



Interaccions entre el canvi climàtic i els episodis de pols sahariana a Andorra

Alan WARD i KOECK



Andorra rep entrades d'aire amb temperatures superiors a les habituals amb una certa regularitat. Conegudes com a *entrades d'aire saharià* (*saharan air layer*, SAL), afecten no només els països de la vora nord del Mediterrani, sinó també les illes Canàries i fins i tot el continent americà (figura 1). Aquests vents tenen una càrrega important de pols i altres matèries en suspensió, que sovint acaben rentades per la pluja i precipitant en forma de gotes de fang.

Popularment, existeix la percepció que la freqüència d'aparició d'aquest fenomen ha crescut els últims anys [2], [3]. En aquesta breu intervenció, volem analitzar la veracitat d'aquesta visió dins del context global del canvi climàtic, centrant-nos específicament en els efectes a Andorra i els Pirineus propers. Per fer-ho, començarem per descriure el fenomen amb més precisió, analitzarem els factors que en permeten la identificació històrica a partir de mesures instrumentals i proposem algunes reflexions sobre les possibles connexions entre SAL i l'evolució recent del canvi climàtic.

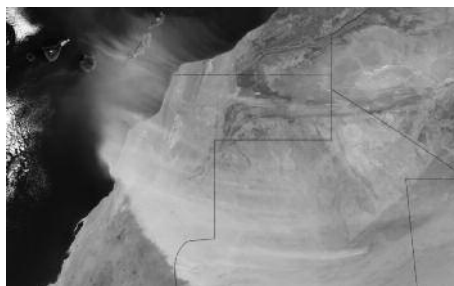


Figura 1 [1]

Descripció del fenomen

El fenomen SAL es produeix quan hi ha una erosió eoliana sobre la meitat nord del continent africà, que aixeca quantitats de pols mineral suspesos. Els materials en suspensió es troben en una capa d'aire calent i sec, situat a altituds compreses entre 2.000 i 4.500 m sobre el nivell del mar.

Els vents dominants el porten en gran part en direcció oest per damunt de l'oceà Atlàntic i fins a les costes americanes. [4] Una combinació de circumstàncies concretes permet que aproximadament un 20% de la massa particular es trobi impulsada per damunt del mar Mediterrani fins al sud del continent europeu.

Segons [5], la composició mineral de les partícules dipositades a la península Ibèrica permet concloure a un origen del nord d'Àfrica, concretament de la regió del nord del Marroc i del nord de Mauritània. Per contra, els fenòmens corresponents detectats a Sicília i a Itàlia provindrien més aviat d'Algèria, mentre que els dipòsits a l'àrea de Grècia i l'Orient Mitjà provindrien de Líbia i Egipte. [6]

Segons [7], a la costa catalana i valenciana la majoria dels episodis es poden caracteritzar per acabar en l'arribada d'una pluja que diposita una part de les partícules en suspensió en forma de fang, sobretot durant els mesos d'estiu (del maig a l'agost). Per contra, altres episodis acaben sense aquesta pluja i dissipen les partícules segons un altre esquema (mesos de febrer-març i setembre-octubre). No es produeixen a penes episodis durant el mes de desembre.

En tot cas, perquè es produeixi aquest fenomen sobre la península Ibèrica cal que l'anticicló de les Açores s'allunyi cap a l'oest i es reemplaci per una depressió. Aleshores, els vents girant en sentit antihorari al voltant del centre de la depressió poden facilitar l'entrada d'aire des del sud (figura 2). Al contrari, quan l'anticicló es troba en una posició més oriental, el seu patró de vents que giren en sentit horari tenen tendència a bloquejar la progressió de SAL.

S'han fet estimacions de la quantitat de matèria transportada globalment cap al continent europeu. Segons [9], eren entre 80 i 120 milions de tones per any a principi dels anys 1980, mentre que d'altres [10] parlen més aviat d'entre 130 i 760 milions de tones/any.



