

# **La contaminació atmosfèrica al Montseny: el cas de la deposició de sofre**

ANNA ÀVILA CASTELLS

## **RESUM**

Les dades que mostrem en aquest article posen de manifest la forta interrelació entre l'atmosfera i la biosfera, i exemplifiquen un cas en què la reducció de les emissions a l'atmosfera d'un contaminant (el diòxid de sofre) han tingut repercussions efectives i ràpides en els ecosistemes receptors, estudiats al Montseny.

## **INTRODUCCIÓ**

La superfície terrestre està envoltada per una capa altament fluida i dinàmica, l'atmosfera, la qual acull, barreja, transporta i fa reaccionar els gasos i partícules que s'emeten des de la superfície de la terra. Fins fa uns 200 anys, la composició de l'atmosfera venia determinada pels cicles naturals d'emissió i deposició. Per exemple, s'injectaven de forma natural a l'atmosfera els gasos i partícules emesos pels volcans o els incendis. Però, a partir de la revolució industrial, s'hi han afegit les emissions degudes a les activitats humanes, les quals han augmentat exponencialment en les darreres dècades i han modificat els cicles naturals. És ben conegut el cas de l'augment de les emissions de diòxid de carboni per l'acció humana i com això està afectant al clima del planeta (<https://www.ipcc.ch/report/sr15>). També les emissions d'altres gasos han provocat efectes importants en el planeta. En aquest treball volem centrar-nos en les emissions d'un dels principals gasos que provoca la pluja àcida, el diòxid de sofre (SO<sub>2</sub>).

El diòxid de sofre emès a l'atmosfera prové principalment de la combustió de combustibles fòssils (carbó, fuel) rics en sofre. A partir de mitjans del segle XX va créixer de forma molt acusada l'ús de combustibles fòssils per a la generació elèctrica, el transport, la indústria i la climatització dels habitatges. El diòxid de sofre emès a l'atmosfera, quan s'incorpora a les gotes de pluja es converteix en àcid sulfúric i, si no és neutralitzat per substàncies bàsiques, genera pluja àcida (pluja amb un pH per sota de 5,6).

Durant els anys setanta i vuitanta, la pluja àcida va causar l'acidificació d'ecosistemes terrestres i aquàtics en extenses zones de l'hemisferi nord, provocant la desaparició de peixos, invertebrats i altres espècies en nombrosos llacs i rius, mentre que l'acidificació de boscos va portar al decaïment forestal en moltes zones d'Europa i Nord-amèrica. Per combatre aquests efectes nocius es van posar en marxa uns importants acords internacionals sota la ombrel·la de les Nacions Unides ([https://www.unece.org/env/lrtap/status/lrtap\\_s.html](https://www.unece.org/env/lrtap/status/lrtap_s.html)). Amb la creació de la Convenció LRTAP (Long-Range Transport of Atmospheric Pollutants) es van impulsar una sèrie de protocols internacionals per a la reducció de les emissions de diòxid de sofre (i d'altres contaminants dels que no parlarem aquí). Els resultats d'aquest acords i protocols de reducció d'emissions han estat molt positius, ja que l'acidificació de llacs i boscos s'ha revertit en molts llocs del planeta (Skeljvale et al. 2005; Stoddard et al., 1999). Aquí analitzarem les repercussions de la reducció de les emissions de diòxid de sofre en la composició química de la pluja del Montseny i en els alzinars del massís, utilitzant la química de les riera com a indicador del què passa a la seva conca.

## VARIACIÓ DE LES EMISSIONS DE DIÒXID DE SOFRE I COM AFECTA A LA PLUJA

L'atmosfera és molt fluida i en ella s'hi dona un transport i intercanvi de gasos i aerosols a través dels vents. Per tant, la deposició que rep una localitat determinada es veu afectada per emissions produïdes en llocs distants, a més de les emissions locals. Per tant, en avaluar el que passa en una localitat determinada s'ha de considerar també el transport a mitja (centenars de kilòmetres) i llarga distància (milers de kilòmetres). Així, el que passa al Montseny pot estar afectat per les emissions en països veïns. En aquest sentit, a la Figura 1 hem tingut en compte l'evolució de les emissions de diòxid de sofre entre 1980 i 2016 a Espanya i als seus països veïns. A la gràfica s'observa una disminució molt acusada de les emissions de SO<sub>2</sub>, amb una davallada molt important a França i a Itàlia (del 95%) que s'inicia ja a la dècada dels 80. A Espanya la disminució va una mica més lenta, però assoleix percentatges similars (91%) en els anys finals. Pel conjunt dels 28 països de la Unió Europea, la disminució ha estat del 90%.

Veiem doncs, que en el període mencionat, les emissions es van reduir molt fortament, un èxit en la lluita contra la contaminació atmosfèrica propiciada per l'ús de noves tecnologies en la generació d'energia que han facilitat el compliment de les restriccions d'emissió acordades en els Protocols esmentats.

