestral, sinó a tot el Pirineu amb les particularitats que la complexa orografia afegí. Per aquestes raons i tenint en compte els altíssims valors enregistrats en diferents observatoris de costa i muntanya no hi ha dubte que a les cotes més altes les ratxes devien arribar també a valors huracanats.

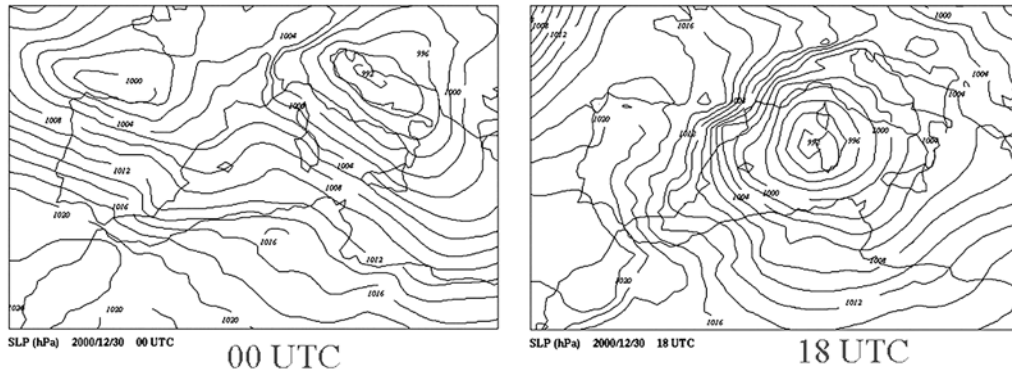


Fig. 1. Pressió a superfície. 06 UTC (Esq.) i 18 UTC (Dre.). 30/12/00. HIRLAM 0.5°. Font: INM.

El gradient de pressió associat al dipol orogràfic intensificà la component ageostròfica del vent sobre el Pirineu, explicant parcialment l'increment d'aquest, però el caràcter bruscat del canvi en el vent i el salt de la pressió observats suggereixen la presència d'un altre element mesoscalar. L'entrada de la massa d'aire molt més freda i seca es va produir en forma de corrent de densitat, sobtada i violenta. Els corrents de densitat es desenvolupen entre dues masses d'aire amb densitats molt diferents (per diferències de temperatura i humitat). Entre elles es genera una frontera molt estreta que es desplaça des del fluid més dens cap al més lleuger.

En aquest cas la massa d'aire entrant, més densa que la situada sobre Catalunya, quedà parcialment bloquejada per la serralada, originant-se un gradient de densitat sud-nord molt significatiu (Fig.2). La frontera originada es desplaçà llavors cap el sud. Una de les senyals que evidencien l'arribada del corrent de densitat és l'ascens quasi instantani de la pressió atmosfèrica (Sánchez-Laulhé y Polvorinos, 1999), de caràcter hidrostàtic fonamentalment. Aquests ascensos s'observaren a punts com Arties i Castelló d'Empúries.

Per altra banda, per explicar les fortes ratxes observades a punts com Ripoll (84 km/h), La Seu d'Urgell o S. Pau de Segúries, enregistrades entre 4 i 5 hores després de l'arribada del vent fort a les carenes més altes de les seves comarques, es pot recórrer al model conceptual de *downslope windstorm*, o temporal a sotavent, generat pel trencament de l'ona gravitatòria principal associada a la serralada (Carney *et al.*, 1996). Addicionalment, el vent descendent a Ripoll manté durant unes hores unes condicions tipus föhn que retarden els descensos advectionals de temperatura, bruscos en cotes altes.

Episodi del 20-21 de gener de 2004 al Pirineu Occidental: föhn

La zona d'estudi comprèn l'Alta Ribagorça, els Pallars Jussà i Sobirà, i l'Alt Urgell. Aquests comarques estan definides per valls orientades de nord a sud, amb capçaleres que inclouen cims d'altitud propera als 3000 m. Per tant, la barrera orogràfica pirenaica en aquest sector és evident pels fluxos meridians. La situació sinòptica entre els dies 19 i 22 estigué caracteritzada a superfície per un flux del NW associat a un anticicló centrat sobre el nord-oest de la Península Ibèrica i el golf de Biscaia. La massa d'aire que afectava al Pirineu, inicialment d'origen atlàntic (humida), fou substituïda a partir de les 00 UTC del dia 21 per una altra d'origen continental europeu, més freda i seca. A 700 hPa una dorsal càlida d'eix nord-sud, quasi estacionària, establí un flux estable del nord entre moderat i fort, que afavorí la subsidència a sotavent de la serralada. Aquest patró es reproduïa fins als 300 hPa. A 500 hPa s'enregistrà entre els dies 18 i el 23 una notable advecció càlida (pas de -32 °C a -18°C), que contribuï a l'estabilització atmosfèrica.

