

# Influència del relleu en la convecció i formació de fenòmens virulents mitjançant el model WRF

JORDI MAZON<sup>1</sup> & JORDI ZAPATA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departament de Física Aplicada, Universitat Politècnica de Catalunya (BarcelonaTech), Esteve Terrades 5, C3-116, 08860 Castelldefels; [jordi.mazon@upc.edu](mailto:jordi.mazon@upc.edu)

<sup>2</sup> Agrupació Naturalista i Ecologista de la Garrotxa, mas Pujalet, 17813 Vall de Bianya; [jordizapatacoll@gmail.com](mailto:jordizapatacoll@gmail.com)

Rebut: 27.12.2012  
Acceptat: 28.10.2013

## RESUM

Aquest article complementa el treball sobre la determinació d'algunes de les característiques de les precipitacions estivals a la comarca de la Garrotxa. En aquest article es pretén mostrar la importància de la orografia garrotxina en la formació de tempestes. Concretament, mitjançant el model de mesoscala WRF s'ha realitzat una simulació numèrica per tal d'analitzar l'episodi de precipitacions intenses de la nit del 18 de setembre del 2011, que van causar destrosses a la zona de la Fageda d'en Jordà. La simulació mostra com la complexa orografia garrotxina, en bona part d'origen volcànic, va crear turbulències que van generar descensos importants d'aire, causants de la destrossa en centenars d'arbres a la comarca.

**Paraules clau:** model WRF, orografia, turbulència, rotors, La Garrotxa.

## Abstract

This paper is a continuation of those related to the determination and the analysis of summer precipitation in La Garrotxa, also published in this journal. This paper aims to describe the role of the orography in La Garrotxa in the formation of summer storms. Using the WRF model a numerical simulation was performed to analyze the heavy precipitation event occurred on the night of 18 September 2011, which damaged many forested areas. The simulation shows how the complex orography of the region modified the prevailing winds and caused rotors and turbulences, and the acceleration of the down-slope winds, which damaged many trees.

**Key words:** WRF model, orography, turbulence, rotor, La Garrotxa

## INTRODUCCIÓ

Una bona part de les tempestes severes que duen associades vents descendents (esclafits) o tornados, venen donats per interaccions diverses, gràcies entre d'altres a les condicions fisiogràfiques locals, sobretot els relleus de la serralada Transversal, amb la serra del Corb i el sistema Collsacabra – Puigsacalm.

Altrament l'escalfament estival de les zones planeres i l'arribada de fluxos marítics càlids i humits canalitzats per les valls del Fluvià, Ser i Brugent, poden ser uns factors decisius perquè amb l'arribada d'alguns fronts es produeixen fenòmens violents.

Efectivament, la disposició d'algunes serralades i sistemes orogràfics a determinats fluxos humits del Mediterrani contribueix d'una forma clara a incrementar la precipitació en algunes zones de la Garrotxa, i en general, en zones del Pirineu oriental i la serralada Transversal. Els fluxos humits es veuen obligats a ascendir per les vessants de sobrevent d'aquestes muntanyes, i, si aquestes masses d'aire assoleixen el nivell de condensació per elevació es formaran núvols estratiformes que podrien deixar alguna debil precipitació (MIGLIETTA & ROTUNNO, 2010). En canvi si assoleix el nivell de convecció lliure, aquesta massa humida pot ascendir verticalment en una estratificació inestable i formar núvols cumuliformes, els quals poden deixar precipitacions intenses i quantioses, fins i tot amb fenòmens virulents. Aquest és el cas de la tempesta de la nit del 18 de setembre del 2011, en que la presència d'una zona de convergència a la Garrotxa entre vent de l'est (provinent de la tramuntana) i vent del sud i sud-est va formar forts vents a sotavent de la serra del Corb i la gènesi de diversos rotors associats a diverses cèl·lules convectives. Aquesta situació va anar acompanyada de vents que van superar els 25 m/s (90 km/h) i precipitacions de 100 mm en 24 hores.

## METODOLOGIA

### El model WRF

Per tal d'analitzar el paper i els efectes de l'orografia de la Garrotxa en aquesta tempesta s'ha realitzat una simulació numèrica mitjançant el model de mesoscala WRF. Aquest és un model no hidrostàtic desenvolupat pel Centre Nacional de Recerca Atmosfèrica (NCAR) dels Estats Units (SKAMAROCK *et al.*, 2008). S'ha optat per la tècnica dels dominis niats, generant 4 dominis de 27, 9, 3 i 1 km de resolució, el més petit centrat sobre Olot, amb una extensió de 70x70 km. La FIGURA 1 mostra el domini petit i els talls en els quals s'ha fet una secció vertical de l'atmosfera.

