

EL NITRAT DE LES FONTS DEL LLUÇANÈS: EFECTES SOBRE LES COMUNITATS DE BRIÒFITS (MOLSES I HEPÀTIQUES)

FERRAN SAYOL / JORDI CORBERA / CATHERINE PREECE / MARC VILELLA
LOLES ASENSIO / MIQUEL JOVER / GUILLEM BAGARIA
XAVIER DOMENE / MARCOS FERNÀNDEZ-MARTÍNEZ¹

f.sayol@creaf.uab.cat

*Nitrate in natural springs in Lluçanès region:
effects on the communities of bryophytes (mosses and liverworts)*

Les fonts alberguen complexes comunitats d'èssers vius que busquen aigua constant. Tanmateix, l'excés de nitrat dels aqüífers subjacents podria afectar la riquesa d'espècies presents, sobretot les sensibles a la contaminació com els briòfits (molses i hepàtiques). En aquest estudi, analitzem l'aigua i els briòfits presents a 93 fonts del Lluçanès. Tot i que trobem que algunes poques espècies poden resistir un relatiu excés de nitrat, la majoria no el toleren, de manera que la riquesa d'espècies decreix en les fonts més contaminades, cosa que evidència un efecte advers de la contaminació de les fonts sobre la biodiversitat de briòfits.

Paraules clau: Fonts, biodiversitat, briòfits, nitrats.

Semi-natural springs contain complex communities of living organisms that look for constant water supplies. However, an excess of nitrate in the underlying aquifers could affect species richness, especially of those groups that are sensitive to pollution such as bryophytes (mosses and liverworts). In this study, we analyse water characteristics and presence of bryophytes in 93 natural springs in Lluçanès region. We find that although a few species can cope with a relative nitrate excess, most of them do not tolerate it, meaning that species richness decreases in the most polluted sources, showing an adverse effect of water pollution on the biodiversity of bryophytes.

Keywords: Springs, biodiversity, bryophytes, nitrate.

Data de recepció: 16/11/2017. Data d'acceptació: 22/6/2018.

1. Introducció

Les fonts naturals sempre han tingut una gran importància per a la vida. Aquests punts d'aigua permanents, no només han sigut utilitzats i mantinguts pels humans durant mil·lennis, sinó que també són capitals per a l'establiment de complexes comunitats d'èssers vius associats a la presència d'aigua relativament constant. Els organismes que integren aquestes comunitats mantenen estretes relacions

1. FERRAN SAYOL (CREAF i Grup de Naturalistes d'Osona GNO-ICHN) / JORDI CORBERA (ICHN, Delegació de la Serralada Litoral Central) / CATHERINE PREECE (CREAF i Global Ecology Unit, CREAM-CSIC-UAB) / MARC VILELLA (Grup de Naturalistes d'Osona GNO-ICHN) / LOLES ASENSIO (CREAF i Global Ecology Unit, CREAM-CSIC-UAB) / MIQUEL JOVER (Departament de Ciències Ambientals, Facultat de Ciències, Universitat de Girona) / GUILLEM BAGARIA (CREAF i Grup de Naturalistes d'Osona GNO-ICHN) / XAVIER DOMENE (CREAF) / MARCOS FERNÀNDEZ-MARTÍNEZ (ICHN, Delegació de la Serralada Litoral Central i Centre of Excellence PLECO).

CREAF, Cerdanyola del Vallès, 08193 Barcelona, Catalunya / Grup de Naturalistes d'Osona (GNO-ICHN), Vic, Catalunya / ICHN, Delegació de la Serralada Litoral Central, Mataró, Catalunya. / Global Ecology Unit, CREAM-CSIC-UAB, Cerdanyola del Vallès, 08193 Catalunya. / Departament de Ciències Ambientals, Facultat de Ciències, Universitat de Girona, Girona, Catalunya. / Centre of Excellence PLECO (Plant and Vegetation Ecology), Department of Biology, University of Antwerp, 2610 Wilrijk, Belgium.

entre ells, tant a nivell tròfic com d'estructuració de l'hàbitat. Tanmateix, hi ha una preocupació creixent per la contaminació d'aquestes fonts, que reflecteix l'estat dels aqüífers subjacents (Manga, 2001; Katz [et al.], 2009; Menció, Boy & Mas-Pla, 2011) i que pot tenir conseqüències negatives per a la salut humana i el medi ambient (De Vries [et al.], 2011; Bryan & Van Grinsven, 2013).

Entre els possibles agents contaminants dels aqüífers, el nitrat és un compost químic habitual degut a la seva alta solubilitat en aigua (Spalding & Exner, 1993) i al seu origen, associat a activitats antropogèniques com l'aplicació al sòl de fertilitzants químics i orgànics o l'abocament incontrolat d'aigües residuals. A la Unió Europea (UE), les dades més recents indiquen que una part molt gran de les zones agrícoles estan contaminades per alts nivells de NO_3 en aigües subterrànies i superficials. Des del 1991, els nivells de nitrats en aigües subterrànies estan regulats per la Directiva Europea 91/676/CEE (Comissió Europea, 2013), que estableix com a contaminades per nitrats les aigües superficials i subterrànies amb concentracions superiors a 50 mg NO_3/L , valor que correspon a la màxima recomanada en aigües potables per l'Organització Mundial de la Salut (World Health Organization, 2011). Aquesta directiva és la base per a la declaració com a «zones vulnerables als nitrats» d'amples regions europees pel seu elevat risc de contaminació, que obliga a bones pràctiques agrícoles i fixa quantitats màximes d'aplicació de fertilitzants nitrogenats.

A Catalunya, la contaminació per nitrats és també el problema mediambiental més gran dels aqüífers, ja que suposa el 80 % de tots els casos de contaminació d'aquest compartiment ambiental, i genera una despesa de més de 6 milions d'euros anuals en mesures de correcció (Agència Catalana de l'Aigua, 2016). Malgrat que la principal repercussió de l'excés de nitrat al medi és l'abastiment d'aigua de boca (Menció [et al.], 2011; 2016), les possibles implicacions per a la biodiversitat de la flora i la fauna han estat poc estudiades. Els briòfits, per exemple, són un grup de plantes no vasculares que formen extenses comunitats al voltant de les fonts. Sovint formen tapissos d'uns quants centímetres de gruix que són utilitzats com a hàbitat per a multitud d'organismes com les diatomees, els rotífers, els tardígrads, els anèl·lids o fins i tot alguns vertebrats com els amfibis, entre molts d'altres (Sayre & Brunson, 1971). Per tant, qualsevol afectació sobre els briòfits tindrà també una influència decisiva sobre aquests altres éssers vius. El grup dels briòfits, que inclou les molles (*Bryophyta*) i les hepàtiques (*Marchantiophyta*), s'ha utilitzat sovint com a bioindicador (Slack, 1990; Suren & Ormerod, 1998; Suren & Duncan, 1999) gràcies a la seva elevada sensibilitat a la contaminació de l'aire (Gilbert, 1968; Rao, 1982); pateixen efectes nocius dels compostos de nitrat atmosfèrics sobre el seu metabolisme (Morgan; Lee & Ashenden, 1992; Soares & Pearson, 1997). Tot i que es comencen a comprendre les implicacions de la contaminació per nitrogen atmosfèric en els briòfits, entre les quals es troba la pèrdua de biodiversitat (Stevens [et al.], 2010), encara no es coneixen les conseqüències de la nitrificació de les aigües en aquest grup. A Catalunya, per bé que alguns estudis han analitzat quins factors determinen la composició de les comunitats de briòfits en zones humides com ara rius (Peñuelas, 1983; Peñuelas & Sabater, 1987) i fonts (Corbera [et al.], 2015; Bes [et al.], 2017, 2018), tampoc s'ha estudiat la tolerància de les diferents espècies de briòfits a la contaminació de les aigües ni l'efecte d'aquesta sobre la riquesa i la diversitat del grup.

En aquest article es pretén: 1) analitzar com la contaminació per nitrat de les fonts podria influir en la presència i la riquesa de les comunitats de briòfits que hi viuen, i 2) determinar si algunes espècies de briòfits es podrien utilitzar com a bioindicadores de la qualitat de l'aigua de les fonts. La zona d'estudi correspon al Lluçanès, que consta de 13 municipis amb una població total de només 7.732 habitants, però amb una intensa activitat agrícola i ramadera que fa que sigui una regió vulnerable a la contaminació per nitrats. L'estudi inclou l'anàlisi d'aigua i la identificació dels briòfits de 93 fonts de la zona per veure l'efecte del nitrat sobre les comunitats. A més, s'han tingut en compte altres factors que poden afectar simultàniament la distribució de les espècies, com ara la climatologia (Corbera [et al.], 2015), l'altitud (Vitt, 1991; Wolf, 1993), el pH (Tessler [et al.], 2014), la presència d'altres ions (Corbera [et al.], 2015) o la conductivitat de l'aigua (Ceschin [et al.], 2012; Bes [et al.], 2017, 2018).

