

# Les conques del Montseny com a sentinelles de canvis ambientals

ANNA ÀVILA – FERRAN RODÀ

## *The Montseny catchments as sentinels of environmental changes*

El nostre estudi dels fluxos d'aigua i de nutrients en petites conques d'alzinar a La Castanya (Montseny) proporciona informació del comportament biogeoquímic de conques forestals poc pertorbades a la regió mediterrània, un tipus d'ecosistemes que han rebut poca atenció a la literatura científica. Les conques del Montseny han presentat característiques específiques que les diferencien de conques en biomes més temperats, com per exemple: (1) una hidrologia fortament controlada per l'evapotranspiració, la qual representa 2/3 de la precipitació anual, (2) una resposta hidrològica molt ràpida, (3) la forta relació entre la deposició atmosfèrica de sofre i la seva exportació en les aigües de les rieres, i (4) la retenció dins de l'ecosistema de pràcticament tot el nitrogen que es diposita des de l'atmosfera. Les sèries de dades de llarga durada són de gran importància per entendre la magnitud i la direcció de canvis ambientals i les conques del Montseny han servit per a aquest propòsit en les darreres quatre dècades.

**Paraules Clau:** Mediterrani, deposició àcida, pluja de fang, química de rieres, alzinar.

*Our study of water and nutrient fluxes in small holm-oak catchments in La Castanya (Montseny) provides information on the biogeochemical behavior of undisturbed forested basins in the Mediterranean region, a type of ecosystem that has received little attention in the scientific literature. The Montseny catchments have shown specific characteristics that differentiate them from more temperate sites, such as: (1) a hydrology strongly controlled by evapotranspiration, which represents 2/3 of the annual precipitation, (2) a very fast hydrological response, (3) the strong relationship between sulphur deposition and its export in streamwater, and (4) the strong retention in the ecosystem of the deposited nitrogen. Long-term data series are of paramount importance to understand the magnitude and direction of environmental changes; the Montseny basins have served this purpose in the Mediterranean region for the last 4 decades.*

**Keywords:** Mediterranean, acid deposition, mud rain, stream chemistry, oak forest.

## ESTUDIS ECOLÒGICS ALES CONQUES DEL MONTSENY

A les regions humides, s'ha vist que la circulació d'elements entre l'atmosfera i la biosfera està íntimament relacionada amb el cicle de l'aigua. Aquesta idea, sorgida als anys 60s, va impulsar una sèrie d'estudis a Amèrica i Europa en els que es prenen petites conques hidrogràfiques com a unitats on s'hi quantificaven balanços d'aigua i elements. Si les conques complien les condicions següents: (1) estar sobre roca impermeable, (2) tenir uns límits topogràfics ben definits, i (3) tenir poc intercanvi biològic enllà dels seus límits, s'hi podien calcular balanços d'aigua i elements químics mesurant les entrades a partir de l'atmosfera i les sortides en l'aigua de la riera que drena la conca. A partir d'aquests balanços, es podien fer inferències sobre el funcionament de l'ecosistema a escala de conca (Likens et al. 1977).

A casa nostra vam començar a aplicar aquest tipus d'estudis a principis dels anys vuitanta a les conques de La Castanya, al massís del Montseny, i de l'Avic, a les muntanyes de Prades (Escarré et al. 1984). Al Montseny, els estudis s'han perllongat durant unes quatre dècades i han permès verificar la resposta de les conques a alguns dels canvis ambientals ocorreguts durant aquest període.

Un dels canvis ambientals més importants és el relacionat amb la deposició àcida, que havia anat augmentant de manera continuada fins la dècada de 1980. Aquesta deposició àcida havia provocat l'acidificació de llacs i dels sòls en grans extensions de la terra. Com a conseqüència, s'havia produït un deteriorament dels boscos en determinades regions d'Europa i Nord-Amèrica (Reuss i Johnson 1986). La deposició àcida anava acompanyada d'una l'elevada deposició de sofre i de compostos del nitrogen, essent la deposició de nitrogen també preocupant perquè comporta l'eutrofització (excessiva acumulació de nutrients) dels ecosistemes i afavoreix el creixement d'espècies tolerants al nitrogen en detriment d'altres espècies, el que porta a un empobriment de la biodiversitat (Bouwman et al. 2002).

Per revertir aquests danys, l'any 1979 es va establir la Convenció sobre la Contaminació Atmosfèrica Transfronterera sota el paraigua de l'ONU, que va impulsar estratègies internacionals per reduir les emissions a l'atmosfera d'elements contaminants. Les mesures van ser força efectives, i al cap d'uns anys es van observar importants reduccions en les emissions de sofre i nitrogen, una disminució de la deposició àcida i una reducció de l'acidificació de llacs, boscos i praderies, tot i que sovint encara es noten els efectes de l'acumulació de contaminants al llarg de les darreres dècades. El lector interessat pot consultar més detalls sobre aquestes actuacions i els seus efectes al web del programa europeu de vigilància i avaluació de la contaminació atmosfèrica (EMEP, <https://www.emep.int/>).