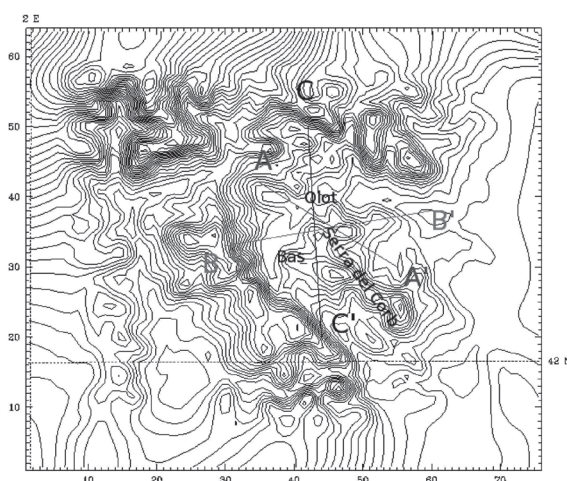
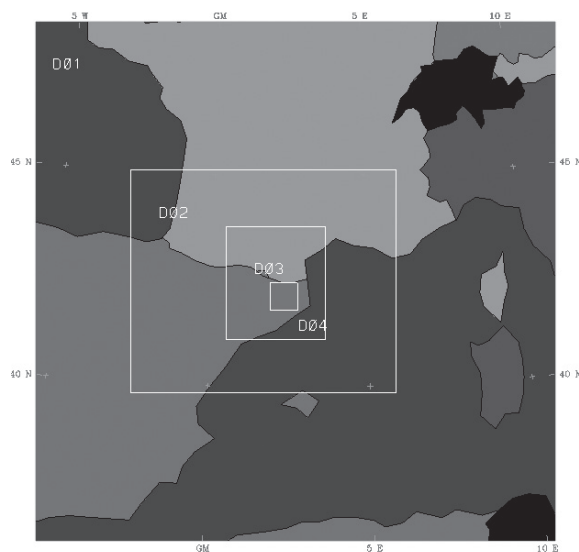


FIGURA 1. Dominis utilitzats per a la simulació numèrica (figura superior). El domini 4 es troba centrat a la Garrotxa, amb una resolució d'1 km. A la figura de sota, topografia del domini 4 amb les seccions utilitzades per analitzar l'estructura vertical de l'atmosfera.

El domini 4 s'ha fet servir per analitzar en detall la circulació de l'aire durant la tempesta del 18 de setembre del 2011. La simulació numèrica mostra com a la Garrotxa van confluïr en aquell episodi vents forts de l'oest, amb vents humits del sud i sud-est, provinents del gir de la tramuntana a la zona de l'Empordà. En incidir d'aquesta direcció, la serra del Corb va tenir una influència cabdal en forçar a aquests fluxos a ascendir. La inestabilitat atmosfèrica a les capes mitges de la troposfera va afavorir la formació de nuclis de precipitació intensa.

### RESULTATS

La FIGURA 2 mostra la concentració d'aigua líquida a l'atmosfera, el que es pot associar clarament al núvols, a les 3 UTC del 18 de setembre del 2011 al llarg del tall CC' definit a la FIGURA 1. L'ascens del vent del nord i nord-oest per la serra del Corb a nivells baixos per una banda, i l'ascens d'un flux del sud i sud-est sembla la causa més probable de la forta convecció simulada, i la formació de núvols de gran desenvolupament vertical sobre aquesta serra, que sobrepassen els 4000 metres d'altitud, amb una elevada concentració de gotetes d'aigua líquida, superior a 1 g d'aigua per kilogram d'aire. A mesura que es formen aquestes tempestes, el flux de ponent se les emporta cap a la zona de la Fageda d'en Jordà, on descarreguen amb força segons es desprèn de les dades de les estacions en superfície, i on segons els registres, fins i tot es va formar un esclafit o descens vertical d'aire.

A sotavent de la serra del Corb es van formar diversos rotors, girs sobtats de l'aire amb velocitats de fins a 25 m/s (uns 90 km/h), que podrien explicar l'esclafit que es