2. Material i mètodes

2.1. Àrea d'estudi, localització i caracterització de les fonts

La zona d'estudi és el Lluçanès, un altiplà natural situat a la zona de l'altiplà central català, en contacte amb el Prepirineu, entre la plana de Vic i el Berguedà. La seva altitud va des dels 400-450 metres en algunes fondalades d'Oristà, al SO, fins als 1.058 metres al santuari dels Munts, al NE. La gran majoria de les aigües del Lluçanès drenen a la conca hidrogràfica del Llobregat, però hi ha alguns cursos d'aigua, com el Sorreigs, que van a parar al Ter. Els sòls són predominantment calcaris, desenvolupats sobre formacions de roques sedimentàries que daten del Paleocè-Oligocè (mapa geològic disponible al web del Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC), <<http://www.icc.cat/>>).

A partir d'un inventari de més de 300 fonts dut a terme al Lluçanès, es van preseleccionar al camp bona part d'elles amb l'ajuda de mapes topogràfics, i amb l'ajut de veïns i veïnes dels diferents pobles es van seleccionar fonts amb presència de briòfits, de les quals se'n van poder mostrear 93 (fig. 1; taula 1) de tipologia molt variada. De cada font es van registrar novament les coordenades geogràfiques, les quals es van utilitzar tant per obtenir la seva altitud a partir del Model Digital del Terreny de Catalunya (disponible al web de l'ICGC, <<http://www.icgc.cat/>>) com per determinar-ne la temperatura mitjana anual (TMA) i la precipitació mitjana anual (PMA) a partir de l'Atlas climàtic digital de Catalunya (Pons, 1996; Ninyerola [et al.], 2000).

2.2. Anàlisi fisicoquímica de l'aigua de les fonts

Des de l'abril de 2015 fins al gener de 2017, es van mesurar la conductivitat i el pH de les aigües, en condicions de camp, mitjançant un pH-metre Orion i un conductímetre WTW. Es van prendre mostres d'aigua amb filtres de fibra de vidre de 0,7 μm de porus (Whatman GFF) i posteriorment, al laboratori, es va analitzar la concentració de cations (sodi (Na^+), potassi (K^+), magnesi (Mg^{2+}) i calci (Ca^{2+})) amb una columna Dionex CS12A en un cromatògraf iònic Dionex ICS-1100 (Dionex, Sunnyvale, EUA); d'altra banda, els anions (nitrat (NO_3^-), clorur (Cl^-),

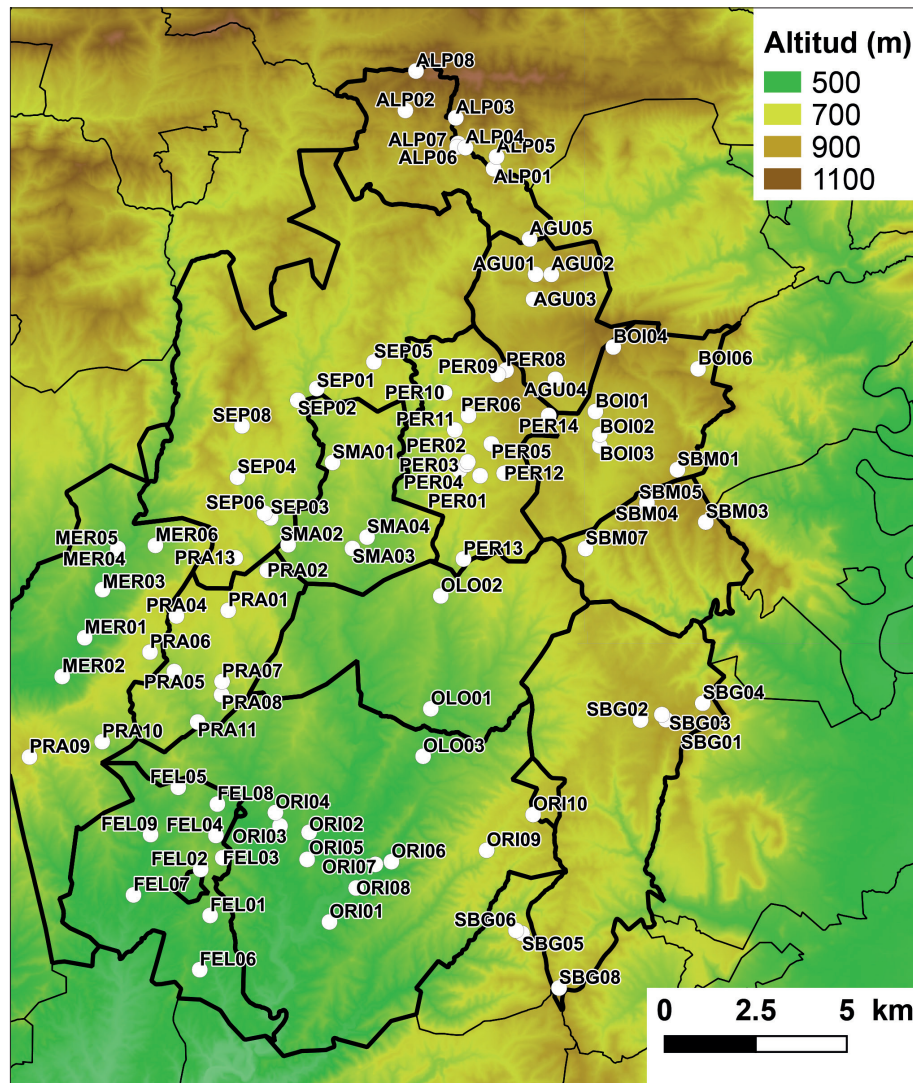


Figura 1. Localització de les 93 fonts del Lluçanès que comprèn l'estudi, codificades amb un codi de tres lletres i dos números (vegeu la taula 1 per al nom, les coordenades i l'altitud de cada font).

Taula 1. Relació de les fonts compreses en l'estudi, amb la localitat, coordenades i altitud

Codi	Nom de la font	Localitat	UTMx	UTMY	Altitud
ALP01	F. del Pi	Alpens	427879	4660301	790
ALP02	F. de la Llena	Alpens	428312	4660301	893
ALP03	F. de Matamosses	Alpens	427823	4659616	699
ALP04	F. Palmerola	Alpens	428422	4657422	904
ALP05	F. de la Pixarella	Alpens	427715	4661273	875
ALP06	F. de Sant Antoni	Alpens	426728	4663201	917
ALP07	F. d'en Sidru	Alpens	424306	4664800	910
ALP08	F. de Serrallonga	Alpens	425689	4664600	1090
PRA13	F. de les Coves	Lluçà	425955	4663781	720
SEP01	F. del Pollancre (Mas Gitano)	Lluçà	426808	4663532	723
SEP02	F. de la Casanova	Lluçà	425728	4663797	626
SEP03	F. del Recer	Lluçà	425754	4663891	675
SEP04	F. del Camp de Soler	Lluçà	424597	4665884	702
SEP05	F. de les Mosqueres	Lluçà	429521	4656536	795
SEP06	F. del Raig	Lluçà	429643	4655907	691
SEP08	F. de la Bauma dels Bous	Lluçà	429641	4655594	715
OLO01	F. Gran	Olost	430013	4658308	564
OLO02	F. de la Vila	Olost	432340	4657710	652
OLO03	F. del Pla de L'estany	Oristà	418946	4642703	660
ORI01	F. de la Baga	Oristà	418686	4643968	465
ORI02	F. de la Torre	Oristà	419292	4644287	525
ORI03	F. del carrer Nou	Oristà	419105	4644899	530
ORI04	F. del puig	Oristà	418071	4646221	578
ORI05	F. del marge	Oristà	418660	4641214	534
ORI06	F. de l'hortet (Vilasendra)	Oristà	416843	4643267	636
ORI07	F. de l'horta (Vilasendra)	Oristà	419145	4645761	619
ORI08	F. Salada	Oristà	417312	4644924	481
ORI09	F. de Baix Terricabres	Oristà	415503	4650327	713
ORI10	F. Canaleta	Oristà	414886	4649264	790
PER01	F. del raig	Perafita	415993	4651648	728
PER02	F. Nova	Perafita	416412	4652775	736
PER03	F. Vella	Perafita	416413	4652776	745
PER04	F. del Cementiri o Pixarella	Perafita	417444	4652862	740
PER05	F. de l'Hostal Nou	Perafita	425003	4648378	754
PER06	F. Casanova de Pallàs	Perafita	425276	4651475	710
PER08	F. de la Bauma	Perafita	424792	4647074	875
PER09	F. de la Perera	Perafita	422222	4642526	854
PER10	F. del Cingle	Perafita	421663	4644986	684
PER11	F. del Gorg Negre	Perafita	420864	4645162	687
PER12	F. de la Tria	Perafita	420738	4645528	695
PER13	F. Mascarella	Perafita	421609	4644241	665
PER14	F. de la Serra	Perafita	423923	4644180	788
PRA01	Les tres fonts	Prats de Lluçanès	423481	4644105	644
PRA02	F. del Marçal	Prats de Lluçanès	422955	4643457	584
PRA04	F. de la Vila	Prats de Lluçanès	426535	4644493	651