L'obtenció de sèries de dades de llarga durada és de gran importància per entendre la magnitud i la direcció de canvis ambientals com els suara esmentats; normalment, es necessiten registres decadalers per identificar les tendències de canvi, així com per esbrinar els seus efectes en la dinàmica dels ecosistemes receptors. Per tant, es requereix un gran esforç econòmic i organitzatiu per mantenir aquests registres de llarga durada. En aquest context, les conques del Montseny han estat un cas destacable al nostre país dels esforços en la continuïtat del monitoratge en petites conques, juntament amb els estudis a Aigüestortes (Camarero i Catalan 1993, Avila et al. 2020) i a Vallcebre (Llorens et al. 2018).

Els estudis a les conques d'alzinar (*Quercus ilex*) del Montseny van començar l'any 1978. Del 1979 al 1983 van ser finançats per un projecte hispanoamericà liderat inicialment per Ramon Margalef (Universitat de Barcelona) i Frederick Herbert Bormann (Universitat de Yale) i posteriorment per Jaume Terradas (Universitat Autònoma de Barcelona) i George Hornberger (Universitat de Virgínia). Aquests treballs van posar la llavor als estudis d'ecologia terrestre a Espanya, que aleshores estaven a les beceroles (per a una narració detallada, veure <https://blog.creaf.cat/coneixement/origens-de-lecologia-terrestre-a-catalunya/>). La recerca va anar agafant volada i es va perllongar durant quatre dècades a La Castanya gràcies a diferents ajuts de la Generalitat de Catalunya, de la Diputació de Barcelona, del govern espanyol i de la Comissió Europea. Dues conques del Montseny situades en el Torrent de la Mina a vall de La Castanya, i anomenades TM9 i TM0 han recollit observacions biofísiques i químiques en el període 1978-2019 (Figura 1, Taula 1) i participen a la xarxa internacionalILTER (*International Long term Ecological Research Network*) establerta per abordar la resposta global dels ecosistemes als canvis ambientals.

## **AVALUACIÓ DE LA QUÍMICA DE LA PRECIPITACIÓ**

Atès que els estudis a les conques del Montseny van començar en temps de preocupació general per la pluja àcida, ens calia esbrinar si l'acidesa de la pluja era important i si els ecosistemes del massís n'estaven afectats. Vam trobar que l'aigua de pluja del Montseny rarament era àcida: els anions àcids de sulfat i nitrat estaven majorment neutralitzats per cations bàsics i amoni (Rodà et al. 1993). El pH mitjà anual fou de 6,79 en el període estudiat. Tots els valors de pH mig anual inferiors a 5,50 es van produir abans de 1990 indicant que, efectivament, a l'inici dels estudis la pluja era més àcida tot i que el grau d'acidesa era moderat.

Per la nostra situació geogràfica al sud d'Europa freqüentment rebem intrusions de pols africana, i quan la pols s'incorpora a la pluja es

produeixen les anomenades “pluges de fang”. Aquestes pluges aporten carbonats que contribueixen a contrarestar la pluja àcida (Avila et al. 1997, 1998), fet pel qual estem molt menys exposats a rebre pluja àcida que els països de latituds més nòrdiques. A més, aquestes pluges contenen minerals que en dissoldre's aporten nutrients que beneficien el creixement del bosc: especialment important es l'aportació de fòsfor, un nutrient d'escassa disponibilitat a la natura (Avila et al. 1998).

### **AVALUACIÓ DE LA QUÍMICA DE LES RIERES**

Respecte de la preocupació pels efectes de la pluja àcida, i tractant-se de rieres de muntanya sobre roques silicatades podríem pensar que els sòls, i les aigües que hi circulen, no tenen capacitat neutralitzadora de l'acidesa i per tant tendrien a l'acidesa. Però, en canvi, hem trobat que les aigües no són àcides: són aigües bicarbonato-sódico càlciques amb un pH mitjà de 7,5 als dos rierols estudiats. Per tant, no hem detectat un problema de pluja àcida ni d'acidificació dels sòls a les conques del Montseny que afecti els seus boscos i les seves aigües.

També vam observar que les conques del Montseny van respondre ràpidament als canvis en la deposició atmosfèrica: la disminució de la deposició de sulfat, derivada de les mesures internacionals de control de les emissions, va reflectir-se en una disminució del sulfat a les rieres, que va anar acompanyada per un augment de l'alcalinitat, allunyant encara més el problema de l'acidificació (Avila 2019, Avila i Rodà 2012). La capacitat de resposta de les rieres respecte de les entrades atmosfèriques es pot explicar pel baix temps de residència de l'aigua en aquestes conques en comparació amb altres àrees geogràfiques (Bernal et al. 2013).