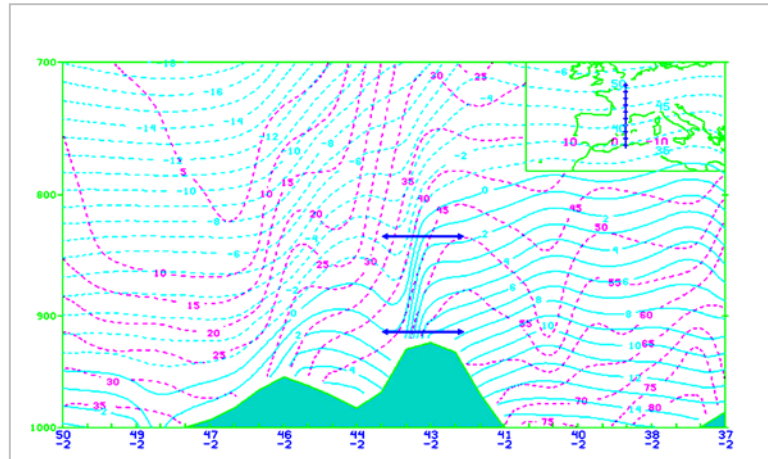


Fig. 2. Tall vertical de la temperatura (blau) i la proporció de mescla (rosa) segons la recta traçada al requadre superior dret. HIRLAM 0.2°. 12 UTC H+6. Les fletxes blaves senyalen el sector sobre el Pirineu en el qual el gradient horitzontal de les dues magnituds és màxim.

A mesoscala alfa, l'element més significatiu fou, novament, el dipol pirenaic, amb la configuració isobàrica habitual. S'establí igualment un fort gradient de pressió tant transversal com paral·lel al Pirineu i el sistema regional de vents tramuntana-mestral. Les imatges satel·litàries (Fig. 3) mostren uns elements força representatius d'aquest tipus de situacions :

- Capa de cirrostrats/altostrats a sotavent del Pirineu, cobrint la vall de l'Ebre, generats per l'ona de muntanya estacionària amplificada formada sobre la cresta del Pirineu central. La capa és visible entre les 12 UTC (20) i les 12 (21), coincidint amb l'episodi föhn a sotavent.
- Nuvolositat estratiforme, precipitant segons les observacions, al vessant nord, associada al forçament orogràfic de la massa d'aire atlàntica.
- Altocúmulus *undulatus* sobre el Rosselló generats en ones atrapades a sotavent de les Corberes.

Els efectes a superfície foren: (1) Ratxes molt fortes del nord en les zones afectades per la tramuntana, a la vall de l'Ebre i als cims del Pirineu, amb torb. (2) Augment de velocitat a les valls pirenaïques al llarg del dia 20. (3) Unes condicions föhn molt accentuades a les valls, tal com mostra la figura 4. L'episodi de föhn a la vessant sud (d'unes 30 hores) fou la combinació de l'escalfament diabàtic associat al despreniment de calor latent en el procés de condensació a la vessant nord i l'adiabàtic associat al descens en l'ona de muntanya (Barry, 1981).

CONCLUSIONS

Els fluxos sinòptics septentrionals que afecten el Pirineu deformen el camp mesoscalar de pressió, creant un mínim baromètric sobre Catalunya o la vall de l'Ebre i una dorsal orientada zonalment sobre la serralada. El gradient de pressió mesoscalar genera llavors un fort vent ageostròfic que afecta més o menys els cims segons la component transversal del flux entre 850 hPa y 500 hPa i el perfil vertical d'estabilitat.

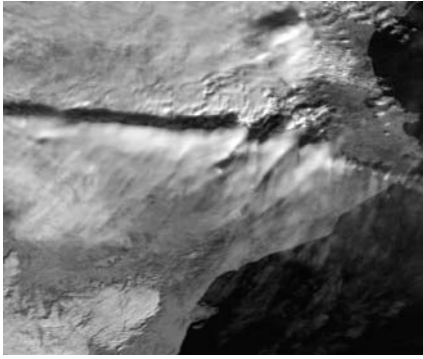


Fig. 3. NOAA-17. 21/01/2004 10:35:51 UTC. Banda 2. Font: INM.