Codi	Nom de la font	Localitat	UTMx	UTMY	Altitud
PRA05	F. del Clotet	Prats de Lluçanès	427812	4645473	571
PRA06	F. de la Cabra	Prats de Lluçanès	426357	4654774	625
PRA07	F. Calenta	Prats de Lluçanès	426018	4655153	594
PRA08	F. de la Farinera	Prats de Lluçanès	425980	4655080	564
PRA11	F. Casanova de la Pedregosa	Prats de Lluçanès	425794	4654930	617
AGU01	F. de les Mosqueres	Sant Agustí de Lluçanès	426665	4655649	814
AGU02	F. Canal	Sant Agustí de Lluçanès	426038	4656429	888
AGU03	F. del Grau	Sant Agustí de Lluçanès	427068	4657672	875
AGU04	F. de Perenoguera	Sant Agustí de Lluçanès	426846	4657552	852
AGU05	F. Coloma	Sant Agustí de Lluçanès	425381	4657053	837
SBG01	F. de plaça	Sant Bartomeu del Grau	425661	4656034	917
SBG02	F. de la Teula	Sant Bartomeu del Grau	427017	4654841	856
SBG03	F. del carrer Nou	Sant Bartomeu del Grau	425899	4652490	910
SBG04	F. del Vicari	Sant Bartomeu del Grau	428238	4656428	851
SBG05	F. del Cabrit	Sant Bartomeu del Grau	419443	4651078	763
SBG06	F. del Senglar	Sant Bartomeu del Grau	420515	4652175	749
SBG08	F. Freda	Sant Bartomeu del Grau	418023	4650926	842
BOI01	F. dels Platans	Sant Boi de Lluçanès	417963	4649399	780
BOI02	F. Pujols	Sant Boi de Lluçanès	417294	4649933	760
BOI03	F. de la Prada	Sant Boi de Lluçanès	419273	4649125	744
BOI04	F. de Montorro	Sant Boi de Lluçanès	419260	4648762	925
BOI06	F. de la Baga	Sant Boi de Lluçanès	413989	4647055	790
SBM01	F. de la Boixa	Sant Boi de Lluçanès	415984	4647474	855
FEL01	F. Forriola	Sant Feliu Sasserra	418605	4648014	536
FEL02	F. dels Hortets	Sant Feliu Sasserra	419637	4652523	571
FEL03	F. del Barber	Sant Feliu Sasserra	431458	4648080	579
FEL04	F. dels Traginers	Sant Feliu Sasserra	430760	4648068	552
FEL05	F. de Vilaclara	Sant Feliu Sasserra	431345	4648217	578
FEL06	F. del Salavert	Sant Feliu Sasserra	432467	4648529	510
FEL07	F. Molí dels Arnaus	Sant Feliu Sasserra	427506	4642210	465
FEL08	F. de les Comes Vertides	Sant Feliu Sasserra	427343	4642292	540
FEL09	F. del Molí de Badia	Sant Feliu Sasserra	428523	4640713	500
SMA01	F. de les Escaredes	Sant Martí d'Albars	431771	4654941	668
SMA02	F. de Marcuses	Sant Martí d'Albars	432550	4653502	872
SMA03	F. dels Plans	Sant Martí d'Albars	430931	4654017	681
SMA04	F. de Sant Martí	Sant Martí d'Albars	430935	4654029	677
MER01	F. de Camadoca	Santa Maria de Merlès	429249	4652774	520
MER02	F. del Molí del Mas	Santa Maria de Merlès	421874	4657169	500
MER03	F. del Patí	Santa Maria de Merlès	421352	4656845	542
MER04	F. de la Presa	Santa Maria de Merlès	420605	4653617	538
MER05	F. de la Presa 2	Santa Maria de Merlès	419696	4654732	538
MER06	F. de Borralleres	Santa Maria de Merlès	423442	4657899	585
PRA09	F. de Camprodon	Santa Maria de Merlès	420441	4653746	770
PRA10	F. d'en Pere Costa	Santa Maria de Merlès	419820	4656143	674
SBM03	F. de Can Jepet	Sobremunt	422305	4655137	954
SBM04	F. de la Roca (paret)	Sobremunt	421089	4652879	932
SBM05	F. de la Roca	Sobremunt	422852	4652778	932
SBM07	F. del Puiig	Sobremunt	423253	4653090	720

sulfat (SO_4^{2-}) es van analitzar mitjançant una columna Dionex AS4A-SC acoblada al mateix cromatògraf. El fosfat (PO_4^{3-}) es va mesurar per colorimetria segons el mètode de Murphy i Riley (1962). A la taula 2, a l'annex, es poden consultar tots els paràmetres mesurats en l'anàlisi d'aigües per a cadascuna de les fonts.

2.3. Composició de les comunitats de briòfits

Per determinar la comunitat de briòfits de cada font, es va agafar una mostra de cada una de les diferents espècies de molsa o hepàtica que, en el moment del mostreig, es trobaven al voltant de la font i rebien la influència de l'aigua, ja fos per contacte directe o pels esquitxos. Al laboratori, es van identificar, amb l'ajuda d'una lupa binocular (80x) i un microscopi, les espècies recol·lectades. La nomenclatura taxonòmica utilitzada ha estat la de Hill [et al.] (2006). De les 311 mostres diferents de briòfits recol·lectades, la majoria (99 %) s'han pogut determinar fins a nivell d'espècie, excepte en tres mostres, assignades als gèneres *Bryum*, *Brachythecium* i *Plagiomnium*, que tanmateix van poder ser distingides de les altres espècies del mateix gènere detectades, com per exemple *Bryum pseudotriquetrum*, detectat en 5 mostres. A la taula 3, a l'annex, es pot consultar en quines fonts s'ha trobat cadascuna de les espècies de briòfit.

2.4. Anàlisi de l'efecte del nitrat sobre la distribució i la riquesa dels briòfits

Per estudiar com el nitrat pot afectar les comunitats de briòfits es van realitzar dues anàlisis estadístiques diferents, destinades a esbrinar si aquest compost condiciona la presència d'unes espècies o altres i si això acaba repercutint en la riquesa d'espècies de cada font.

Primer, es va estudiar la tolerància de diferents espècies al nitrat, tenint en compte les altres característiques de les fonts. Es va utilitzar la biblioteca *mixOmics* del software R (R Core Team, 2015) per fer un model de regressió parcial per mínims quadrats (PLS: Partial Least Squares regression) (Lê Cao [et al.], 2008). Les variables predictores del model van ser la conductivitat, el pH, les variables climàtiques (mitjanes anuals de precipitació i temperatura), l'altitud i les concentracions de cations i anions esmentades a l'anàlisi química. La variable resposta va ser cadascuna de les espècies trobades a les fonts, codificades com a 1 (presència) i 0 (absència). Per a aquesta anàlisi, només es van seleccionar les espècies que apareixien en quatre o més fonts, per aconseguir que la variabilitat de condicions on pot viure cada espècie estigués ben representada. Globalment, un conjunt d'11 espècies eren presents en més de 4 fonts, de manera que aquest grup tenia representació en 86 de les 93 fonts mostrejades. A partir del model PLS, es va generar un mapa de correlacions agregades mitjançant la funció CIM (Clustered Image Map), que permet veure com s'associa cada espècie a les propietats fisicoquímiques de la font.

Per tal de determinar si la contaminació per nitrats pot causar una pèrdua de riquesa, es va construir una corba d'acumulació d'espècies en les mostres de briòfits en les fonts mostrejades ($n = 93$). En la corba d'acumulació, l'eix x representa el nombre de fonts mostrejades (n), mentre que l'eix y representa el nombre

d'espècies de briòfit trobades. Per calcular la corba, es van fer 1.000 permutacions seleccionant la quantitat corresponent de fonts a l'atzar i prenent la mitjana de la riquesa. Per exemple, si a l'atzar es prenen 10 fonts en múltiples repeticions, s'obté una mitjana de 12 espècies de briòfits presents; si se n'agafen 20, de mitjana trobem 17 briòfits, i així successivament. Típicament, a mesura que s'augmenta el nombre de fonts analitzades, s'espera que sigui més improbable trobar una nova espècie, fins al punt que cal mostrejar moltes fonts noves de la zona per trobar una espècie mai trobada en la resta de fonts. Seguidament, es va comparar aquesta corba amb la corba que sorgiria si les fonts s'ordenessin de més a menys nitrat i a l'inrevés, respectivament. En aquest cas, una corba d'acumulació d'espècies sistemàticament per sota (o per sobre) de la calculada a l'atzar suggeriria que la concentració de nitrat té un efecte negatiu (o positiu) sobre la riquesa. En cas que un excés de nitrat provoqués una pèrdua de riquesa d'espècies, s'hauria de veure com la corba d'acumulació d'espècies amb les fonts ordenades de més a menys contaminades creix més lentament que la de referència, ja que trobaríem unes poques espècies que es van repetint en les fonts més nitrificades.

