

LES ONES DE MUNTANYA

Montserrat Aran Roura
Servei Meteorològic de Catalunya

RESUM

La interacció del vent i l'orografia és molt complexa, depèn entre d'altres coses de les característiques de la serralada (alçada, orientació, llargària, amplària i tipus de vegetació), del tipus d'estratificació de l'atmosfera i de la intensitat i direcció del vent. L'objectiu d'aquesta ponència és analitzar cada un d'aquests factors i veure els principals efectes: nuvolositat de retenció a sobrent de la muntanya, ratxes de vent fortes a sotavent i l'efecte fogony. Finalment, es presentaran dues situacions on s'han observat aquests fenòmens.

RESUMEN

La interacción del viento y el relieve es muy compleja, depende entre otras cosas de las características de la sierra (altura, orientación, longitud, amplitud y tipo de vegetación), de la estratificación de la atmósfera y de la intensidad y dirección del viento. El objetivo de esta ponencia es el análisis de cada uno de estos factores y estudiar sus efectos: nubosidad de retención a barlovento de la montaña, rachas de viento fuerte a sotavento y el efecto fohen. Finalmente, se presentaran dos situaciones donde se han observado estos fenómenos.

FACTORS PER A LA FORMACIÓ D'ONES D'ALTA MUNTANYA

Tipus d'Estratificació

Un estrat d'aire per sobre el cim de la muntanya ha de presentar estratificació estable per tal que es generin ones de muntanya (veure figura 1). Això és, una bombolla d'aire enlairada pel vent arribarà a un nivell on la temperatura serà superior a la seva. La bombolla d'aire al ser més freda que l'aire que l'envolta, és més densa i retorna al seu nivell inicial experimentant un moviment oscil·latori. D'aquesta forma es genera la propagació d'una sèrie d'ones tant a l'horitzontal com a nivells superior. Aquestes seran més importants quan més estable sigui l'estratificació.

La situació de la inversió tèrmica (nivell on la temperatura deixa d'augmentar amb l'altura i començar a minvar) és un factor molt important per determinar si s'incrementarà la intensitat del vent a sotavent. La inversió tèrmica impedeix la propagació de les ones cap amunt, aquestes es veuen obligades a descendir i tota l'energia generada pel moviment oscil·latori es dirigeix cap avall. Si la base de la inversió (o nivell crític en aquest cas) és tot just per sobre el cim el vent descendent a sotavent pot incrementar gairebé el doble la seva velocitat.

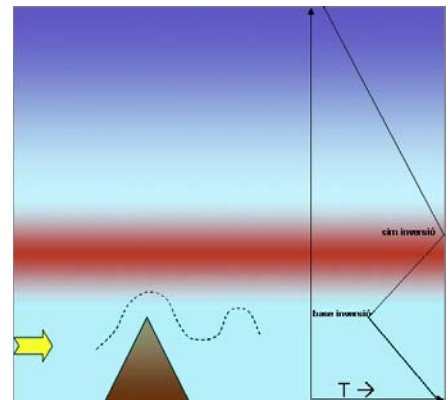


Fig.1 Tall transversal a la serralada. Perfil vertical de la temperatura (dreta). Inversió tèrmica (zona vermellosa).

Característiques de la Serralada.

La forma i alçada de la serralada és un factor important. Quan més llarga és una serralada més fàcilment es formaran ones de muntanya, en una muntanya aïllada difícilment

s'arribaran a formar. Ara bé, amb una llargària molt gran el vent també haurà de ser molt més fort. El pendent i la vegetació també són factors a tenir en compte. Pendent massa forts o un sòl molt rugós frenen el vent i, per tant, l'ascens de l'aire. L'altura de la muntanya també és important però un cop més el seu paper dependrà de la força del vent.

El Vent

La força i direcció del vent necessàries per la generació d'ones de muntanya depèn, tal com ja s'ha esmentat, de la llargària de la serralada i de l'estabilitat de l'estrat prop del cim. Hem vist que era necessari tenir estratificació estable, ara bé, un estrat massa estable pot impedir que l'aire remunti la muntanya. Com més llarga és la serralada més intens ha de ser el vent. Pel que fa referència a la direcció del vent aquesta com més perpendicular sigui a la serralada millor.