Sabem que els gasos i aerosols s'incorporen a les gotes de pluja. I ens preguntem, com ha afectat aquesta reducció tan dràstica a la composició de la pluja?

Al Montseny, podem respondre a aquesta pregunta amb els resultats de l'anàlisi de la composició química de la pluja recollida en sengles estacions de control de la qualitat de l'aire situades, una a la vall de La Castanya, i l'altra a Santa Maria de Palautordera. A La Castanya (Foto 1) es recull una mostra de pluja, amb periodicitat aproximadament setmanal, des de 1983 fins a l'actualitat (però sense dades del 2000 al 2002). A Santa Maria de Palautordera (Foto 2), la pluja s'ha mostrejat, també setmanalment des de 1996 fins a l'actualitat. La pluja es recull i analitza seguint estrictes protocols i les dades passen per un filtre de qualitat analítica. Aquests estudis han estat finançats per diversos projectes nacionals (MINECO) i per la Direcció General de Qualitat Ambiental de la Generalitat Catalunya.

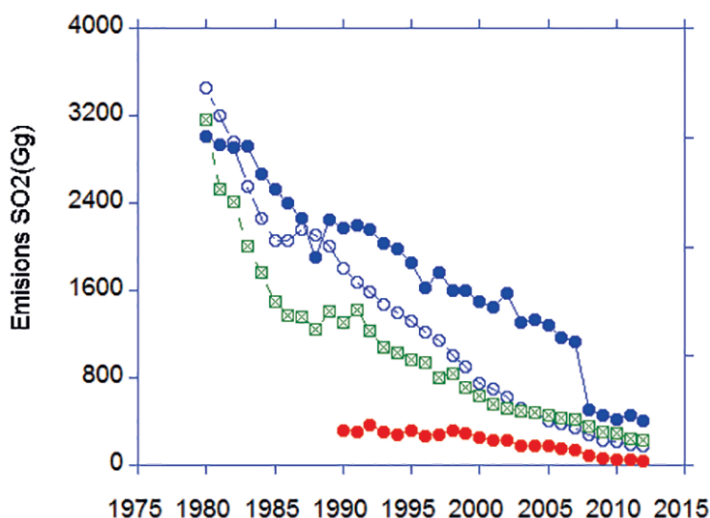


Figura 1. Evolució de les emissions de diòxid de sofre (en Gigagrams) entre 1980 i 2013. Els cercles plens en blau indiquen emissions a Espanya, els cercles buits en blau, les de França, els quadrats verds les d'Itàlia i els cercles en vermell, les de Portugal.



Foto 1. Estació de mesura de la qualitat de l'aire a La Castanya. El col·lector de pluja és l'instrument blanc del primer pla. Consta d'una tapa que es mou per deixar descobert el cubell on es recollirà la pluja. ©Anna Avila



Foto 2. Col·lector de pluja del tipus situat a Santa Maria de Palautordera. Consta d'una cúpula semicircular que s'obre en començar a ploure. La pluja es vehicula cap a un bidó a l'interior del col·lector. ©Anna Avila

Els resultats de les anàlisis de les pluges ens mostren que el contingut de sulfat ha disminuït significativament (en un 54%) des de principis dels anys 80 fins l'actualitat (Figura 2) i demostren l'estreta correspondència entre les emissions i la composició química de la pluja.

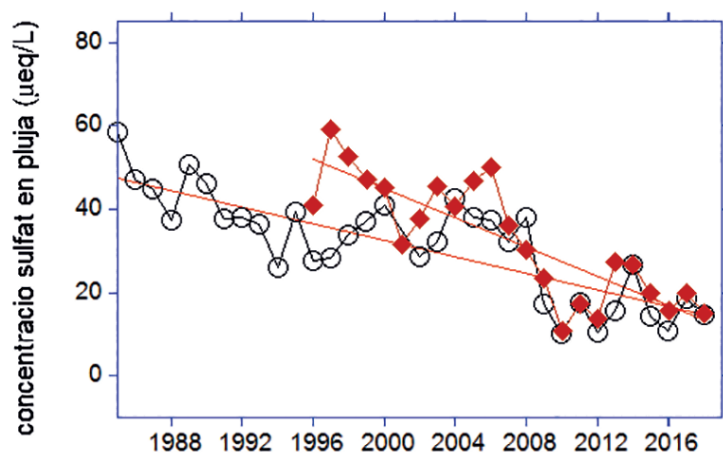


Figura 2. Evolució de les concentracions de sulfat en pluja (en microequivalents/litre) entre 1985 i 2018. Els cercles buits en negre indiquen les concentracions a la pluja de La Castanya, els rombes en vermell, les de la pluja a Santa Maria de Palautordera.