3. Resultats i discussió

3.1. Característiques de l'aigua de les fonts del Lluçanès

El conjunt de fonts del Lluçanès estudiades presentaren valors anòmalament alts de nitrat, amb una mitjana de 40,85 mg/L, però amb molta variabilitat entre fonts (fig. 2), indicant una forta contaminació dels aquífers per nitrat. A la zona d'Alpens, al nord de l'àrea d'estudi, les fonts del Pi, de la Llema i de la Pixarella van ser les que presentaven valors més baixos de nitrats, gairebé indetectables (menors a 0,03 mg/L). Per contra, cap al sud s'observaren les fonts més contaminades, d'entre les que destaquen les fonts del Barber (254,71 mg/L) i la Forriola (115,75 mg/L), a Sant Feliu Sasserra, i la font del Puig (184,84 mg/L) d'Oristà. De totes les fonts analitzades, un 31 % superaven el límit recomanat per l'OMS per a l'aigua de consum (més de 50 mg/L), i fins a un 40 % de les fonts sobrepassaren els 40 mg/L. En aquest punt cal remarcar que la sola observació del nivell de nitrats no és suficient per decidir la potabilitat de l'aigua, ja que altres factors com la contaminació microbiològica o per altres substàncies (e. g., hidrocarburs, pesticides organoclorats o metalls pesants) també s'han de considerar.

L'aigua que brotava en la majoria de fonts analitzades era de naturalesa dura, d'acord amb la litologia de la zona, amb una conductivitat mitjana de 1.127,5 µS/cm (que oscil·lava entre 465 i 2.147 µS/cm segons la font). Les fonts amb més nitrats també mostraren conductivitats més elevades, segurament perquè l'excés de nitrat sol anar lligat a la presència d'altres ions associats a les mateixes activitats humanes, com el clorur, el sodi i el sulfat (Crawford & Lee, 2015). Tanmateix, també es van observar fonts on les conductivitats eren elevades a causa de la presència de sals d'origen natural, com és el cas de la font Salada d'Oristà, amb un contingut de sodi de 255,92 mg/L, molt per sobre del de la resta de fonts (de 3,56 a 98,24 mg/L). Per altra banda, la font Vella de Perafita presentava uns valors anormalment alts de clorurs (243,15 mg/L) en comparació amb la resta

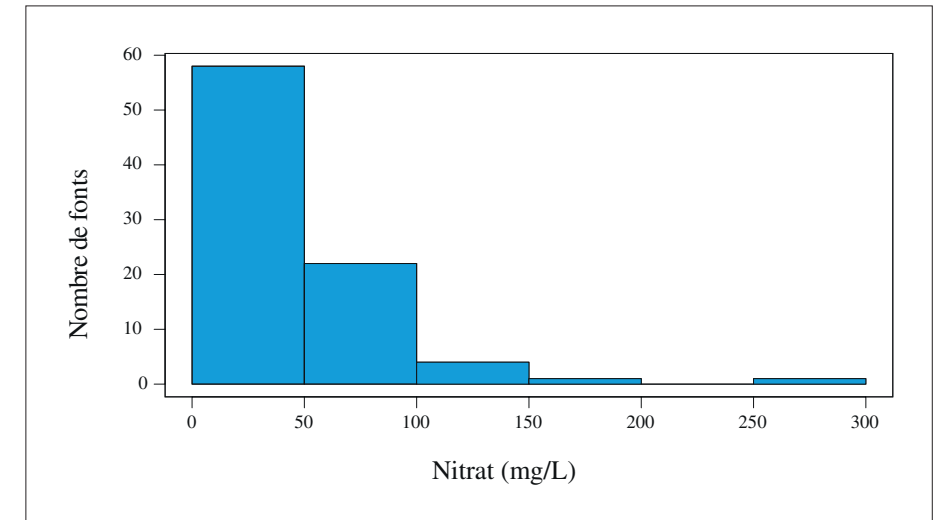


Figura 2. Histograma de la concentració de l'ió nitrat (NO_3^-) en les fonts del Lluçanès. Aproximadament un terç de les fonts superen el límit de potabilitat dels 50 mg/L.

de fonts (de 2,30 a 135,11 mg/L), i era la segona amb més conductivitat de les mesures (2.092,0 µS/cm). Com que aquesta font està dins el nucli de Perafita, podria ser que l'alt contingut d'ions en aquest cas fos causat per alguna fuga de fosses sèptiques o del clavegueram (e. g., font de n'Homs a Dosrius, vegeu Sabater [et al.], 2015).

3.2. Composició i riquesa de les comunitats de briòfits fontinals

A les fonts mostrejades es van identificar un total de 35 taxons de briòfits, dels quals 26 eren molles i 9 eren hepàtiques (fig. 3a). Les espècies més freqüents han estat la mollesa *Eucladium verticillatum* i l'hepàtica *Pellia endiviifolia*, ambdues trobades en 56 fonts, més de la meitat de les fonts mostrejades. Aquests resultats coincideixen amb els trobats anteriorment a la zona de la serralada Litoral Central, on *P. endiviifolia* va ser també l'hepàtica més comuna, fet que suggereix que és una espècie tolerant a un rang ampli de condicions ambientals. (Corbera [et al.], 2015). Per ordre de deteccions, les següents espècies són les molles *Didymodon tophaceus*, *Cratoneuron filicinum* (ambdues en 33 fonts), *Palustriella commutata* (28 fonts), *Oxyrrhynchium speciosum* (27 fonts) i *Pohlia melanodon* (14 fonts), mentre que cadascuna de les 27 espècies restants es van observar en menys del 10 % de les fonts. La riquesa d'espècies per font va ser força variable (fig. 3b), amb una mitjana de $3,3 \pm 1,6$ espècies per font (mitjana \pm error estàndard) i amb un màxim de riquesa a la font de la Llema, a Alps, amb 8 espècies. També cal destacar les 7 espècies trobades a les fonts de Sant Antoni (Alpens), d'en Sidru (Alpens), del Vicari (Sant Bartomeu del Grau), Vella (Perafita) i d'en Pere Costa

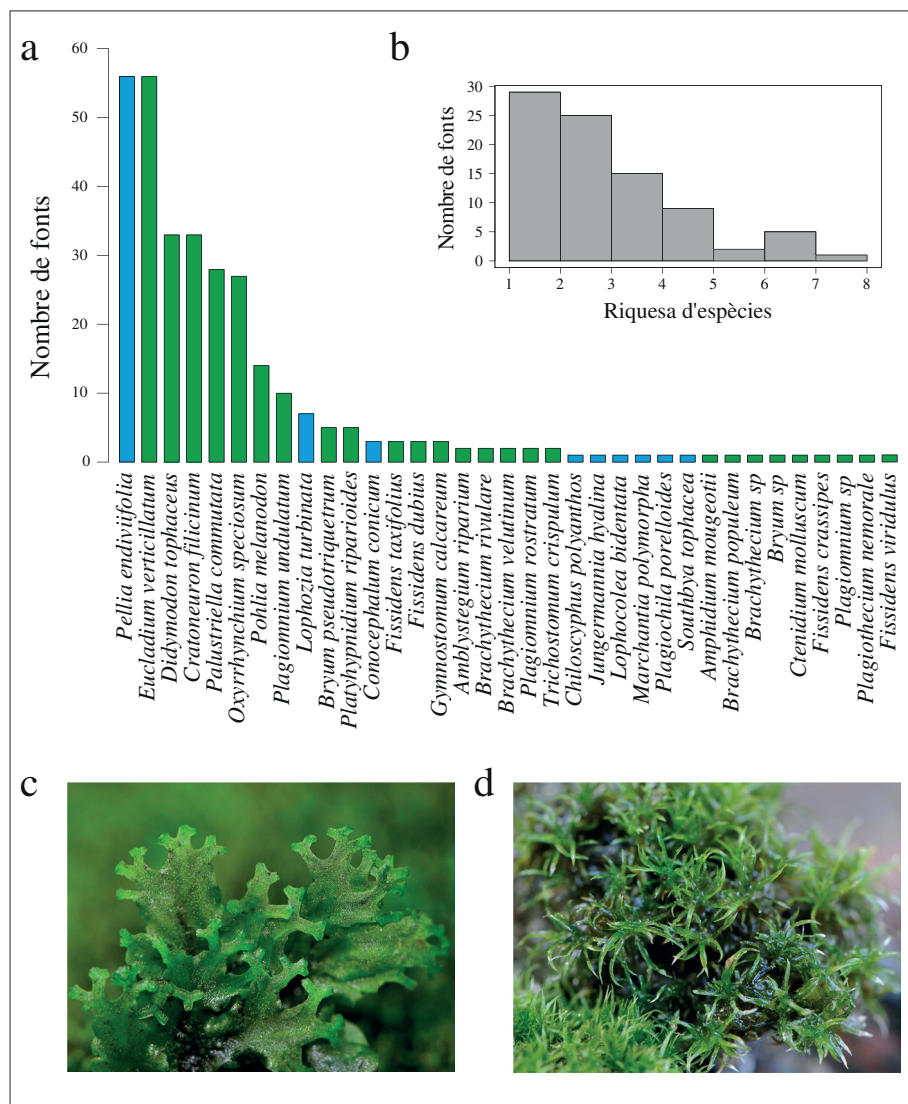


Figura 3. Espècies de briòfits a les fonts del Lluçanès. a) Freqüència de fonts on s'ha observat cada espècie de molsa (en verd) i hepàtica (en blau), i b) Histograma de la riquesa d'espècies observada en les fonts. Les dues espècies més freqüents van ser l'hepàtica *Pellia endiviifolia* (c) i la molsa *Eucladium verticillatum* (d).