A més a més, també es necessari conèixer quin vent hi ha a diferents alçades. El nivell on el vent canvia la seva direcció (anomenat nivell crític) actua de manera similar al de la inversió tèrmica i pot incrementar la intensitat del vent descendent segons on se situï. En canvi, s'hi ha un increment de la intensitat del vent amb l'alçada i sense la presència d'una inversió tèrmica les ones es propaguen en la direcció del vent.

Nuvolositat associada a ones de muntanya

Quan l'ona es propaga a sotavent més enllà del cim de la serralada (figura 2) s'observen diferents tipus de nuvolositat. A sotavent i prop de sòl hi ha turbulència amb un gir del vent semblant a rotors, es formen bandes d'estratocúmulus o cúmulus petits. A nivells superiors, a la zona de l'ona on hi ha ascensos i prou humitat (crestes) s'hi formen núvols lenticulars. A sobrevent, a la base de la serralada hi ha núvols de retenció, segons la força del vent aquests poden arribar a passar a sotavent però es desfan tot just passat el cim.

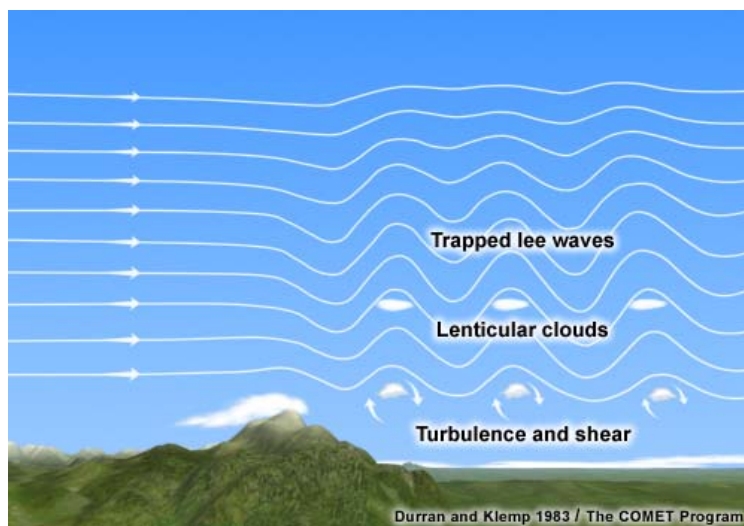


Fig. 2 Ones de muntanya

Vent Fogony

A sobrevent, l'aire en el seu ascens pot arribar al nivell de condensació i formar núvols. Si, a més a més, es produeix pluja el contingut d'humitat de l'aire que arriba al cim del núvol disminueix considerablement.

En el seu descens, aquest aire sec s'escalfa molt més ràpidament que no pas el refredament que ha sofert l'aire humit de sobrevent i les temperatures enregistrades seran superiors i la humitat inferior al que tenia inicialment. Ara bé, l'escalfament de l'aire a sotavent pel descens adiabàtic sec de l'aire és una de les causes que contribueixen a l'explicació del fogony però també intervenen altres processos:

i) En el cim hi ha evaporació del vapor d'aigua que contribueix a un refredament de l'aire, per tant, no s'escalfa tant com l'esperat pel descens adiabàtic.

ii) A les nits prou llargues, encalmades i serenes l'aire fred queda acumulat en un estrat prop del terra. Si bufa qualsevol vent, no cal que sigui el fogony, aquest estrat fred és desplaçat o barrejat amb estrats de temperatura superior i augmenta la seva temperatura.

iii) La presència d'un màxim de vent a nivells alts, entre 500 i 250 hPa, afavoreix els vents descendents (subsidiència) a la zona situada a la dreta de la seva sortida (cercle vermell de la figura 3). En aquesta zona també hi haurà un escalfament de l'aire i si coincideix amb una zona on hi ha fogony també contribueix a l'augment de la temperatura.