Figura 2: Efecte d'una depressió sobre la Península [8]

Identificació instrumental històrica del fenomen

Per poder fer una correlació entre la freqüència dels fenòmens d'entrada d'aire saharià i el canvi climàtic, caldria disposar d'un mecanisme per tal de poder identificar un episodi a través de mesures instrumentals. Resulta necessari perquè no sempre es disposa de dades historiogràfiques; pensem, per exemple, que la secció d'informàtica meteorològica dels diaris és en molts casos de creació relativament recent. En diaris dels anys 1930-40, per exemple, poques vegades s'informa sobre SAL. D'altra banda, el canvi climàtic és un fenomen ben documentat, però que es caracteritza per requerir un estudi sobre una durada de cinquanta, cent o més anys per poder-lo posar de manifest.

Les dades meteorològiques històriques disponibles a Andorra des del 1934-35 [11] consisteixen en lectures diàries de temperatura mínima i màxima, així com de les

precipitacions. Si analitzem un episodi d'entrada d'aire saharià, com per exemple el que es va produir entre els dies 18 i 21 de febrer del 2016, ens trobem un senyal força clar de temperatura a les estacions meteorològiques, entre d'altres, en la de la Borda Vidal (Sant Julià, 873 m) (figura 3). Les temperatures tant mínimes com màximes segueixen una evolució ascendent aproximadament lineal mentre dura l'episodi d'entrada d'aire. Solen guanyar entre 5 i 10 graus centígrads al llarg de pocs dies. Posteriorment, hi ha un trencament i la temperatura baixa de cop uns 4-5 graus fins a tornar a nivells més normals per a la temporada.

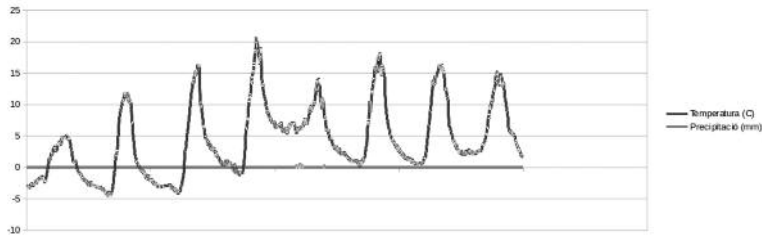


Figura 3: Temperatura i precipitació 18 – 21.02.2016, Borda Vidal, Sant Julià. Font: [12]

Resulta interessant examinar la possibilitat que, a les altituds del Pirineu i d'Andorra, aquesta evolució pogués dependre de l'altitud de l'estació de mesura. Però si observem les lectures a Grau Roig (Encamp, 2.083 m), remarcuem que les temperatures segueixen una evolució anàloga a les de la Borda Vidal, malgrat la diferència d'altitud (figura 4). Es pot detectar el mateix patró a d'altres estacions del Principat, sense que ni l'altitud ni la seva situació geogràfica hi tingui cap influència.

Per contra, el que pot tenir un efecte és la precipitació que va tenir lloc a Grau Roig durant la matinada del 22 de febrer, contràriament a la Borda Vidal. Aquesta manera de donar fi a l'episodi resulta més corrent a les zones del país que més reben la influència atlàntica, amb la conseqüència de fer baixar més ràpidament les temperatures que en punts geogràfics de menor altitud.

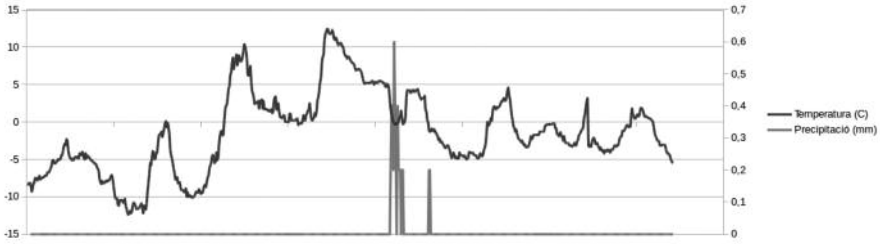


Figura 4: Temperatura i precipitacions 18 - 21.02.2016, Grau Roig, Encamp. Font: [12]

Malauradament, l'evolució tan sols de les temperatures –i accessòriament de la pluviometria– no és suficient per poder identificar un episodi històric de SAL. Per donar-ne un contraexemple, podem examinar el període comprès entre l'1 i el 27 de juliol del 1937, un dels primers episodis detectables a partir de les dades instrumentals al nostre país. En aquell moment, l'evolució de les temperatures màxima i mínima a Ransol (figura 5) sembla correspondre prou bé al patró detectat durant un episodi SAL.