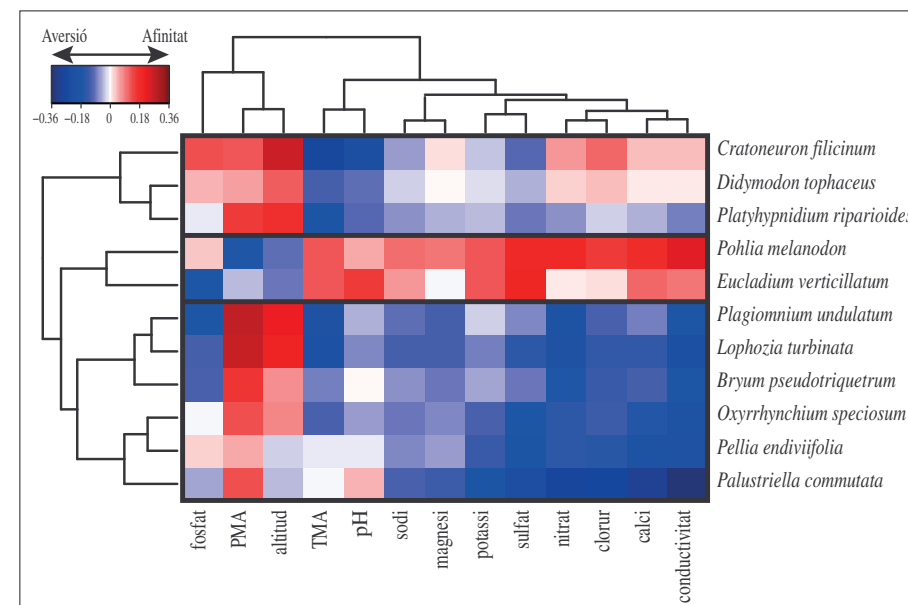


Figura 4. Mapa de correlacions agregades, que relacionen les propietats de l'aigua amb la preferència mostrada per les espècies de briòfits. Els valors de correlació positius (afinitat) es mostren en vermell, mentre que els valors de correlació negatius (aversió) estan en blau. La similitud entre variables (i espècies) es mostra a partir dels dendrogrames, en què dues espècies estaran a prop si tendeixen a trobar-se juntes, mentre que els predictors estan a prop si es correlacionen entre ells en les diferents fonts.

(Santa Maria de Merlès). Això ens indica que determinades fonts actuen com a refugis de biodiversitat escampats pel territori, donant hostatge a espècies que no poden créixer en cap altre hàbitat.

3.3. L'efecte del nitrat sobre la distribució de les espècies

Del conjunt d'espècies observades, 11 van ser seleccionades com a representatives del Lluçanès pel fet de trobar-se en 5 o més fonts. Es va utilitzar aquest grup d'espècies per avaluar l'efecte del nitrat en la seva presència a les fonts de la zona, tot controlant altres propietats fisicoquímiques, l'altitud i el clima (fig. 4). Un primer grup d'espècies, format per *Plagiomnium undulatum*, *Lophozia turbinata*, *Bryum pseudotriquetrum*, *O. speciosum*, *P. endiviifolia* i *P. commutata* es trobaven en fonts amb baix contingut de nitrats i baixa conductivitat, és a dir, baixes concentracions d'altres ions (sobretot clorur i calci), i en zones amb precipitació anual elevada. Si bé les primeres quatre espècies van ser observades a altituds més elevades que les altres dues, totes apareixen en fonts d'aigües netes, amb pocs nitrats. Un segon grup d'espècies, format per *C. filicinum*, *D. tophaceus* i *Platyhypnidium riparioides*, apareixen com a poc sensibles al contingut iònic de l'aigua, inclosos els nitrats, ja que la seva presència o absència no es

correlacionava amb la concentració de cap dels ions. Això podria indicar que són espècies amb uns rangs de tolerància elevada als ions estudiats en comparació a la resta. En canvi, però, preferien aigües més aviat àcides (de pH baix), que es trobaven en zones de més altitud, amb una precipitació mitjana anual alta. Finalment, *P. melanodon* i *E. verticillatum* estaven associades a llocs amb temperatures mitjanes anuals relativament elevades i amb poca precipitació, amb la diferència que mentre que la primera tenia una alta afinitat per fonts riques en nitrats, la segona era indiferent a les concentracions d'aquest ió.

3.4. L'efecte del nitrat sobre la riquesa d'espècies

Si només unes poques espècies de briòfits fossin capaces de tolerar altes concentracions de nitrat, s'esperaria que les fonts més contaminades tendissin a presentar menys riquesa d'espècies. Per determinar aquesta eventualitat, es va comparar la corba d'acumulació d'espècies, calculada mitjançant permutacions aleatòries tal com s'ha explicat a l'apartat de mètodes, amb la corba que s'obtenia ordenant les fonts de més a menys nitrat, i a l'inrevés. Aquesta anàlisi va mostrar que les fonts amb concentracions més elevades de nitrat presentaven una menor riquesa d'espècies del que esperaríem per atzar i, al contrari, les fonts més netes presentaven més riquesa d'espècies del que esperaríem per atzar (fig. 5). Com a exemple, quan vam agafar a l'atzar 10 fonts múltiples vegades, s'obtenia de mitjana un total de 12 espècies de briòfits en el conjunt de les 10 fonts, mentre que si ho restringíem a les 10 fonts amb menys nitrat, s'obtenien 17 espècies diferents. El fet que la corba d'acumulació d'espècies calculada ordenant les fonts de més a menys nitrat estigués per sota de la corba calculada a partir de l'ordre invers o aleatori suggeria que la contaminació per nitrats dels aqüífers que alimenten les fonts estava reduint la biodiversitat de briòfits. Això es devia al fet que les fonts més netes tendeixen a contenir espècies rares, que no es troben enlloc més. De les 15 espècies que només es van trobar en una sola font, per exemple, 7 apareixien en les 10 fonts amb menys nitrat, mentre que a les 10 fonts més carregades no se'n trobava cap.

4. Conclusions

Els resultats d'aquest estudi suggereixen que existeix un procés de pèrdua de riquesa d'espècies i d'homogeneïtzació en les comunitats de briòfits de les fonts amb més concentració de nitrats, amb l'única excepció d'aquelles comunitats que inclouen espècies amb una major tolerància a aquest compost, com són *C. filicinum* o *P. melanodon*, o bé espècies més generalistes, que es poden trobar en qualsevol font, com *P. endivifolia* o *E. verticillatum*. Les fonts més netes, presenten comunitats de briòfits més riques, que contenen espècies que apareixen en molt poques fonts i que possiblement tenen uns requeriments ecològics més exigents, com ara les hepàtiques *Jungermannia hylaina* i *Lophocolea bidentata*, o la molsa *Brachythecium populeum*.