Si la massa d'aire provinent del nord és seca i freda (com en el primer cas) apareix un fort gradient de densitat transversal al Pirineu i una frontera higròtermica força accentuada. Aquest gradient és gran perquè hi ha bloqueig al vessant nord, fet més probable quan més estable és aquesta massa. La frontera es mou finalment cap el sud com a corrent de densitat, provocant un augment sobtat de la velocitat del vent i un descens bruscat de la temperatura.

El segon episodi mostra la formació d'una ona de muntanya, pròpia de certes situacions estables, que coincideix amb un episodi föhn al vessant sud, si bé aquest també està suportat, segons la teoria clàssica, per les precipitacions del vessant nord. Tant en aquest episodi com en l'anterior s'enregistren ratxes fortes de vent als fons de les valls i als vessants de sotavent, probablement de caràcter descendent i associades al trencament de l'ona de muntanya.

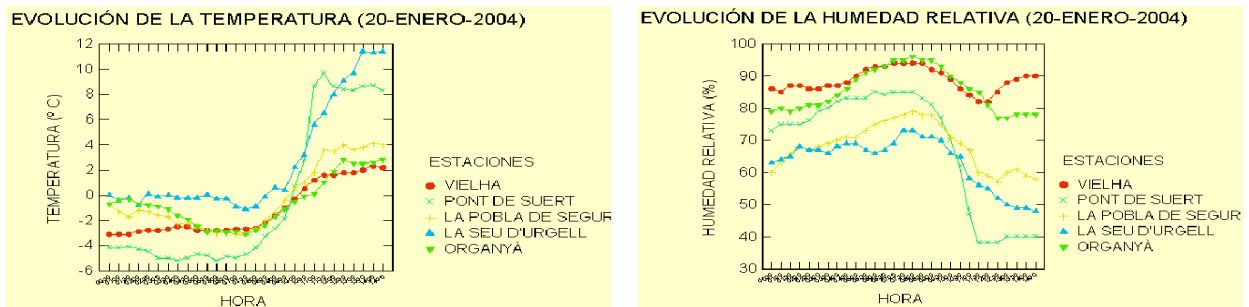


Fig. 4. Evolució de la temperatura (Esq.) i la humitat relativa (Dre.) en el període d'inici (00:30-14:30 dia 20) del föhn en diverses estacions pirenaïques. Font de les dades: SMC.

REFERÈNCIES

Barry, R.G., 1981. *Mountain weather and climate*. New York: Methuen. Reeditat en 2001 per Routledge.

Bougeault, P. et al., 1993. The atmospheric momentum budget over a major mountain range: first results of the PYREX field program. *Ann. Geophysicae*, 11, 395-418.

Campins, J.; J. Calvo and A. Jansà, 1997. *The tramontane wind: Dynamic diagnosis and Hirlam Simulations*. INM/WMO International Symposium on cyclones and hazardous weather in the Mediterranean, Mallorca, Spain, April 14-19.

Carney, T. Q., A. J. Bedard, Jr., J. M. Brown, J. McGinley, T. Lindholm, and M. J. Kraus, 1996. *Hazardous Mountain Winds and Their Visual Indicators*. NOAA Handbook, NOAA, ERL, Boulder, Colorado.

Gómez, B., 2001. El fogony (efecto föhn) en el valle pirenaico de Sort. *Treballs de la S. C. de Geografia*, 52, 311-320.

Jansà, A., 1997. A general view about mediterranean meteorology: cyclones and hazardous weather. INM/WMO International Symposium on cyclones and hazardous weather in the Mediterranean, Mallorca, Spain, April 14-19.

Pascual, R., 2001. La situació meteorològica del 30 de desembre de 2000 al Pirineu Oriental: Entrada sobtada de vents forts. *VII Jornades de Meteorologia. Eduard Fontserè*. Publicació de l'ACAM. Barcelona.

Pascual, R., 2005. El efecto Föhn en el Pirineo Catalán. Características generales y un caso de estudio. *Boletín de la AME*, 10, 20-24.

Rasilla, D. F., 1995. Factores determinantes de los incendios en Cantabria. Una aproximación al impacto de los vientos del sur. En *Situaciones de riesgo climático en España*, ed. J. Creus. Instituto Pirenaico de Ecología. Jaca.

Sánchez-Laulhé, J. y F. Polvorinos., 1997. Entradas bruscas de vientos de levante en la costa norte de Alborán. IV Simposio Nacional de Predicción. Memorial "Alfonso Ascaso". Madrid 15-19 Abril 1996. INM.

Whiteman, C.D., 2000. *Mountain Meteorology. Fundamentals and applications*. New York: Oxford University Press.