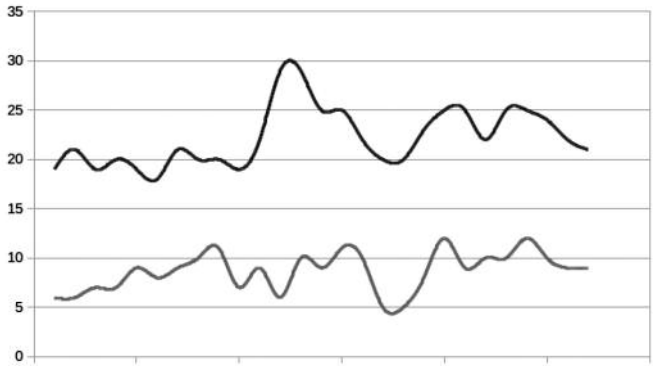


Figura 5: Temperatures màxima i mínima del 1 al 27.07.1937 a Ransol, Encamp. Font: [11]

Per confirmar o no aquesta impressió, es pot contrastar amb la informació publicada del Meteorological Office anglès. En aquest cas, permet informar la suposició que es tracti d'un episodi d'aire saharià:

"From the 8th-13th wedges and troughs passed alternately across the country maintaining variable weather." Font: [13]

En efecte, una situació d'entrades contínues de fronts atlàntics a les illes Britàniques no és compatible amb la presència d'una depressió en una posició constant sobre el golf de Biscaia, i per tant que es produeixi SAL a l'àrea de l'oest del Mediterrani. Podem identificar, doncs, la pujada de temperatures durant el mes de juliol del 1937 amb el típic anticicló d'hivern –que força els fronts atlàntics a passar per una ruta cap al nord d'Europa–, però no es correspon amb un episodi de pols.

Queda clar que ens caldrà la mesura d'un paràmetre suplementari per poder identificar amb certesa un episodi SAL a partir de dades històriques, i així seguir l'evolució de la seva freqüència d'aparició. Aquest paràmetre podria ser una mesura de matèria particulada, factor que des de final dels anys setanta se sap que a més té un efecte cert sobre la meteorologia. [14]

Es pot accedir públicament a les mesures exactes de matèria particulada PM_{2,5} i PM₁₀ de la xarxa d'estacions automàtiques de la Generalitat de Catalunya en línia, entre d'altres les de l'estació de Bellver (la Cerdanya). [15]

Durant l'episodi SAL del 18 al 25 de febrer del 2016, podem observar (figura 6) tres fases separades. En una primera fase, la temperatura ja havia progressat fins al seu màxim (dies 18 a 20), però les lectures de PM₁₀ es mantenen encara al nivell habitual per aquesta estació. És durant la segona fase (dia 21) que cau la temperatura, i simultàniament els valors de matèria particulada creixen considerablement pel que fa a la superfície. Finalment, en una tercera fase els valors de temperatura tornen a la normalitat així com les lectures de PM₁₀.

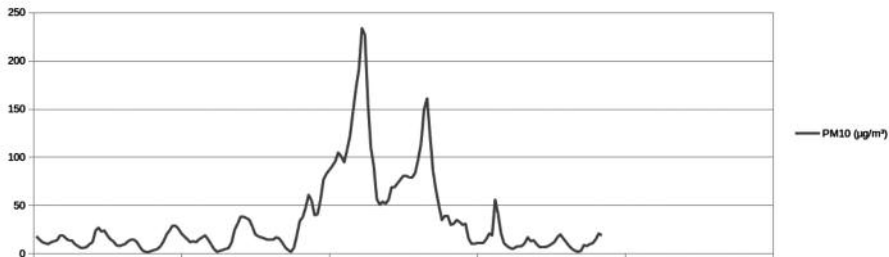


Figura 6

Discussió i conclusions

Les conseqüències d'una possible influència de les entrades d'aire saharià sobre els efectes concrets del canvi climàtic a l'àrea oest mediterrània i a Andorra són debatuts.