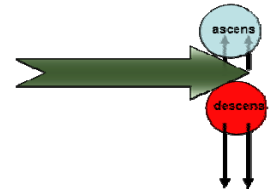


Fig. 3 Màxim de vent en verd

CASOS D'ESTUDI

10-13 de març de 2006

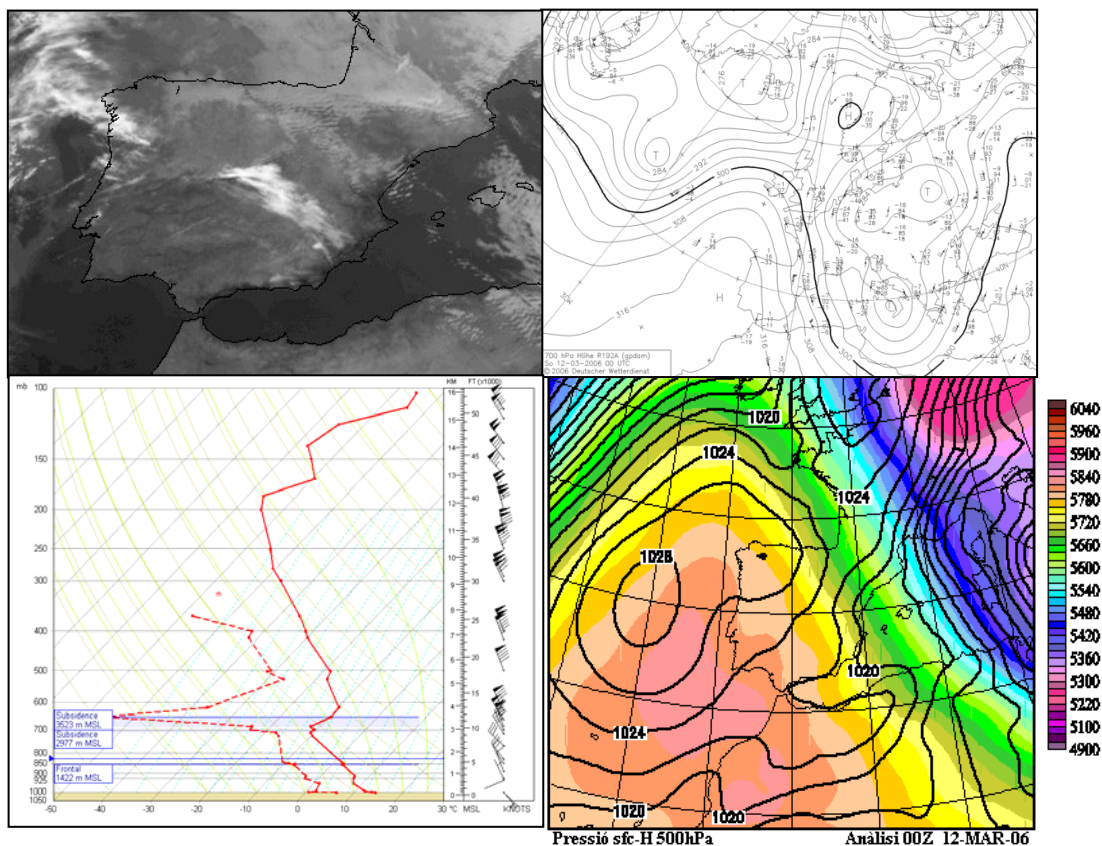


Figura 4. Dia 12 de març a les 00 UTC. a) Imatge del canal IR del meteosat MSG. b) Anàlisi a 700 hPa del Global. c) Radiosondatge de Barcelona. d) Anàlisi del MASS de superfície i 500 hPa.

Aquest episodi de vent fort a molt fort a tot Catalunya s'inicia el dia 10 amb una circulació de ponent i el pas d'un solc el dia 11, progressivament les altres pressions es reforcen des de l'oest de la península ibèrica fins al mar del Nord (Esteban, P.; 2006).

Amb les imatges del canal IR de satèl·lit (fig. 4a), els núvols a sotavent de la serralada s'observen com bandes allargades perpendiculars a la direcció del vent (del nord-oest) ja que en aquest cas hi ha un vent que augmenta la seva intensitat amb l'altitud (fig. 4c columna de la dreta) i afavoreix la propagació de l'ona. A sobrevent, la nuvolositat de retenció s'observa amb més dificultat ja que amb el canal del IR obté la temperatura amb la qual irradien els núvols, en aquest cas l'estrat té molt espessor i és prou fred com per observar una petita zona d'un gris una mica més intens.