Per contra, el nitrogen no va mostrar una pauta de variació lligada als canvis en la deposició atmosfèrica: gairebé tot el nitrogen dipositat des de l'atmosfera (una quantitat important entorn dels 20 kgN /ha/any) es va retenir en l'ecosistema. Això s'explica per que el bosc encara està creixent després de les tales de carboneig actives fins a mitjans del segle XX i reté aquest nutrient essencial per al creixement vegetal. Això fa que les aigües d'aquest torrents montsenyencs tinguin molt baix contingut de nitrogen inorgànic, distingint-los de les aigües de zones veïnes (com per exemple de la plana de Vic) que contenen elevades concentracions de nitrats derivades de l'excés d'aplicació de purins en l'agricultura.

Per facilitar que es puguin fer més anàlisis, exploració de les dades i descoberta de tendències, les dades de les conques del Montseny estan disponibles a la plataforma Zenodo: (1) doi:10.5281/zenodo.7228249, amb dades de hidroquímica de les rieres; i (2) doi: 10.5281/zenodo.7228266, amb dades de la deposició atmosfèrica.



Fig 1. Vista general de la conca del torrent de la Mina, mirant SSW. Els vessants de color verd fosc estan revestits d'alzinars. El bosc de color verd clar del vessant N superior és de faig. En aquesta foto no es veuen les landes de les parts més altes de la conca. TM9 és una petita conca a l'esquerra, totalment coberta per alzar. (Foto A. Àvila).

### Taula1. Característiques de les conques

CONCA	AREA (HA)	ALTITUD MÍNIMA (M)	ALTITUD MÀXIMA (M)	PENDENT (°)	PRINCIPAL DIRECCIÓ RIU	VEGETACIÓ
TM9	5,9	710	1036	35	N	100% alzar
						52% alzar 15% faig 30% landa i prats
TM0	200,4	650	1343	26	NE	3% roques

### BIBLIOGRAFIA

- AVILA, A. (2019), La contaminació atmosfèrica al Montseny: el cas de la deposició de sofre. *Monografies del Montseny*, 34, pp. 31-38.
- AVILA, A. – QUERALT-MITJANS, I. – ALARCÓN M. (1997), "Mineralogical composition of African dust delivered by red rains over northeastern Spain", *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 102, D18: 21977-21996.

- AVILA, A. – ALARCÓN, M. – QUERALT, I. (1998), "The chemical composition of dust transported in red rains: its contribution to the biogeochemical cycle of a holm oak forest in Catalonia (Spain)", *Atmospheric Environment*, 32: 179-191.
- AVILA, A. – MOLOWNY-HORAS, R. – CAMARERO, L. (2020), "Stream chemistry response to changing nitrogen and sulfur deposition in two mountain areas in the Iberian Peninsula", *Science of The Total Environment*, 711, 134697.
- AVILA, A. – RODÀ, F. (2012), "Changes in atmospheric deposition and streamwater chemistry over 25 years in undisturbed catchments in a Mediterranean mountain environment", *Science of the Total Environment*, 434: 18-27.
- BERNAL, S. – BELILLAS, C. – IBÁÑEZ, J. J. – AVILA, A. (2013), "Exploring the long-term response of undisturbed Mediterranean catchments to changes in atmospheric inputs through time series analysis", *Science of the Total Environment*, 458: 535-545.
- BOUWMAN, A. F. – VAN VUUREN, D. P. – DERWENT, R.G. – POSCH, M. (2002), "A global analysis of acidification and eutrophication of terrestrial ecosystems", *Water, Air, and Soil Pollution*, 141: 349-382.
- CAMARERO, L., CATALAN, J. (1993), "Chemistry of bulk precipitation in the central and eastern Pyrenees, northeast Spain", *Atmospheric Environment* 27: 83-94.
- ESCARRÉ, A. – GRACIA, C. – RODÀ, F. – TERRADAS, J. (1984), "Ecología del bosque esclerófilo mediterráneo", *Investigación y Ciencia*, 95: 68-78.
- LLORENS, P. – GALLART, F. – CAYUELA, C. – PLANASDEMUNT, M. R. – CASELLAS, E. – MOLINA, A. J. – MORENO DE LAS HERAS, M. – BERTAN, G. – SÁNCHEZ-COSTA, E. – LATRON, J. (2018), "What have we learnt about Mediterranean catchment hydrology? 30 years observing hydrological processes in the Vallcebre research catchments", *Cuadernos de Investigación Geográfica/Geographical Research Letters*, 44: 475-502.
- LIKENS GE, BORMANN FH, PIERCE RS, EATON JS, JOHNSON NM (1977) *Biogeochemistry of a forested ecosystem*. Springer , New York.
- RODÀ, F. – BELLOT, J. – AVILA, A. – ESCARRÉ, A. – PIÑOL, J. – TERRADAS J. (1993), "Saharan dust and the atmospheric inputs of elements and alkalinity to Mediterranean ecosystems", *Water, Air and Soil Pollution*, 66: 277-288.
- REUS, J. O. – JOHNSON, D. W. (1986), *Acid Deposition and the Acidification of Soils and Waters*, Ecological Studies, vol 59. New York: Springer.