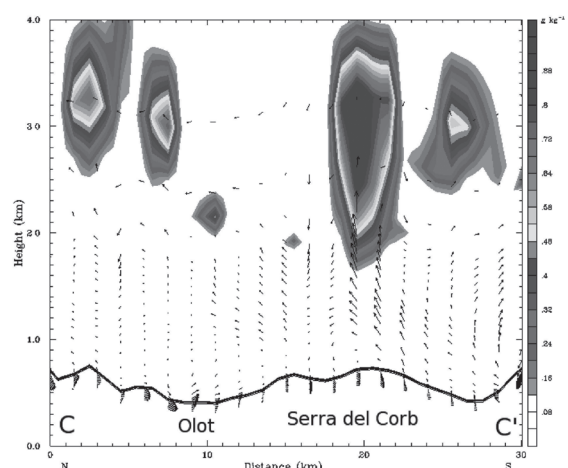


FIGURA 2. Camp de vent (fletxes) i aigua líquida a l'atmosfera al llarg del tall CC' a les 3 UTC del 18 de setembre del 2011. La serra del Corb provoca importants ascensos d'aire que van formar núvols cumuliformes de gran desenvolupament vertical.

va formar, o de forma més precisa, el descens virulent de l'aire, que podria estar associat a un d'aquests rotors a sotavent de la serra del Corb. La FIGURA 3 mostra el perfil al llarg dels talls AA' i BB', on s'identifiquen clarament aquests rotors, i com hi ha descensos d'aire amb gran intensitat darrera de la serra del Corb.

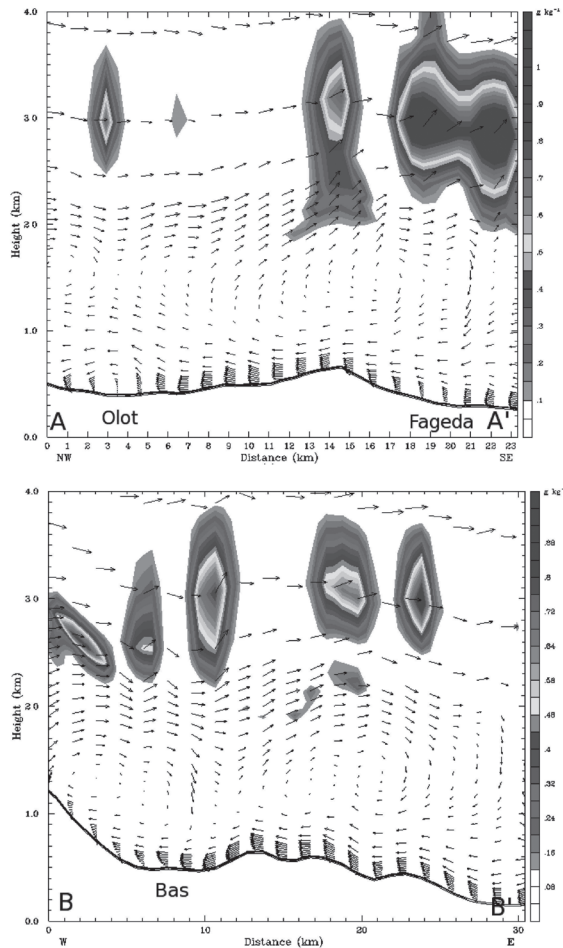


FIGURA 3. Camp de vent (fletxes) i contingut d'aigua líquida (taques) al llarg dels talls AA' i BB' a les 2 UTC del 18 de setembre del 2011. S'observen rotors originats per la interacció del vent del sud i sud-est amb la serra del Corb i amb el vent de l'oest, que genera descensos a la zona de la Fageda d'en Jordà, així com importants ascensos d'aire que generen la formació de núvols cumuliformes.

## CONCLUSIONS

La serra del Corb va resultar clau durant la tempesta del 17 i 18 de setembre del 2011. El flux de l'oest per una banda, i del sud i sud-est per altra, van convergir al voltant d'aquesta serralada, forçant a ascendir a aquest aire formant núvols de gran desenvolupament vertical (límit de la convecció se situa per sobre dels 4000 metres). La interacció del vent amb aquesta serralada també podria explicar la formació de rotors i turbulències, amb importants descensos d'aire rere la serra del Corb, a partir d'Olot fins a la zona de la Fageda,

on les observacions visuals indiquen la formació d'un esclafit o fenomen de descens vertical i virulent d'aire.

## AGRAÏMENTS

Aquesta simulació numèrica s'ha realitzat utilitzant els recursos del Centre de Supercomputació de Catalunya (CESCA)

## BIBLIOGRAFIA

- SKAMAROCK, W. C.; KLEMP, J. B.; DUDHIA, J.; GILL, D. O.; BARKER, D. M.; HUANG, X.-Y.; WANG, W. & POWERS, J. G., 2008. A Description of the Advanced Research WRF Version 3. Tech. Rep. NCAR/TN-475+STR, NCAR.
- MIGLIETTA, M. & ROTUNNO, R., 2010. Numerical simulations of low-CAPE flows over a mountain ridge. *J. Atmos. Sci.*, 67, 2391–2401.