D'una banda, [2] conclou que la relació entre pluja de fang i canvis en la circulació atmosfèrica global encara no està prou ben definida; d'altra banda, [4] comenta l'efecte significatiu de la presència de les entrades d'aire saharià sobre la formació dels ciclons tropicals prop del continent americà. Segons aquest autor, l'augment de *wind shear* corresponent té l'efecte de disminuir la força de les tempestes en formació. En el cas del Pirineu i d'Andorra, es pot suposar que aquest efecte tindrà una influència menor, ja que els patrons climàtics dominants solen fer venir la majoria de tempestes i episodis de vent fort, sigui des de l'Atlàntic, sigui des del nord del continent europeu. Tot i això, no se'n poden obviar els possibles efectes quant a les llevantades –fenòmens que, precisament, es produeixen en la nostra àrea sobretot quan hi ha una depressió per damunt de la península.

Pel que fa als efectes químics, en [3] es conclou que l'augment de la pluja de fang pot tenir repercussions, a causa del seu caràcter molt bàsic. Aquests autors proposen que puguin tenir un efecte important com a proveïdors de nutrients als ecosistemes afectats. Per delimitar aquesta influència de manera concreta, possiblement caldria un complement d'estudi sobre els efectes de l'acidesa o caràcter bàsic de la pluja sobre els diferents ecosistemes de la muntanya.

Finalment, la composició relativament constant de les partícules de pols en l'aire saharià i les seves dimensions compreses entre els 2,5 i 10 µm fa pensar en possibles conseqüències sobre la salut, que es poden produir sigui directament, sigui a través de la seva participació en

esdeveniments fotoquímics. L'any 1999 ja es perfilava aquesta possibilitat als Estats Units a causa de les quantitats de pols transportades a través de l'oceà Atlàntic [16]; tot i que la quantitat derivada cap al Mediterrani des del nord de l'Àfrica sigui inicialment menor, podem pensar que la proximitat geogràfica pugui fer que les pèrdues durant el transport siguin menors i per tant la seva concentració a l'aire major. Tenint en compte els alts valors observats durant el pic de l'episodi SAL del febrer del 2016 a Bellver, corresponen als enregistrats per [10] a Huelva, amb màximes de PM_{10} fins a $162,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Superen així àmpliament els valors recomanats per a la salut humana.

S'entén, doncs, que hi pugui haver una certa preocupació pel que fa al possible lligam entre el canvi climàtic i la freqüència d'aparició de fenòmens SAL. Malauradament, per poder distingir una tendència temporal clara, caldria poder disposar de dades instrumentals històriques que incloguin no només temperatures i precipitacions, sinó també mesures de matèria particulada –mesures que no es prenen sistemàticament fins a dates relativament recents.

Així, tot i que la percepció popular semblaria d'un augment de la freqüència d'episodis SAL, no podem concloure directament aquest extrem. Encara que es pogués verificar, el lligam amb el canvi climàtic recent s'hauria d'estudiar amb més profunditat. Tot i això, hi ha una possible via indirecta que ens pot aportar una mica de llum sobre el fenomen, és el North Atlantic Oscillation (NAO). Aquest índex, caracteritzat per la diferència de pressions entre l'anticicló de les Açores i la depressió d'Islàndia, té valors positius (*positive NAO*) quan l'anticicló és fort. En aquesta situació, és menys possible que una depressió atlàntica pugui progressar sobre la península Ibèrica i, per tant, que es produeixi un fenomen SAL. Per contra, quan l'índex té valors negatius (*negative NAO*), l'anticicló se sol afeblir i permet més fàcilment el pas de depressions per damunt de la península, i en aquestes condicions se solen facilitar les entrades d'aire saharià.