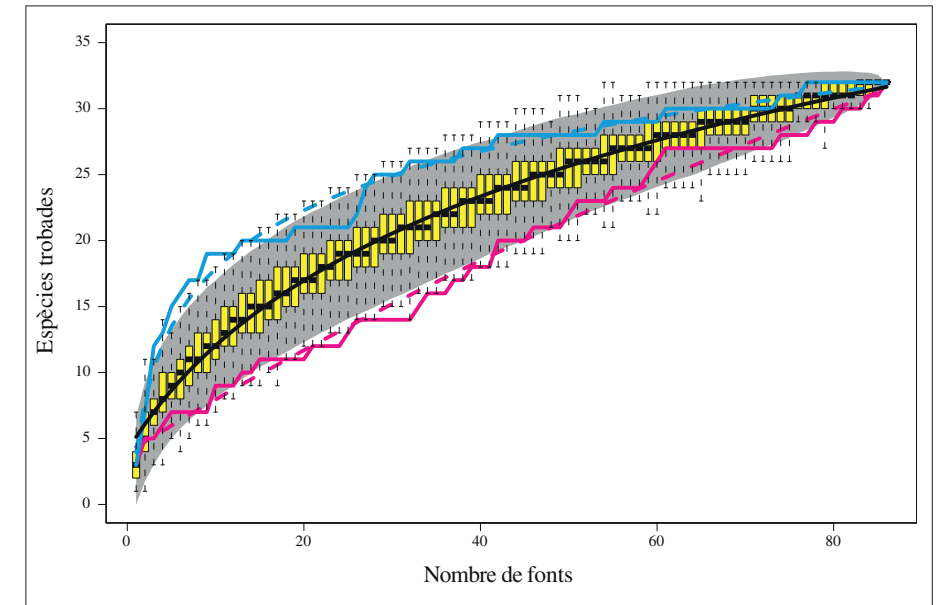


Figura 5. Corba d'acumulació d'espècies de les fonts mostrejades del Lluçanès. A mesura que es van afegint fonts, anem trobant noves espècies, que s'acumulen a les que ja havíem trobat. La línia negra és la generada per permutacions a l'atzar (requadres gros). La línia blava representa la corba d'acumulació d'espècies si les fonts s'ordenen de menys a més concentració de nitrat i la línia vermella representa el cas contrari, de més a menys nitrat.

De la mateixa manera que les comunitats briofítiques es veuen amenaçades indirectament per un mal ús i abús dels fertilitzants, propis d'una agricultura cada cop més intensiva que provoca la contaminació dels aqüífers, altres grups d'éssers vius com ara amfibis, insectes o crustacis es podrien veure també afectats pel flagell de la contaminació de les aigües. En un futur proper, caldria fer més estudis per determinar l'impacte de la contaminació dels aqüífers en la pèrdua de biodiversitat en altres grups biològics. De manera similar, la nostra societat, que fins recentment podia gaudir de l'aigua neta de les fonts, pateix actualment els efectes secundaris d'un ús poc racional dels recursos naturals disponibles i d'una ordenació del territori ineficient. Un elevat percentatge de les fonts del Lluçanès pateixen contaminació per nitrats, que en limita el seu consum com a aigua de boca. Fonts que durant centúries han apaivagat la set de bosquerols, traginers, camperols o vilatans, i que avui resten forçosament abandonades per la cobdícia de la ramaderia intensiva. No hi ha esperes, doncs, per aturar aquesta pèrdua progressiva i recuperar la tan nostrada «cultura de font» i tornar a gaudir d'allò que ens pertany a tots, inclosos la resta d'éssers vius: l'aigua que brolla de les fonts.

Agraïments

Agraïm a la Irene Fraile, l'Aida Viza i en Francesc Sabater la seva col·laboració en l'elaboració d'aquest treball, així com al Grup de Naturalistes d'Osona (GNO-ICHN), la Delegació de la Serralada Litoral Central (ICHN) i a la mateixa Institució Catalana d'Història Natural el seu suport logístic i econòmic per dur a terme el treball de camp d'aquest estudi. Agraïm també a la Secció de Ciències Biològiques (IEC-SCB) i a la Secció de Ciències i Tecnologia (IEC-SECCT) de l'Institut d'Estudis Catalans (IEC) part del finançament de les anàlisis d'aigua. Finalment, donem les gràcies a en Ramon Baucells i a la resta de membres de la Plataforma Lluçanès Viu i a tota la gent dels pobles del Lluçanès que, molt amablement, ens han ajudat a trobar la multitud de fonts que encara brollen per tots els racons de casa nostra.

Referències

- AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA. Avaluació de la problemàtica originada per l'excés de nitrats d'origen agrari en les masses d'aigua subterrània a Catalunya. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Departament de Territori i Sostenibilitat, 2016, p. 1-8.
- BES, M. [et al.]. «Efecte de les variables ambientals i hidrològiques sobre la riquesa i distribució dels briòfits fontinals a la Catalunya oriental». *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 81, (2017), p. 121-134.
- BES, M. [et al.]. «On the influence of water conductivity, pH and semi-natural springs On the influence of water conductivity, pH and climate on bryophyte assemblages in Catalan semi-natural springs». *Journal of Bryology*, 40, (2018), p. 149-158.
- BRYAN, N. S.; VAN GRINSVEN, H. «The role of nitrate in human health». *Advances in Agronomy*, 119, núm. 4 (2013), p. 153-182.
- CESCHIN, S. [et al.]. «Aquatic bryophytes as ecological indicators of the water quality status in the Tiber River basin (Italy)». *Ecological Indicators*, 14, núm. 1 (2012), p. 74-81.
- CORBERA, J. [et al.]. «Els briòfits de les fonts de la Serralada Litoral Central: composició específica i efecte dels paràmetres ambientals en la seva distribució». *L'Atzavara*, 25 (2015), p. 105-116.
- CRAWFORD, K.; LEE, T. «Using nitrate, chloride, sodium and sulfate to calculate groundwater age. Upper Mississippi Valley Karst Aquifers Session». *Proceedings of the 14th Sinkhole Conference, National Cave and Karst Research Institute*. Carlsbad, EUA, 2015.
- DE VRIES, W. [et al.]. «Comparison of land nitrogen budgets for European agriculture by various modeling approaches». *Environmental Pollution*, 159, núm. 11 (2011), p. 3254-3268.
- EUROPEAN COMMISSION. *The Nitrates Directive*. 2013.
- GILBERT, O. L. «Bryophytes as indicators of air pollution in the Tyne Valley». *New Phytologist*, 67, núm. 1 (1968), p. 15-30.

- HILL, M. O. [et al.]. «An annotated checklist of the mosses of Europe and Macaronesia». *Journal of Bryology*, 28, núm. 3 (2006), p. 198-267.
- KATZ, B. G.; SEPULVEDA, A. A.; VERDI, R. J. «Estimating nitrogen loading to ground water and assessing vulnerability to nitrate contamination in a large karstic springs basin, Florida». *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 45, núm. 3 (2009), p. 607-627.
- LÊ CAO, K.-A. [et al.]. «A Sparse PLS for Variable Selection when Integrating Omics Data: Statistical Applications in Genetics and Molecular Biology». *Statistical Applications in Genetics and Molecular Biology*, 7, núm. 1 (2008), p. 1-35.
- MANGA, M. «Using springs to study groundwater flow and active geologic processes». *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 29, núm. 1 (2001), p. 201-228.
- MENCIÓ, A. [et al.]. «Nitrate pollution of groundwater; all right..., but nothing else?». *Science of the Total Environment*, 539 (2016), p. 241-251.
- MENCIÓ, A.; BOY, M.; MAS-PLA, J. «Analysis of vulnerability factors that control nitrate occurrence in natural springs (Osona Region, NE Spain)». *Science of the Total Environment*, 409, núm. 16 (2011), p. 3049-3058.
- MORGAN, S.; LEE, J.; ASHENDEN, T. «Effects of Nitrogen-Oxides on Nitrate Assimilation in Bryophytes». *New Phytologist*, 120, núm. 1 (1992), p. 89-97.
- MURPHY, J.; RILEY, J. P. «A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters». *Analytica Chimica Acta*, 27 (1962), p. 31-36.
- NINYEROLA, M. [et al.]. «A methodological approach of climatological modelling of air temperature and precipitation through GIS techniques». *International Journal of Climatology*, 20, núm. 14 (2000), p. 1823-1841.
- PEÑUELAS, J. «La qualitat de les aigües del riu Muga: Dades físiques, químiques i biològiques». *Annals de l'Institut d'Estudis Empordanesos*, 16 (1983), p. 33-49.
- PEÑUELAS, J.; SABATER, F. «Distribution of macrophytes in relation to environmental factors in the Ter River, NE Spain». *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 72, núm. 1 (1987), p. 41-58.
- PONS, X. «Estimación de la radiación solar a partir de modelos digitales de elevaciones. Propuesta metodológica». *Modelos y sistemas de información geográfica* (1996), p. 87-97.
- R. CORE TEAM. «R: A Language and Environment for Statistical Computing, version 3.2.3. <<https://cran.r-project.org>>». 2015.
- RAO, D. N. «Responses of bryophytes to air pollution». A: *Bryophyte ecology*. [s.l.]: Springer, 1982, p. 445-471.
- SABATER, F. [et al.]. «Caracterització hidrogeoquímica de les fonts de la Serralada Litoral Central en relació a la litologia i als factors ambientals». *L'Atzavara*, 25 (2015), p. 93-104.
- SAYRE, R. M.; BRUNSON, L. «Microfauna of moss habitats». *The American Biology Teacher*, 33, núm. 2 (1971), p. 100-105.
- SLACK, N. G. «Bryophytes and ecological niche theory». *Botanical Journal of the Linnean Society*, 104 (1990), p. 187-213.