El radiosondatge ens permet analitzar la presència de les inversions i el perfil de vent (fig.4c). En aquest dia es detecta una inversió tèrmica a 3523 metres deguda a la subsidència associada a la dorsal situada a l'oest de Galícia amb extensió fins a les illes Britàniques (fig. 4b i 4d). Tot i que hi ha una altra inversió a 1422 m, aquesta no és prou important com per fer de tap i l'ona es pot propagar a la vertical i en l'horitzontal. Per tant, en aquest dia a sotavent i a la base del cim, el vent no es veu reforçat per la presència d'una inversió tèrmica. De fet aquesta situació de vent del nord és deguda a la configuració sinòptica: altes pressions a l'oest i una zona molt extensa de baixes al centre i sud d'Europa. El fort gradient de pressió reforça el vent a tot Catalunya i a tots els nivells. El màxim de vent té un nucli de 137 nusos a 11 km i s'estén verticalment fins els 3 km (80 nusos).

18 de gener de 2006

A l'Atlàntic hi ha una zona d'altres a tots els nivells, Catalunya es troba a la zona de la caiguda de la dorsal (vents del nord i nord-oest), a diferència de la situació anterior les baixes pressions es troben a l'Europa de l'est. És un dia on l'augment de temperatures a les estacions ens podria fer pensar amb l'efecte fogony, però veurem que s'ha de tenir en compte més factors. El dia 18 al migdia, el vent és de l'oest. Al vespre, el vent gira al nord-oest al sud de França, a sobrevent dels Pirineus s'observa retenció de núvols baixos. Les precipitacions són minses a la vessant nord i s'estenen a la vessant sud amb una incidència molt baixa: Ulldeter (6.6 mm), Sasseuba (5.9 mm), Espot (2.1 mm) i Boí (0.5 mm). La subsidència de l'aire en aquesta zona afavoreix l'escalfament de l'aire. Aquest es detecta inicialment a nivells alts entre el 17 al migdia i el 18 a les 0 UTC (figura 5). Al cap de 12 hores, la subsidència afecta a l'estrat comprès entre 1 i 3 km sobre el sòl. A diferents estacions d'alta muntanya hi ha un augment de la temperatura a la matinada del dia 18. Tal com podem veure a l'estació de Das, a més a més, hi ha una intensificació del vent amb ratxes de més de 24 m/s (figura 6). Analitzant el radiosondatge de Barcelona i el de Saragossa s'observa una inversió tèrmica entre 1500 i 2000 metres respectivament. Aquesta situació es correspon amb una situació de vent del nord moderat a fort amb la presència d'una inversió per sobre el cim però molt a prop d'ell. En aquest casos l'ona es no pot propagar cap amunt i l'energia es canalitza cap avall. El vent descendent s'intensifica i les ratxes són d'intensitat molt forta.

Nivell	1700-1712	1712-1800	1800-1812	1812-1900	1900-1912
1000	0	-1	1	-1	3
925	0	0	2	0	3
850	1	1	3	3	-1
700	0	4	3	1	2
500	1	6	1	1	0

Fig. 5 Canvi en 12 hores de la temperatura a diferents nivells (hPa) a Barcelona.

Fogony a Das:

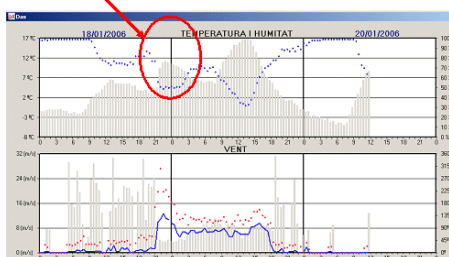


Fig. 6 Gràfic superior: Temperatura (gris) i humitat (blau) Gràfic inferior: direcció (barres en gris), velocitat (blau) i ratxes (vermell). Dies 18,19 i 20-01-06.

REFERÈNCIES

Comet. Flow Interaction with Topography

<http://meted.ucar.edu/mesoprim/flowtopo/print.htm>

Comet. Mountain Waves and Downslope Winds

<http://meted.ucar.edu/mesoprim/mtnwave/print.htm#1>

Esteban, P. 2006 La complexitat de la meteorologia de muntanya. II Jornades Allaus.

Houze. R.A. Cloud Dynamics. Robert A. Houze. Academic Press .

Zamg. Conceptual Model. OROGRAPHICAL WEATHER FEATURES.

<http://www.zamg.ac.at/docu/Manual/SatManu/main.htm>