Per aquest, motiu, la reducció en la freqüència de producció de fases negatives NAO proposat per [17] indicaria una tendència a la disminució del nombre d'episodis SAL, contràriament a la impressió popular manifestada. En tot cas, l'estudi més acurat de l'evolució dels canvis de signe del NAO podria permetre identificar períodes històrics en què episodis SAL es varen produir amb més freqüència que l'actual.

Alan Ward i Koeck,
doctor en societat de la informació i professor a l'Escola Andorrana

Referències

- [1] Usuari Western Sahara (05.06.2005) "saharaNASA1". Flickr. URL: <https://www.flickr.com/photos/sahara/17555987>. Llicència Creative Commons CC-BY-SA (data de consulta: 12.07.2016).
- [2] J. QUEREDA SALA. J. OLCINA CANTOS. E. MONTÓN CHIVA (1996) "Red dust rain within the Spanish Mediterranean area". *Climatic Change*, vol. 32, núm. 2. p. 215-228.
- [3] A. AVILA. I. PEÑUELAS (1999) "Increasing frequency of Saharan rains over northeastern Spain and its ecological consequences". *The Science of the Total Environment*, vol. 228. p. 153-156.
- [4] J. P. DUNION. C.S. VELDEN (2004) "The impact of the Saharan Air Layer on Atlantic tropical cyclone activity". *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 85, núm. 3. p. 353-365.
- [5] A. AVILA. I. QUERALT MITJANS. M. ALARCÓN (1997) "Mineralogical composition of African dust delivered by red rains over northeastern Spain". *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, vol. 102, núm. D18, p. 21.977-21.996.
- [6] A. BLANO ET AL. (2003) "Characterization of African dust over southern Italy". *Atmospheric Chemistry and Physics*, vol. 3., p. 2.147-2.159.
- [7] M. ESCUDERO ET AL. (2005) "Wet and dry African dust episodes over eastern Spain". *Journal of Geophysical Research*, vol. 110, núm. D18S08.
- [8] Usuari flappieff, Wikipedia: *Mediterranean Basina and Near East before 1000BC*. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mediterranean_Basin_and_Near_East_before_1000_AD_topographic_map.jpg Llicència Creative Commons CC-BY-SA (data de consulta: 12.07.2016).
- [9] J. WOODWARD (2009) *The Physical Geography of the Mediterranean*. Oxford University Press.
- [10] Y. CAMARGO CAICEDO (2010) "Caracterización de un episodio de intrusión sahariana en el suroeste de la Península Ibérica". *Revista Inge-CUC*, vol. 6, núm. 6.
- [11] Forces Elèctriques d'Andorra, S. A. "Energia i Meteo". URL: <https://www.feda.ad/energia-i-meteo/meteo/historic> (data de consulta: 11.07.2016).
- [12] Servei de Meteorologia. Govern d'Andorra "Climatologia". URL: <http://meteo.ad/climatologia.php?idioma=0> (data de consulta: 10.07.2016).
- [13] Meteorological Office (july 1937) *Monthly Weather Report of the Meteorological Office*, vol. 54, núm. 7.
- [14] S. Twomey (1977) "The Influence of Pollution on the Shortwave Albedo of Clouds". *Journal of the Atmospheric Sciences*, vol. 34, p. 1.149-1.152.
- [15] Xarxa de Vigilància i Previsió de la Qualitat de l'Aire (XVPCA). Generalitat de Catalunya. URL: <http://dtes.gencat.cat/icqa> (data de consulta: 09.07.2016).
- [16] J. M. PROSPERO (1999) "Assessing the Impact of Advected African Dust on Air Quality and Health in the Eastern United States". *Human and Ecological Risk Management*, vol. 5, núm. 3, p. 471-479.
- [17] M. H. VISBECK. J. W. HURRELL. L. POLVANI. H. M. CULLEN (2010) "The North Atlantic Oscillation: Past, present and future". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 98, núm. 23, p. 12.876-12.877.