En disminuir el sulfat, un dels principals components acidificadors de la pluja, també ha disminuït la seva acidesa (o el que és el mateix, ha augmentat el pH de l'aigua de la pluja). Malgrat que al Montseny el promig anual de la pluja no és àcid (l'acidesa es defineix per un pH per sota de 5,6), el fet de reduir un dels components que aporta acidesa a la pluja encara confereix menys acidesa a la mateixa. Així, veiem que el promig del pH dels darrers 5 anys a l'estació de La Castanya ha estat entre 6.9 mentre que el dels primers 5 anys fou de 6.0, una diferència important tenint en compte que el pH s'expressa en escala logarítmica

### EFFECTES A LES AIGÜES DE DRENATGE

A continuació ens interessa determinar si aquesta disminució de la deposició de sulfat per mitjà de la pluja ha afectat els ecosistemes receptors. Per respondre aquesta qüestió analitzarem les aigües que drenen algunes àrees forestals del Montseny amb poca intervenció humana. Es tracta de conques de litologia silicatada, composta principalment per esquists que no contenen sulfats en quantitats apreciables. Per tant, assumirem que la composició en sulfat de aigües de les rieres reflecteix la de la pluja que les alimenta i no està influïda per fonts dins la conca.

En un estudi realitzat l'any 2012 vam comparar la composició química de 16 rieres de les parts altes Montseny mostrejades en el lapse de 25 anys que va del 1984 al 2007 (Avila i Rodà 2012). Els resultats van indicar una disminució del sulfat a la majoria de rieres d'alzinar, amb una disminució

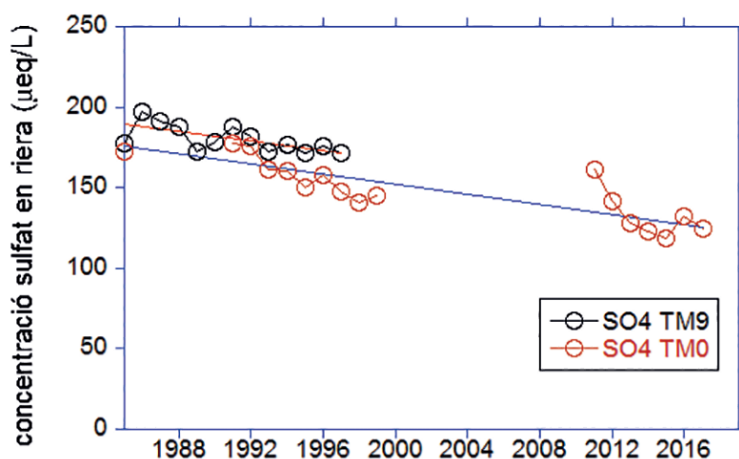


Figura 3. Evolució de les concentracions de sulfat en aigua de riera (en microequivalents/litre) entre 1985 i 2018. Els cercles buits en negre indiquen les concentracions a la riera de TM9 i els vermells, les concentracions a la riera de TM0.



Foto 3. Panoràmica de la conca del Torrent de la Mina, a la vall de La Castanya. S'hi han mostregat dues rieres, anomenades TM9 i TM0. ©Anna Àvila

mitjana del 31%. D'altra banda, s'ha fet un seguiment dels cabals i la composició química de dues rieres del Torrent de la Mina. Es tracta de les rieres que anomenem TM9 (superfície de 6 hectàrees i que drena una conca d'alzinar) i TM0 (de 200 hectàrees, amb un 55% d'alzinar, 15% de fageda i 33% de landes) a la vall de La Castanya (Foto 3). El seguiment cobreix el període des del 1983 fins l'actualitat, amb un període d'interrupció als anys 2000 a TM0 i la finalització del mostreig el 1999 a TM9. La tendència de les dues sèries també mostra una disminució, que en el cas de TM0 és del 31%, essent la variació de les dues rieres molt paral·lela (Figura 3) .

En resum, aquestes dades mostren la forta interrelació entre l'atmosfera i la biosfera, i indiquen com la presa de decisions respecte de les emissions tenen repercussions efectives i ràpides en els sistemes receptors. Aquest és un resultat que ens hauria d'encoratjar a prendre mesures per reduir altres contaminants ambientals.

En el cas del Montseny, a diferència de moltes zones del centre i nord d'Europa, no hi havia problemes previs de pluja àcida ni d'acidificació de les aigües i dels boscos. Però com a conseqüència de les reduccions de les emissions dels precursors de la pluja àcida, el pH de la pluja ha augmentat i el contingut de sulfat de la pluja i les rieres ha disminuït, i probablement està arribant a un nou estat d'equilibri prop dels valors que hi deuria haver fa 200 anys, en el període anterior a la revolució industrial.

## BIBLIOGRAFIA

- AVILA, A. i RODÀ, F. (2012). Changes in atmospheric deposition and streamwater chemistry over 25 years in undisturbed catchments in a Mediterranean environment. *The Science of Total Environment*, 434: 18-27.
- SKJELKVALE, BL, i 14 autors, (2005). Regional scale evidence for improvements in surface water chemistry 1990-2001. *Environmental Pollution* 137, 165-176.
- STODDARD, J,L, i 22 autors, (1999). Regional trends in aquatic recovery from acidification in North America and Europe. *Nature* 401, 575-578.