- SOARES, A.; PEARSON, J. «Short-term physiological responses of mosses to atmospheric ammonium and nitrate». *Water, Air, and Soil Pollution*, 93 (1997), p. 225-242.
- SPALDING, R. F.; EXNER, M. E. «Occurrence of nitrate in groundwater: a review». *Journal of Environmental Quality*, 22, núm. 3 (1993), p. 392-402.
- STEVENS, C. J. [et al.]. «Nitrogen deposition threatens species richness of grasslands across Europe». *Environmental Pollution*, 158, núm. 9 (2010), p. 2940-2945.
- SUREN, A. M.; DUNCAN, M. J. «Rolling stones and mosses: effect of substrate stability on bryophyte communities in streams». *Journal of the North American Benthological Society*, 18, núm. 4 (1999), p. 457-467.
- SUREN, A. M.; ORMEROD, S. J. «Aquatic bryophytes in Himalayan streams: Testing a distribution model in a highly heterogeneous environment». *Freshwater Biology*, 40, núm. 4 (1998), p. 697-716.
- TESSLER, M. [et al.]. «Diversity and distribution of stream bryophytes: does pH matter?». *Freshwater Science*, 33, núm. January (2014), p. 778-787.
- VITT, D. «Distribution patterns, adaptive strategies, and morphological changes of mosses along elevational and latitudinal gradients on south Pacific islands». *Quantitative Approaches to Phytogeography*, (1991), p. 205-231.
- WOLF, J. H. D. «Diversity Patterns and Biomass of Epiphytic Bryophytes and Lichens Along an Altitudinal Gradient in the Northern Andes». *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 80, núm. 4 (1993), p. 928-960.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. «Nitrate and nitrite in drinking-water». *Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*, 37, núm. 4 (2011), p. 227-231.

Annex

Taula 2. Valors de conductivitat, pH i concentracions dels ions majoritaris de cadascuna de les fonts analitzades

Codi	Conductivitat (µs/L)	pH	Sodi (mg/L)	Potassi (mg/L)	Magnesi (mg/L)	Calci (mg/L)	Clor (mg/L)	Nitrat (mg/L)	Sulfat (mg/L)	Fosfat (mg/L)
ALP01	706	6,79	8,166	0,496	20,264	39,658	31,634	0,018	29,088	1,565
ALP02	574	6,79	6,587	0,586	15,977	37,414	2,872	0,272	26,148	2,348
ALP03	720	6,80	5,709	0,781	18,538	34,171	3,778	2,021	37,478	27,395
ALP04	654	7,11	23,770	1,228	18,916	74,135	9,113	5,264	95,131	8,61
ALP05	589	7,12	3,563	0,650	12,102	63,427	2,308	0,018	29,072	6,262
ALP06	594	7,38	5,422	1,241	16,008	65,138	5,289	0,714	56,386	7,044
ALP07	655	7,20	6,500	1,481	18,577	74,891	5,815	0,450	64,738	7,827
ALP08	520	7,20	3,901	28,076	0,719	81,463	4,043	0,706	36,134	5,479

Codi	Conductivitat (µs/L)	pH	Sodi (mg/L)	Potassi (mg/L)	Magnesi (mg/L)	Calci (mg/L)	Clor (mg/L)	Nitrat (mg/L)	Sulfat (mg/L)	Fosfat (mg/L)
PRA13	926	7,19	14,388	36,116	0,688	152,144	17,204	104,506	146,987	12,523
SEP01	738	7,07	17,331	39,181	0,545	91,861	35,245	1,920	27,175	5,479
SEP02	940	7,26	23,647	2,646	23,511	36,545	56,374	16,550	49,913	13,306
SEP03	800	7,26	14,029	1,854	24,532	45,460	20,257	3,641	54,995	-
SEP04	712	7,30	20,808	1,499	16,369	41,344	32,058	0,356	11,749	15,654
SEP05	736	6,84	11,268	2,499	16,675	26,709	17,137	14,828	23,111	1,565
SEP06	679	7,07	11,489	0,890	19,667	28,964	22,222	3,776	29,706	2,348
SEP08	919	7,44	21,784	51,427	1,282	131,208	59,755	96,525	73,526	6,262
OLO01	1530	6,98	39,938	14,679	46,512	215,931	41,463	51,874	519,090	1,565
OLO02	1088	6,99	13,320	1,548	27,716	76,711	21,803	63,960	155,423	7,827
OLO03	1247	8,13	20,472	2,287	57,834	158,141	41,738	65,235	468,400	7,827
ORI01	994	7,88	38,922	2,586	20,443	31,542	33,107	17,993	102,424	7,827
ORI02	1153	7,00	15,810	1,678	26,746	57,477	26,255	74,947	124,192	3,131
ORI03	1485	7,05	19,865	1,446	26,069	97,494	29,425	80,050	178,780	1,565
ORI04	1340	6,84	28,802	4,778	39,103	100,795	81,084	184,840	130,409	3,131
ORI05	1627	7,47	13,199	1,139	31,847	161,733	17,667	42,266	393,189	6,262
ORI06	1190	7,50	27,494	2,875	57,451	100,519	26,647	6,692	422,333	1,565
ORI07	1727	7,64	20,643	5,540	54,089	166,768	54,012	97,742	485,084	1,565
ORI08	2147	7,54	255,920	6,905	8,303	22,567	135,117	0,571	226,031	3,131
ORI09	1166	7,32	20,023	1,994	41,473	68,128	26,915	19,143	237,260	1,565
ORI10	996	7,08	19,400	0,759	27,765	30,136	49,046	27,111	62,477	1,565
PER01	1220	6,98	34,003	3,567	26,806	80,596	42,147	48,303	161,168	7,827
PER02	1521	7,25	41,481	8,095	32,499	125,478	90,671	89,951	229,812	9,392
PER03	2092	6,91	98,243	13,667	29,519	166,593	243,153	39,343	174,005	7,827
PER04	1658	7,10	66,613	33,190	29,698	111,453	134,849	36,062	212,673	-
PER05	1400	7,16	25,462	2,882	43,299	126,932	46,076	79,648	244,730	23,481
PER06	1155	6,99	11,920	1,410	32,059	95,944	24,542	45,569	137,228	29,743
PER08	505	6,97	14,343	2,292	22,154	9,832	9,635	11,290	22,611	3,131
PER09	472	7,10	6,176	0,942	18,321	17,895	10,866	23,972	31,818	3,131
PER10	488	7,39	10,360	1,118	21,029	22,410	8,212	0,469	56,549	19,568
PER11	1130	7,15	31,806	2,893	32,842	51,100	64,026	16,197	181,703	1,565
PER12	1284	6,69	22,311	0,987	42,139	124,927	31,493	47,581	335,899	3,131
PER13	1007	7,32	12,200	0,862	31,790	56,836	13,791	9,474	166,699	1,565
PER14	750	7,01	39,918	1,220	20,843	45,138	62,258	4,002	88,278	1,565
PRA01	909	7,07	15,601	3,648	12,298	61,614	23,891	46,412	45,934	20,35

Codi	Conductivitat (µs/L)	pH	Sodi (mg/L)	Potassi (mg/L)	Magnesi (mg/L)	Calci (mg/L)	Clor (mg/L)	Nitrat (mg/L)	Sulfat (mg/L)	Fosfat (mg/L)
PRA02	931	7,08	27,510	2,741	30,558	62,890	43,180	49,630	82,397	1,565
PRA04	821	6,98	13,675	0,984	16,904	51,608	22,431	59,549	40,953	3,131
PRA05	961	7,60	23,985	1,053	24,348	60,138	50,033	115,598	51,644	2,348
PRA06	758	6,73	11,207	1,442	18,973	32,606	21,291	37,667	20,220	3,131
PRA07	904	6,80	34,402	2,043	28,419	37,293	50,383	79,626	37,855	79,053
PRA08	888	6,72	21,353	1,934	25,187	31,092	34,683	24,671	52,312	1,565
PRA11	903	7,10	38,758	2,211	35,970	54,451	51,465	29,647	96,369	-
AGU01	482	6,52	14,211	2,710	23,158	98,980	22,677	12,346	140,151	6,262
AGU02	922	7,26	11,214	2,719	26,609	121,465	27,375	28,246	128,246	29,743
AGU03	1158	6,82	21,842	6,447	42,725	149,865	55,736	92,972	192,246	20,35
AGU04	1129	7,06	25,640	3,997	33,409	133,961	55,312	46,437	223,236	7,827
AGU05	744	7,29	13,080	1,391	22,902	77,797	14,187	10,062	54,717	7,827
SBG01	1471	7,02	18,254	3,902	47,759	137,465	23,879	64,717	360,493	5,479
SBG02	1211	7,06	21,453	3,982	44,897	123,585	31,831	77,978	289,227	1,565
SBG03	1380	7,02	50,222	15,708	33,144	94,000	72,340	105,088	174,225	17,219
SBG04	890	7,30	21,875	3,158	21,822	59,111	34,943	18,304	87,655	7,827
SBG05	1209	7,09	22,793	108,767	0,725	161,864	33,583	6,926	473,715	28,177
SBG06	1450	7,26	21,569	128,085	0,790	226,986	29,911	15,532	662,088	-
SBG08	921	7,10	18,765	70,458	0,515	135,707	45,961	2,006	213,129	6,262
BOI01	894	6,92	15,847	1,984	11,741	39,942	23,857	19,504	56,965	1,565
BOI02	1412	7,09	25,727	3,413	49,994	136,480	36,898	23,992	397,659	0,783
BOI03	753	7,58	7,375	0,434	31,546	32,661	8,286	19,787	95,742	3,131
BOI04	1105	7,56	11,479	36,746	2,277	192,172	120,187	83,603	67,477	4,696
BOI06	579	7,26	3,997	24,853	0,256	95,567	6,580	0,816	44,743	3,914
SBM01	1005	7,00	25,906	6,187	26,853	77,692	60,461	6,953	87,028	15,654
FEL01	1410	7,35	28,581	2,003	50,273	161,628	45,482	115,750	390,056	1,565
FEL02	1100	7,80	29,749	3,260	35,117	65,425	39,546	44,623	187,011	3,131
FEL03	1650	8,12	47,862	10,625	50,590	148,259	78,256	254,705	342,622	7,044
FEL04	1452	7,71	52,774	6,302	38,453	120,982	55,260	87,473	283,852	4,696
FEL05	877	7,31	13,996	1,017	22,495	23,511	9,910	10,179	66,373	4,696
FEL06	1872	7,17	50,212	180,084	1,192	320,610	82,334	78,353	952,418	54,006
FEL07	1675	7,81	56,217	134,508	1,153	276,823	62,126	22,062	864,521	40,7
FEL08	1064	7,22	50,663	81,666	11,733	109,990	85,812	82,134	120,793	6,262
FEL09	804	7,15	39,808	63,190	0,835	97,697	47,972	1,082	157,085	10,958
SMA01	831	7,20	15,628	1,716	20,039	44,243	29,739	62,447	30,587	-

Codi	Conductivitat (µs/L)	pH	Sodi (mg/L)	Potassi (mg/L)	Magnesi (mg/L)	Calci (mg/L)	Clor (mg/L)	Nitrat (mg/L)	Sulfat (mg/L)	Fosfat (mg/L)
SMA02	692	7,12	4,648	0,473	7,433	27,165	5,754	0,353	13,200	3,131
SMA03	875	7,22	21,808	1,609	27,529	44,242	31,727	58,921	50,584	1,565
SMA04	980	6,90	23,175	4,604	31,482	60,024	40,194	83,692	75,677	1,565
MER01	847	7,07	15,364	5,865	6,899	61,892	17,640	63,077	30,716	86,097
MER02	788	7,43	21,932	1,696	27,776	58,574	24,309	13,985	31,414	3,131
MER03	881	7,13	18,058	4,311	20,520	74,727	45,532	93,714	46,491	14,089
MER04	470	7,67	11,887	1,800	15,766	50,863	14,762	6,226	74,635	9,392
MER05	465	7,47	11,566	1,825	15,527	45,357	13,059	0,667	75,637	6,262
MER06	744	7,18	50,088	3,043	21,806	41,668	40,685	29,194	29,977	10,175
PRA09	749	6,91	19,734	2,061	26,746	27,795	45,589	16,467	30,461	-
PRA10	775	7,40	24,083	0,958	13,719	21,938	17,468	12,894	17,418	-
SBM03	1436	7,15	54,205	3,084	48,298	113,423	128,766	13,717	228,423	17,219
SBM04	925	7,63	17,340	13,290	27,515	57,291	47,926	12,369	69,133	17,219
SBM05	974	7,23	24,228	15,223	26,537	66,806	59,855	15,659	61,012	26,612
SBM07	621	7,09	15,514	41,322	0,388	86,682	8,964	2,085	46,941	10,958

Taula 3. Relació de les espècies de briòfits trobades en cada font

Espècie	# Fonts	Codi de fonts on és present
<i>Pellia endiviifolia</i>	56	SBG02/04/05; PER01/02/03/08/11/12; PRA02/06/07/10/11/13; AGU01/02/05; ALP01/02/03/04/05/06/07; FEL04/05/06/08; MER01/02/03/04/05/06; OLO02/03; ORI01/04/05/06/08/09/10; BOI01/03/06; SEP02/03/04/06; SBM01/04/07; SMA02/03
<i>Eucladium verticillatum</i>	56	SBG01/05/06; PER02/03/08/09/10/11/13/14; OLO01/02; AGU01/AGU02/ AGU05; ALP01/02/04/05/06/08; SMA04; FEL02/03/04/05/06/07/08; ORI02/02/04/05/06/07/08/09/10; MER02/03/04; BOI01/03/04/06; SEP01/02/03/04/05/06/08; PRA02/04/05/08/10
<i>Cratoneuron filicinum</i>	33	SBG01/03/04/08; PER02/03/05/09; PRA01/02/07/08/13; AGU02/03; ALP01/04/06; FEL08; MER02; OLO02; BOI01/04; SEP01/02/05; SBM04/05/07; ORI04/05/09/10
<i>Didymodon tophaceus</i>	33	SBG03/04/05/06; PER03/06; PRA01/02/04/07/08/10/11; AGU03/04; ALP03/04/05/06; MER03/05/ OLO01/02; ORI02/06/07/10; BOI02; SEP01/03; SBM01/04

Espècie	# Fonts	Codi de fonts on és present
<i>Palustriella commutata</i>	28	PER01/10/11; PRA02/05/06/08/10/11; AGU04/05; FEL09; OLO03; BOI03; MER02/03/04/05; ALP02/03/05/07/08; SEP02/03/05/06; SMA02
<i>Oxyrrhynchium speciosum</i>	27	SBG08; PER11/12/14; PRA01/06/11; AGU01/02/05; ALP02/06/07; ORI01; FEL01/03; MER01/06; SEP02/05; SBM03/05/07; SMA01/02/03/04
<i>Pohlia melanodon</i>	14	SBG04; PER03; PRA06/09; PRA13; FEL03/04/06/08; OLO02; ORI06; SEP03; SBM03; SMA03
<i>Plagiomnium undulatum</i>	10	SBG04/06; PER14; AGU01/05; ALP02/07; SEP02/04; SMA01
<i>Lophozia turbinata</i>	7	SBG04; PER11/14; PRA10; ALP06/07; ORI09
<i>Bryum pseudotriquetrum</i>	5	PER03/10; PRA10; ALP02/07
<i>Platyhypnidium riparioides</i>	5	PER09/14; ALP08; ORI03; SBM01
<i>Conocephalum conicum</i>	3	MER02; ORI01; SMA02
<i>Fissidens dubius</i>	3	PER09; ALP02; SEP04
<i>Fissidens taxifolius</i>	3	SBG04; ALP06; ALP07
<i>Gymnostomum calcareum</i>	3	PER03/06; ORI08
<i>Amblystegium riparium</i>	2	PER04; BOI01
<i>Brachythecium rivulare</i>	2	PER02; SBM04
<i>Brachythecium velutinum</i>	2	AGU02; BOI02
<i>Plagiomnium rostratum</i>	2	PER02; SEP01
<i>Trichostomum crispulum</i>	2	AGU02; ALP05
<i>Chiloscyphus polyanthos</i>	1	PER10
<i>Jungermannia hyalina</i>	1	PRA10
<i>Lophocolea bidentata</i>	1	BOI04
<i>Marchantia polymorpha</i>	1	SBM05
<i>Plagiochila porelloides</i>	1	ALP02
<i>Southbya tophacea</i>	1	ALP05
<i>Brachythecium populeum</i>	1	SBM04
<i>Brachythecium sp</i>	1	ALP08
<i>Bryum sp</i>	1	PRA01
<i>Ctenidium molluscum</i>	1	SEP04
<i>Fissidens crassipes</i>	1	PRA05
<i>Plagiomnium sp</i>	1	SBG08
<i>Plagiothecium nemorale</i>	1	AGU01
<i>Fissidens viridulus</i>	1	PER10

Nota referent a la visualització de les dades: Les dades de la localització i el resultat de l'anàlisi química de cada font (taules 1 i 2) es poden consultar en un mapa en línia: <[https://www.instagram.com/instavisor/110308543/bd58ba5515d9f7ee88fec6a41cc12a29/Projecte_Fonts_del_Llucanes_\(2015-2017\).html](https://www.instagram.com/instavisor/110308543/bd58ba5515d9f7ee88fec6a41cc12a29/Projecte_Fonts_del_Llucanes_(2015-2017).html)>